

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, SU REDUCCIÓN DE RIESGOS Y LA
ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN AMBIENTES
DE SUBCUENCAS GLACIARES EN EL PERÚ EN LA
SUBCUENCA DEL RÍO PARIAC, HUARAZ-ANCASH.**



Huaraz, Abril 2018.

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO.....	8
1. GENERALIDADES.....	8
1.1. Introducción	8
1.2. Antecedentes	8
1.3. Ubicación.....	9
1.3.1. Geográfica	9
1.3.2. Política	10
1.3.3. Hidrográfica	11
1.4. Accesibilidad.....	12
1.5. Objetivos	12
1.5.1. Generales	12
1.5.2. Específicos	13
1.6. Justificación	13
1.7. Metodología	13
2. ASPECTOS GEOLOGICOS.....	19
2.1. Introducción	19
2.2. Geología Regional.....	19
2.2.1. Unidades Geológicas	19
2.2.1.1. Formación Chicama (Js-ch).....	23
2.2.1.2. Grupo Calipuy (PN-ca_i)	26
2.2.1.3. Rocas Intrusivas del Batolito de la Cordillera Blanca	28
2.2.1.4. Depósitos Cuaternarios	31
2.2.1.4.1. Depósitos Glaciáricos (Q-gl)	31
2.2.1.4.2. Depósitos Lacustrinos (Q-la)	32
2.2.1.4.3. Depósitos Fluvioglaciares (Q-fg).....	33
2.2.1.4.4. Depósitos Fluviales (Q-fl).....	34
2.2.1.4.5. Depósitos Coluviales (Q-co)	35
2.2.1.4.6. Depósitos Aluvionales (Q-alv)	37
2.3. Geología Histórica	39
2.3.1. Evolución Paleogeográfica	39
2.3.1.1. Jurásico Superior (Fase Nevadiana).....	39
2.3.1.2. Mioceno–Plioceno (Fase Quechua).....	39
2.3.1.3. Holoceno (Cuaternario Reciente).....	40

**“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”**

2.3.2.	Glaciaciones.....	40
2.4.	Geodinámica Interna.....	46
2.4.1.	Tectónica	46
2.4.1.1.	Geología Estructural.....	46
2.4.1.2.	Zonificación Estructural.....	47
2.4.1.3.	Neotectónica	47
2.4.1.3.1.	Sismología.....	47
3.	ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS	49
3.1.	Introducción	49
3.2.	Geomorfología Regional.....	49
3.2.1.	Relieve Montañoso	49
3.2.2.	Relieve Colinoso	50
3.3.	Parámetros geomorfológicos	50
3.4.	Geomorfogénesis de la subcuenca	51
3.5.	Unidades geomorfológicas.....	51
3.6.	Zonificación de Pendientes	59
3.7.	Zonificación Altitudinal (Planimétrico).....	64
3.8.	Geodinámica Externa	66
3.8.1.	Principales Procesos Geodinámicos	66
3.9.	Geomorfología aplicada	70
4.	ASPECTOS GEOTECNICOS.....	71
4.1.	Introducción	71
4.2.	Características Geotécnicas Generales	71
4.2.1.	Caracterización Geotécnica.....	71
4.2.1.1.	Basamento Rocoso	71
4.2.1.2.	Suelos	72
4.3.	Unidades Geotécnicas.....	73
5.	ASPECTOS AMBIENTALES	75
5.1.	Clima.....	75
5.1.1.	Precipitación.....	75
5.1.2.	Humedad	75
5.1.3.	Temperatura.....	75
5.1.4.	Viento	75
5.1.5.	Radiación	75

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

5.2.	Hidrología	75
5.2.1.	Características Hidrológicas	76
5.3.	Hidrografía.....	77
5.3.1.	Parámetros de la Red Hidrográfica	77
5.4.	Ecosistemas de Montaña	83
5.4.1.	Caracterización de los ecosistemas.....	83
5.4.1.1.	Bofedales.....	83
5.4.1.2.	Bosques relicto altoandino.....	84
5.4.1.4.	Praderas o Pastizales.....	84
5.4.1.3.	Matorral arbustivo	84
5.4.1.5.	Pajonal Andino	84
6.	ASPECTOS GLACIOLÓGICOS	85
6.1.	Introducción	85
6.2.	Glaciares.....	85
6.2.1.	Definición	85
6.2.2.	Partes de un Glaciar	85
6.2.3.	Tipos de Glaciares.....	86
6.2.4.	Glaciares Peligrosos.....	88
6.2.5.	Glaciares Colgados ubicados en el glaciar Huantsán	89
6.3.	Lagunas.....	90
6.3.1.	Definición	90
6.3.2.	Lagunas Peligrosas	91
7.	OBRAS DE SEGURIDAD	93
7.1.	Introducción	93
7.2.	Antecedentes	93
7.3.	Obras de Seguridad	94
7.3.1.	Descripción.....	94
7.3.2.	Estado Actual.....	101
7.3.3.	Conclusiones.....	103
7.3.4.	Recomendaciones	104
8.	ANÁLISIS DEL NIVEL DE PELIGRO.....	105
8.1.	Análisis Geoespacial “Multicriterio” para la Determinación de Niveles de Peligro de la Sub Cuenca del río Pariac.....	105
9.	RESULTADOS	106

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

9.1.	Zonificación y Niveles de Peligro	106
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
10.1.	Conclusiones	108
10.2.	Recomendaciones	110
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
12.	GLOSARIO DE TÉRMINOS	114
13.	SIGLAS	123

LISTA DE TABLAS

Tabla N° 1:	Antecedentes históricos de moviemintos de remoción en masa, Sub. Paraiac-Huaraz	9
Tabla N° 2:	Acceso a la quebrada de Pariac – Laguna Rajucolta	12
Tabla N° 3:	Valoración de Peligros	16
Tabla N° 4:	Grado de erosionabilidad	16
Tabla N° 5:	Nivel de Competencia de Suelos y Rocas	17
Tabla N° 6:	Niveles de Pendiente	17
Tabla N° 7:	Geoformas	18
Tabla N° 8:	Valoración de Peligro por Área	18
Tabla N° 9:	Valoración de Peligros Final	18
Tabla N° 10:	Unidades Geològicas identificadas en el Estudio de la Subcuenca del río Pariac	20
Tabla N° 11:	Zonificación de Pendientes	59
Tabla N° 12:	Clasificación Geomorfològica, basada en la zonificación de Pendientes	61
Tabla N° 13:	Resumen, Familias de discontinuidades EMG	72
Tabla N° 14:	Descripción de Unidades Geotècnicas	73
Tabla N° 15:	Radiación de la subcuenca del río Pariac	75
Tabla N° 16:	Características Hidrològicas	76
Tabla N° 17:	Caudales de salida de Laguna Rajucolta	76
Tabla N° 18:	Caudales de salida de Laguna Rajucolta	77
Tabla N° 19:	Caudales de la subcuenca del río Pariac	77
Tabla N° 20:	Rangos aproximados del Factor de Forma del río Pariac	81
Tabla N° 21:	Ecosistemas de la subcuenca del río Pariac	83
Tabla N° 22:	Tipologías más recurrentes para la clasificación de glaciares	87
Tabla N° 23:	Lista de glaciares colgados en el nevado Huantsán	89
Tabla N° 24:	Lagunas de la Cordillera Blanca, catalogadas como “Lagunas Peligrosas”	92

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 01:	Ubicación Geogràfica de la zona en estudio	10
Figura N° 02:	Ubicación Política de la zona en estudio	10
Figura N° 03:	Ubicación Hidrogràfica de la zona en estudio, a nivel de la Cuenca del río Santa	11
Figura N° 04:	Ubicación Hidrogràfica de la zona en estudio, a nivel de la subcuenca del río Pariac	12
Figura N° 05:	Metodología para la Evaluación de Peligros Sub Cuenca Pariac	14
Figura N° 06:	Columna Geològica Generalizada en el àrea de ESTUDIO	21
Figura N° 07:	MAPA DE UNIDADES GEOLÒGICAS	22
Figura N° 08:	Perfil Topogràfico y Sismològico de la Subcuenca del río Pariac	48
Figura N° 09:	Circo Glaciar, en el nevado Huatsan	55
Figura N° 10:	Morrenas Colgadas, subcuenca Pariac	56
Figura N° 11:	MAPA GEOMORFOLOGICO	58
Figura N° 12:	MAPA DE PENDIENTES	60
Figura N° 13:	MAPA BASE (PLANIMETRÌA)	65
Figura N° 14:	Diagrama de Rosetas general, subcuenca del río Pariac	72

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Figura N° 15: MAPA DE UNIDADES GEOTÈCNICAS.....	74
Figura N° 16: Componentes de la subcuenca del río Pariac	78
Figura N° 17 (a): Comparación de la forma de subcuencas según Coeficiente de Compacidad.....	79
Figura N° 17 (b): Subcuenca Pariac ($K_c=1.7219$), tendencia a 2, caracterizandola como muy alargada	79
Figura N° 18: Influencia de la configuración de la red hidrológica en la descarga	81
Figura N° 19: Ramificación de cauce principal del río Pariac	82
Figura N° 20: Partes de un glaciar y zonas circundantes	86
Figura N° 21: Perfil típico de un glaciar Peligroso	89
Figura N° 22: Glaciares colgados en el Huantsan, dentro de la subcuenca Pariac.....	90
Figura N° 23: Modelo de Análisis Multicriterio para la Determinación de Niveles de Peligro, subcuenca Pariac	105
Figura N° 24: Mapa de Susceptibilidad a Movimiento de Masas de la Sub Cuenca del Río Pariac	107

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 01: Afloramiento rocoso de la Formación Chicama	23
Fotografía N° 02: Vista Macroscópica de una Muestra de Hornfels Representativa.....	24
Fotografía N° 03: Vista Microscópica de una Muestra de Hornfels Representativa	24
Fotografía N° 04: Vista Macroscópica de una Muestra de Limolia arenosa Representativa	25
Fotografía N° 05: Vista Microscópica de una Muestra de Limolita arenosa Representativa	26
Fotografía N° 06: Afloramiento Rocoso del Grupo Calipuy	27
Fotografía N° 07: Vista Macroscópica de la Toba dacítica Representativa.....	27
Fotografía N° 08: Vista Microscópica de la Toba dacítica Representativa	28
Fotografía N° 09: Afloramiento rocoso del Batolito de la Cordillera Blanca	29
Fotografía N° 10: Vista Macroscópica de una Muestra Granodiorítica Representativa.....	30
Fotografía N° 11: Vista Microscópica de una Muestra Granodiorítica Representativa.....	30
Fotografía N° 12: Vista de un Depósito Cuaternario Glaciárico	31
Fotografía N° 13: Matriz de un Depósito Glaciárico Representativo.....	32
Fotografía N° 14: Vista de un Depósito Cuaternario Lacustrino.....	32
Fotografía N° 15: Perfil de un Depósito Lacustrino Representativo	33
Fotografía N° 16: Vista de un Depósito Cuaternario Fluvioglaciárico	34
Fotografía N° 17: Matriz de un Depósito Fluvioglacial Representativo	34
Fotografía N° 18: Vista de un Depósito Cuaternario Fluvial.....	35
Fotografía N° 19: Matriz de un Depósito Fluvial Representativo	35
Fotografía N° 20: Vista de un Depósito Cuaternario Coluvial.....	36
Fotografía N° 21: Matriz de un Depósito Coluvial Representativo	37
Fotografía N° 22: Vista de un Depósito Cuaternario Aluvional	38
Fotografía N° 23: Matriz de un Depósito Aluvional Representativo.....	38
Fotografía N° 24: Laderas de montaña moderadamente Empinadas (Lmme).....	51
Fotografía N° 25: Laderas de montaña fuertemente empinadas (Lmfe).....	52
Fotografía N° 26: Colinas altas moderadamente disectadas (Camd).....	52
Fotografía N° 27: Colinas altas fuertemente disectadas	53
Fotografía N° 28: Terraza Fluvial	54
Fotografía N° 29: Terraza Aluvional	54
Fotografía N° 30: Nevado Huantsan	55
Fotografía N° 31: Morrenas de fondo de valle glaciar Laguna Rajucolta.....	56
Fotografía N° 32: Típico valle glaciar en forma de “U”	57
Fotografía N° 33: Deslizamiento, flujos Hídricos en la Qda. Rajo Colla	66
Fotografía N° 34: Derrumbe, cerca a la falla regional de la Cordillera Blanca	67
Fotografía N° 35: Càrcavas, material cuaternario	67
Fotografía N° 36: Flujo de detritos, cercano al poblado Huishaca	68
Fotografía N° 37: Fluos hídricos, sobre morrena lateral de la Laguna Rajucolta	69
Fotografía N° 38: Caída de rocas y detritos, quebrada de Pariac.....	69
Fotografía N° 39: Avalanchas, sobre el espejo de agua de la Laguna Rajucolta	70
Fotografía N° 40: Depósito glaciar lateral derecho, con procesos geodinámicos externos activos.....	94
Fotografía N° 41: Glaciares colgantes y grietas en el glaciar Huantsan.....	95
Fotografía N° 42: Corrimiento vertical de la zona adyacente al dique	95

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

<i>Fotografía N° 43: Área con asentamiento del gavión tipo Colchón Reno.....</i>	<i>96</i>
<i>Fotografía N° 44: Asentamiento del cuerpo de presa de tierra.....</i>	<i>96</i>
<i>Fotografía N° 45: Cavernas por corrimiento vertical de la zona adyacente al dique</i>	<i>97</i>
<i>Fotografía N° 46: Cavernas por corrimiento vertical de la zona adyacente al dique</i>	<i>97</i>
<i>Fotografía N° 47: Cavernas por corrimiento vertical de la zona adyacente al dique</i>	<i>98</i>
<i>Fotografía N° 48: Características del depósito glaciar izquierdo de la laguna Rajucolta</i>	<i>98</i>
<i>Fotografía N° 49: Estado de los gaviones de protección del vertedero de demasías de la laguna Rajucolta</i>	<i>99</i>
<i>Fotografía N° 50: Vistas del Vertedero de Demasías.....</i>	<i>99</i>
<i>Fotografía N° 51: Conglomerado de fragmentos de roca en matriz limo arenosa, compacidad de baja a media.....</i>	<i>100</i>
<i>Fotografía N° 52: Efectos de socavación por acción hídrica.....</i>	<i>100</i>
<i>Fotografía N° 53: Cuerpo de la Presa de Tierra / recubierto con gavión tipo Colchón Reno</i>	<i>101</i>
<i>Fotografía N° 54: Canal de Salida del Conducto de Desagüe de la Laguna Rajucolta</i>	<i>102</i>
<i>Fotografía N° 55: Canal de Salida del Conducto de Desagüe de la Laguna Rajucolta</i>	<i>102</i>
<i>Fotografía N° 56: Desprendimiento de parte de las geomembranas de protección de la base del talud.....</i>	<i>103</i>

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

Plano Topográfico
Plano de Pendientes
Mapa de Unidades Geológicas
Mapa de Unidades Geomorfológicas y de Procesos Geodinámicos
Mapa de Unidades Geotécnicas
Mapa de Zonificación de Peligros

ANEXO B: Registro Fotográfico

Registro Fotográfico de Unidades Geológicas
Registro Fotográfico de Muestras de Roca
Registro Fotográfico de Unidades Geomorfológicas
Registro Fotográfico de Glaciares, Lagunas y Geoformas
Registro Fotográfico de Procesos Geodinámicos
Registro Fotográfico de las Obras de Seguridad

ANEXO C: Registro de Data Geotécnica y Estructural

Registro de Estaciones Geotécnicas, con su fotografía y roseta
Registro Fotográfico de Estaciones Geomecánicas
Registro de Resultados del Dips – Figura de Rosetas

ANEXO D: Resultados de Laboratorio

Resultados de Estudios Petrográficos y Mineragráficos

RESUMEN EJECUTIVO**1. GENERALIDADES****1.1. Introducción**

La situación actual del cambio climático a nivel global, se traduce en procesos geodinámicos con gran impacto en el ámbito regional y local que afectan a poblaciones e infraestructura en forma recurrente; también la presencia de lluvias a través de eventos extraordinarios como el fenómeno “El Niño”, originan cambios violentos sobre el territorio, reflejándose en zonas con condiciones de alta inestabilidad física como ocurre a lo largo de la Cordillera Blanca en diferentes sectores de sus subcuencas y microcuencas.

Sobre la margen derecha del río Santa, en el sector de la subcuenca del río Pariac, provincia de Huaraz, El INAIGEM ha desarrollado estudios de investigación con la finalidad de elaborar mapas de peligros e identificar áreas críticas en base a lo cual se darán medidas de prevención para mitigar los efectos negativos de una posible avalancha y desborde de la laguna Rajucolta sobre los centros poblados de Macashca, Chacuascancha, Putcaruri, Hacienda Purus, Hacienda Piña, Linguas, Huanca, Casacancha, Inca Puquio, Virincahuasi, Pucupampa, Oncoy, Llacona y Rasiac.

1.2. Antecedentes

El 24 de Junio de 1883 (Ing. M Zapata L, 2002) ocurrió el desborde de la laguna Rajucolta conocida también como Tambillo, originando un aluvión que afectó Macashca, destruyendo escuelas, casas, sementeras y pérdida de vidas humanas.

Entre 1966 y 1974, cuando la Corporación Peruana del Santa y Electro Perú S.A. elaboraron los estudios con fines de regulación hídrica de la Central Hidroeléctrica del Cañón del Pato, la laguna Rajucolta, fue evaluada a nivel de Estudios Definitivos, orientados principalmente a proyectos de represamiento que permitan almacenar y regular mayores volúmenes de agua.

Según información elaborado por ELECTROPERU en 1974, la laguna Rajucolta, fue considerada peligrosa, debido a la presencia de una lengua glaciar en contacto con la laguna. Las condiciones morfológicas favorables de la cubeta, y los estudios realizados, concluyeron favorablemente realizar trabajos combinados de seguridad y represamiento, bajando 10 m el nivel de agua y construir un dique de tierra de 25 m de altura para almacenar 5 millones de metros cúbicos de agua, dejando 15 m. de borde libre como factor de seguridad. El volumen original estimado de la laguna era 23000000 m³ (ELECTROPERU, UC, 1975)

El 30 de mayo de 2002 la empresa DUKE ENERGY – EGENOR S.A., contrató a la empresa CESEL S.A. para la elaboración del estudio de la presa de regulación en la laguna Rajucolta con una capacidad de almacenamiento de 9000000 m³, que

permitiría la regulación estacional de este recurso con fines de afianzamiento de la Central Hidroeléctrica Cañón del Pato durante el periodo de estiaje.

Entre los años 2003 a 2004, se construyó la presa de regulación, con un aliviadero de 150 m. de longitud, con descarga máxima de 8.3 m³/s, una altitud de 4290,88 m.s.n.m., y un conducto de 111 m. de longitud, que permite una descarga mínima de 3 m³/s. (CESEL S.A., 2002)

En octubre de 2014, la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos – ANA, realizó trabajos de batimetría en la laguna Rajucolta, determinando el nivel del espejo de agua en 4272,71 m.s.n.m., una superficie de 512723 m², volumen almacenado 17546151 m³, largo máximo de 1428 m, ancho máximo de 493 m. y una profundidad máxima de 72,7m.

Actualmente el control de esta laguna se encuentra a cargo de la empresa Duke Energy con fines de aprovechamiento hídrico para la Central Hidroeléctrica del Cañón del Pato.

Tabla N° 01: Antecedentes históricos de movimientos de remoción en masa en la subcuenca de Pariac, provincia de Huaraz, departamento de Ancash.

Fecha	Descripción	Investigador
24-06-1883	A consecuencia del desborde de la laguna Rajucolta conocida también como Tambillo, originó un aluvión que afectó Macashca, destruyendo escuelas, casas, sementeras y pérdida de vidas humanas.	Acta Montana Ing. M Zapata L.-2002

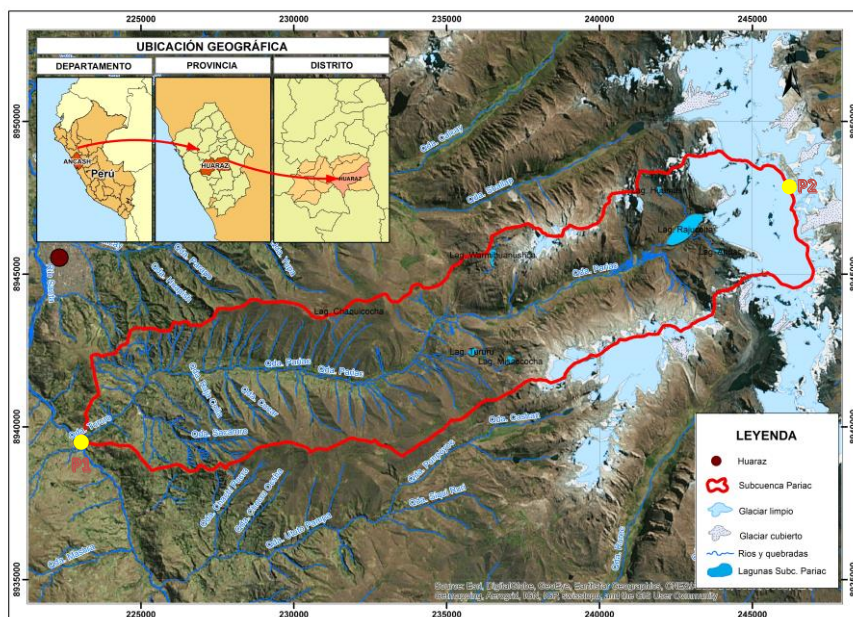
1.3. Ubicación

1.3.1. Geográfica

Geográficamente se encuentra entre las coordenadas UTM (WGS84 Zona L-18 Sur): 222951.5595 E – 8939594.865 N (Desembocadura del río Pariac_P1) y 246344.358 E – 8947502.7151 N (Punto extremo al Este de la subcuenca - Nevado Huantsán_P2), Ver mapa. La altitud de la subcuenca del río Pariac varía entre 6331 m.s.n.m. y 3125 m.s.n.m. y un área total de 107,35661 km². (INAIGEM, 2017) El clima es variable resaltando la precipitación entre 700 mm en el extremo occidental, hasta 1000 mm hacia la parte oriental sobre los 5000 m.s.n.m., las temperaturas son variables a lo largo de la subcuenca, alcanzando hasta 20°C de diferencia entre el día y la noche.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

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

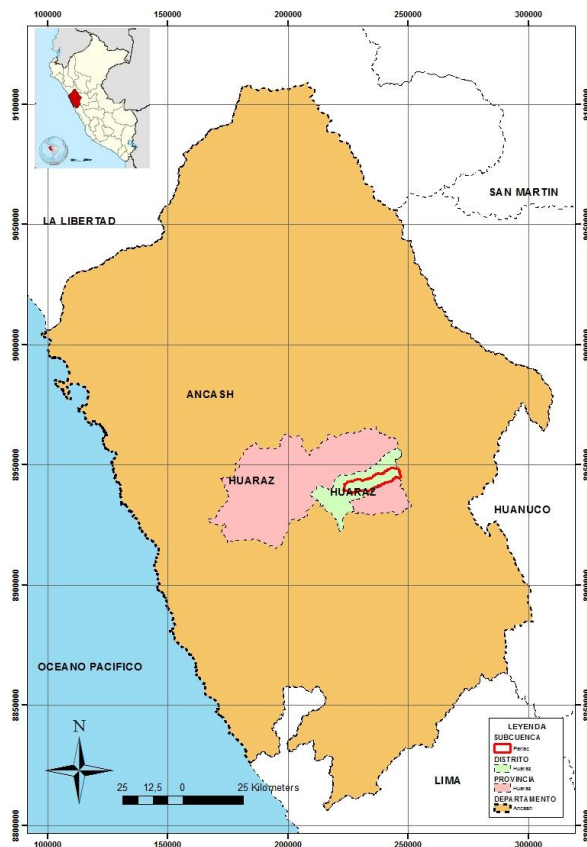


Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

1.3.2. Política

La quebrada Pariac – laguna Rajucolta, se ubica en, la provincia de Huaraz, departamento de Ancash – Perú.

Figura N° 02: Ubicación Política de la zona en estudio



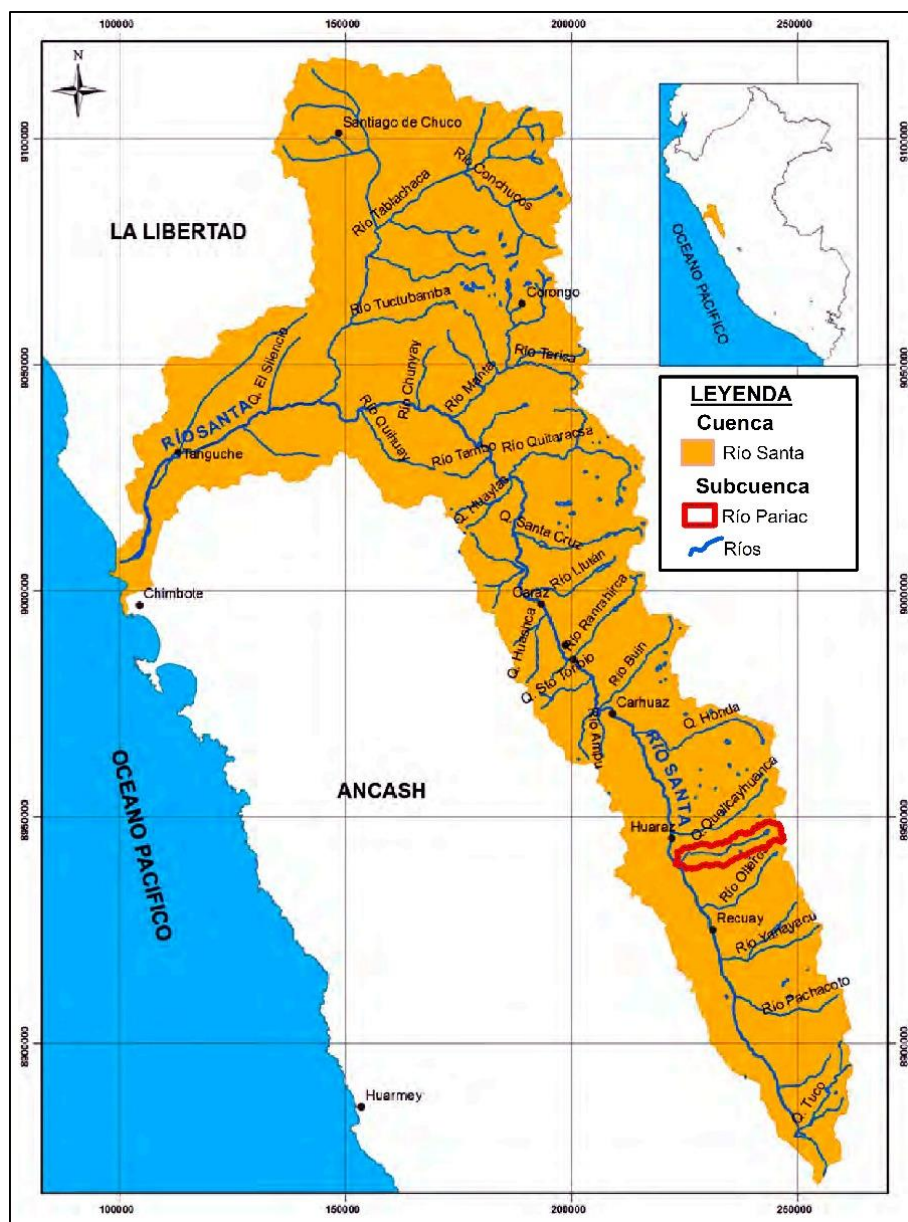
Fuente: INAIGEM, Noviembre 2017.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

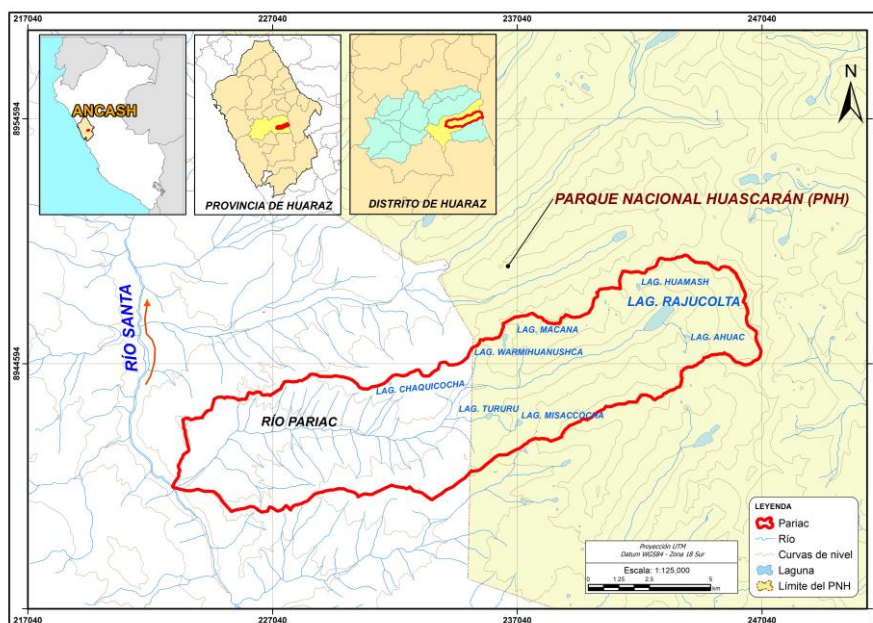
1.3.3. Hidrográfica

Hidrográficamente, la subcuenca 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 Sur de la ciudad de Huaraz. Tiene un área de 107,35661 km² y 63.720546 km de perímetro. (INAIGEM, 2017)

Figura N° 03: Ubicación Hidrográfica de la zona en estudio, a nivel de la Cuenca del río Santa.



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

Figura N° 04: Ubicación Hidrográfica de la zona en estudio, a nivel de la subcuenca del río Pariac.


Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

1.4. Accesibilidad

El acceso se realiza desde la ciudad de Huaraz por la carretera principal, hasta el puente Pariac (7.70 Km), al sur de la ciudad, luego se continua por la carretera afirmada de Macashca hasta la portada de la quebrada Pariac (16.7 Km.), luego continuamos por la trocha carrozable hasta llegar al pie de la Laguna Rajucolta (6.3 Km.); recorriendo 33.7 Km. de distancia, en 1:40 horas aproximadamente. (Ver tabla 02).

Tabla 02: Acceso a la quebrada de Pariac – Laguna Rajucolta

RUTA	VÍA	DISTANCIA (km)	TIEMPO (horas)	MEDIO
Huaraz – Puente Pariac	Carretera Asfaltada	7.70 km.	0.20	Camioneta 4X4
Puente Pariac – Macashca - Laguna Rajucolta	Carretera Afirmada	26.0 Km.	1.20	Camioneta 4X4
		33.7 Km.	1.40 hrs	

Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

1.5. Objetivos

1.5.1. Generales

- ✓ Determinar las condiciones de peligrosidad de la laguna Rajucolta, desde el punto de vista glaciológico, geológico-geotécnico y geodinámico.
- ✓ Analizar las condiciones glaciológico-hidrológicas de la laguna para ver la posibilidad si podrían ser usadas como embalses reguladores.

1.5.2. Específicos

- ✓ Identificar peligros de origen glaciar relacionados a la generación de avalanchas que podrían caer sobre la laguna, originando oleajes y desborde con grandes daños a todo lo largo de la zona del aluvionamiento.
- ✓ Determinar el nivel de peligrosidad de la laguna Rajucolta en relación a la situación actual de los taludes de las morrenas laterales y las condiciones de funcionamiento de la presa de regulación construida por la empresa Duke Energy.
- ✓ Determinar el estado en que se encuentra la presa de regulación de la laguna Rajucolta.
- ✓ Evaluar las características físicas de las morrenas ubicadas en el vaso de la laguna.
- ✓ Elaborar mapas geológicos, geomorfológicos, geodinámicos y geotécnicos a escala 1: 25000.
- ✓ Elaborar el mapa de peligros de la subcuenca del río Pariac.

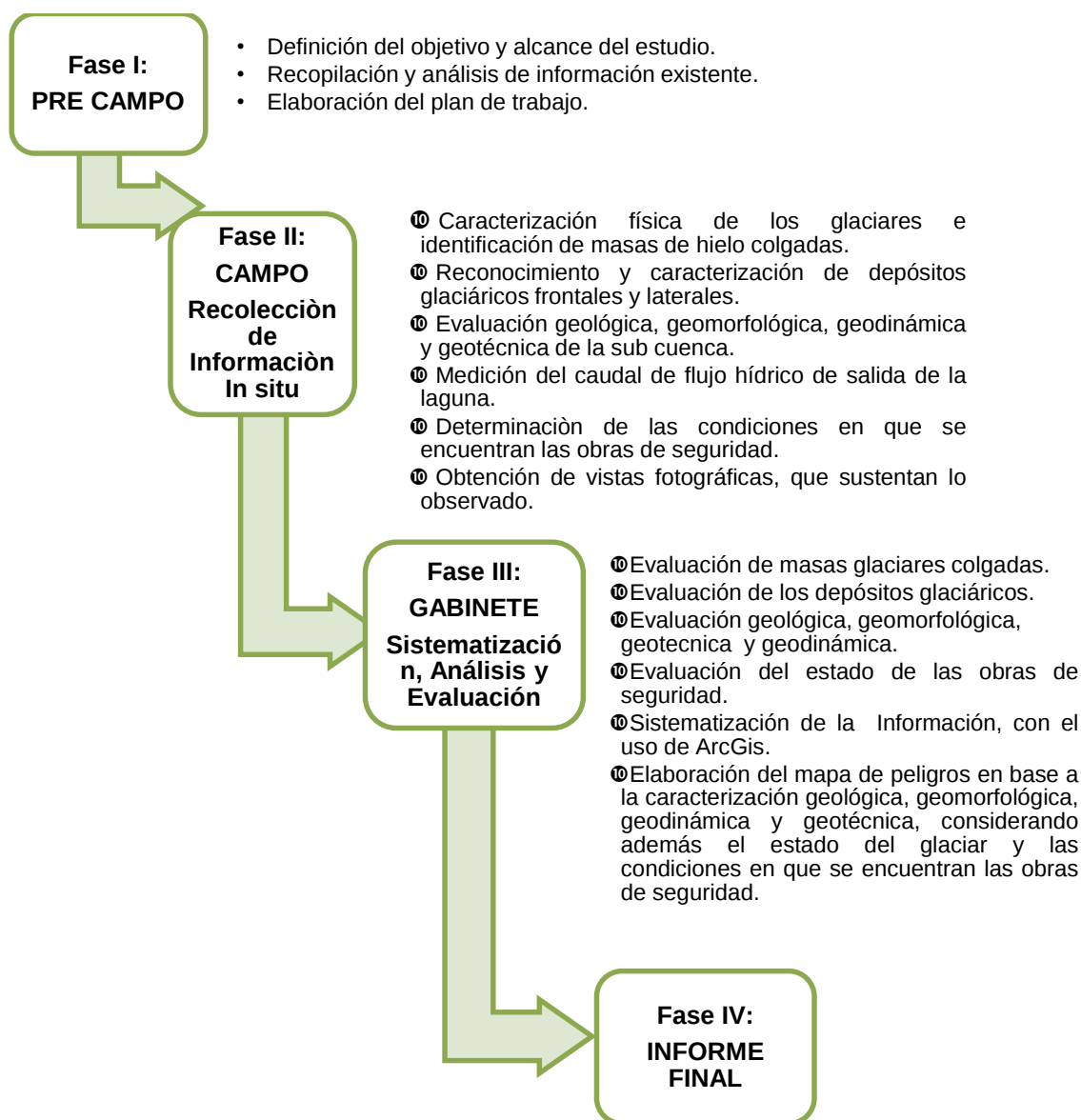
1.6. Justificación

Se justifica los estudios de esta investigación técnica para conocer la peligrosidad de los movimientos en masa existentes que podrían afectar directa o indirectamente a la población e infraestructura existente, así mismo conocer el estado actual y situación en que se encuentran las obras de seguridad y que de esta manera permita contribuir rápidamente en la toma de decisiones preventiva e informar a las autoridades correspondientes sobre la situación de peligro y riesgo correspondiente de la subcuenca del río Pariac.

1.7. Metodología

La metodología empleada en la evaluación de peligros de la sub cuenca del río Pariac, 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 peligros en base a la caracterización geológica, geomorfológica, geodinámica y geotécnica, considerando además el estado del glaciar y las condiciones en que se encuentran las obras de seguridad. Según detalle siguiente:

Figura N° 5: Metodología para la Evaluación de Peligros Sub Cuenca Pariac



Fuente: INAIGEM, Noviembre 2017.

A continuación, se detalla 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 y define los objetivos y alcances del estudio de acuerdo al nivel de ejecución; entre los objetivos del presente estudio se encuentra 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 a recopilar 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 obtengan con la información preliminar, sirven de base para una adecuada planificación del trabajo, para 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

Esta etapa consiste en la recopilación de información, que permite efectuar la caracterización física de los glaciares e identificar masas de hielo inestables con probabilidad de generar avalanchas; se efectúa el reconocimiento de los depósitos glaciáricos, asimismo se realiza la medición de caudales, secciones transversales y velocidad de circulación, lo cual permite calcular el caudal medio de salida de la laguna.

Es fundamental la evaluación geológica, geomorfológica, geodinámica, geotécnica e hidrológica de la sub cuenca, así como la identificación de masas de hielo colgadas, la estimación de su volumen y la evaluación del estado de las obras de seguridad.

El trabajo de campo es 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 o 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, geomorfología, geodinámica y geotecnia, cuya superposición nos permite determinar los niveles de peligro a lo largo de toda la sub cuenca, para lo cual se toma en cuenta la *Tabla N° 03: Valoración de Peligros*, según detalle.

Tabla N° 03. Valoración de Peligros

VALORACIÓN	GEOLOGÍA (Erosionabilidad)	GEOTECNIA (Nivel de Competencia de Suelos y Rocas)	GLACIAR (Volumen Probable de Avalancha)	SUSCEPTIBILIDAD (% Pendiente)	GEOMORFOLOGÍA (Geoforma)	GEODINÁMICA (Movimiento de Masas)
0	Muy Baja	Muy Alta	Muy baja	Muy Baja	Muy baja	Muy Baja
1	Baja	Alta	Baja	Baja	Baja	Baja
3	Media	Media	Media	Media	Media	Media
6	Alta	Baja	Alta	Alta	Alta	Alta
10	Muy Alta	Muy Baja	Muy alta	Muy Alta	Muy alta	Muy Alta

Fuente: INAIGEM – Diciembre 2017

Es de precisar que, la valoración de cada uno de los parámetros (geología, geotecnia, glaciares, **susceptibilidad**, geomorfología y geodinámica), se realiza teniendo en cuenta los aspectos que se detallan a continuación:

1. Geología

Habiéndose identificado las unidades geológicas, se procede a establecer el grado de erosionabilidad del material, de acuerdo a la Tabla N° 04: Grado de Erosionabilidad.

Tabla N° 04: Grado de Erosionabilidad

VALORACIÓN	Grado de Erosionabilidad
Roca compacta	Muy baja
Roca Fracturada	Baja
Roca Meterorizada/Alterada/ Cuaternario glaciático	Media
Cuaternario Aluvional, Aluvial y Fluvio glaciático	Alta
Cuaternario Coluvial, Fluvial, Lacustrino	Muy alta

Fuente: INAIGEM – Diciembre 2017

2. Geotecnia

Se analiza el nivel de competencia del material (suelo y roca), teniendo en cuenta la resistencia del material, basada en información obtenida en campo. Ver Tabla N° 05: Nivel de Competencia de Suelos y Rocas.

Tabla N° 05: Nivel de Competencia de Suelos y Rocas.

MATERIAL AFLORANTE		
Color	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° 06, Niveles de Pendiente.

Tabla N° 06: 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° 07: Geoformas.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Tabla N° 07. 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.

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° 08:

Tabla N° 08: 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° 09, 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° 09: 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

Fuente: INAIGEM – Diciembre 2017

1.7.3.2 Fase IV – Informe Final

Durante esta fase, se elabora el informe final que comprende la descripción geológica, geomorfológica, geodinámica 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 en el mapa de peligros de la subcuenca.

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

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

2.1. Introducción

Corresponde a un cartografiado geológico mediante la localización de puntos de control con GPS Garmin, identificando en cada punto las principales características litológicas y sedimentológicas según sea el caso ya sea para un basamento rocoso o depósitos cuaternarios. A continuación se tiene los siguientes resultados: Substrato rocoso en la quebrada de Pariac está comprendido principalmente por: el batolito de la Cordillera Blanca, en menor grado por rocas sedimentarias aflorantes, rocas volcánicas y depósitos cuaternarios.

2.2. Geología Regional

En la subcuenca del río Pariac, sobresalen rocas de diferentes orígenes, siendo las más importantes las rocas ígneas de magnitud batolítica que se distribuyen en la parte media y entorno de los nevados, en la cabecera de la subcuenca, laguna Rajucolta y Nevado Huantsan, tenemos afloramientos sedimentarios de edad jurásica, mientras que en la parte baja sobresalen rocas volcánicas cubiertas por sedimentos cuaternarios de origen aluvial y glacial.

2.2.1. Unidades Geológicas

Se caracteriza por presentar una columna estratigráfica donde comprende formaciones geológicas que datan desde el Mesozoico hasta los tiempos recientes. El basamento rocoso del área de estudio está conformado principalmente por rocas intrusivas del Neógeno, también se tiene rocas sedimentarias del Jurásico Superior, aflorando sólo en la parte baja de la subcuenca del río Pariac hasta la confluencia con el río Santa, tapizadas en parte, se tiene rocas volcánicas sedimentarias tobáceas de edad Neógeno-Paleógeno. Finalmente, los depósitos cuaternarios en su mayoría de origen glacial.

Las unidades más antiguas corresponden a la Formaciones Chicama, sobreyaciendo sobre ésta en contacto erosional se tiene a las tobas del Grupo Calipuy. Toda esta secuencia fue afectada por las intrusiones y pulsaciones de la Orogenia Andina (Tectónica Quechua probablemente), de naturaleza diorita/granodiorita que se emplaza en el basamento sedimentario principalmente generando zonas de metamorfismo de contacto y su consecuente mineralización.

Como resultado de la evaluación geológica regional se ha identificado nueve unidades geológicas en superficie como se resumen en la Tabla 10. Así mismo, estas unidades han sido identificadas en el Estudio de la Subcuenca del río Pariac y se muestran en la Figura 5, Mapa de Unidades Geológicas a escala 1:25 000.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

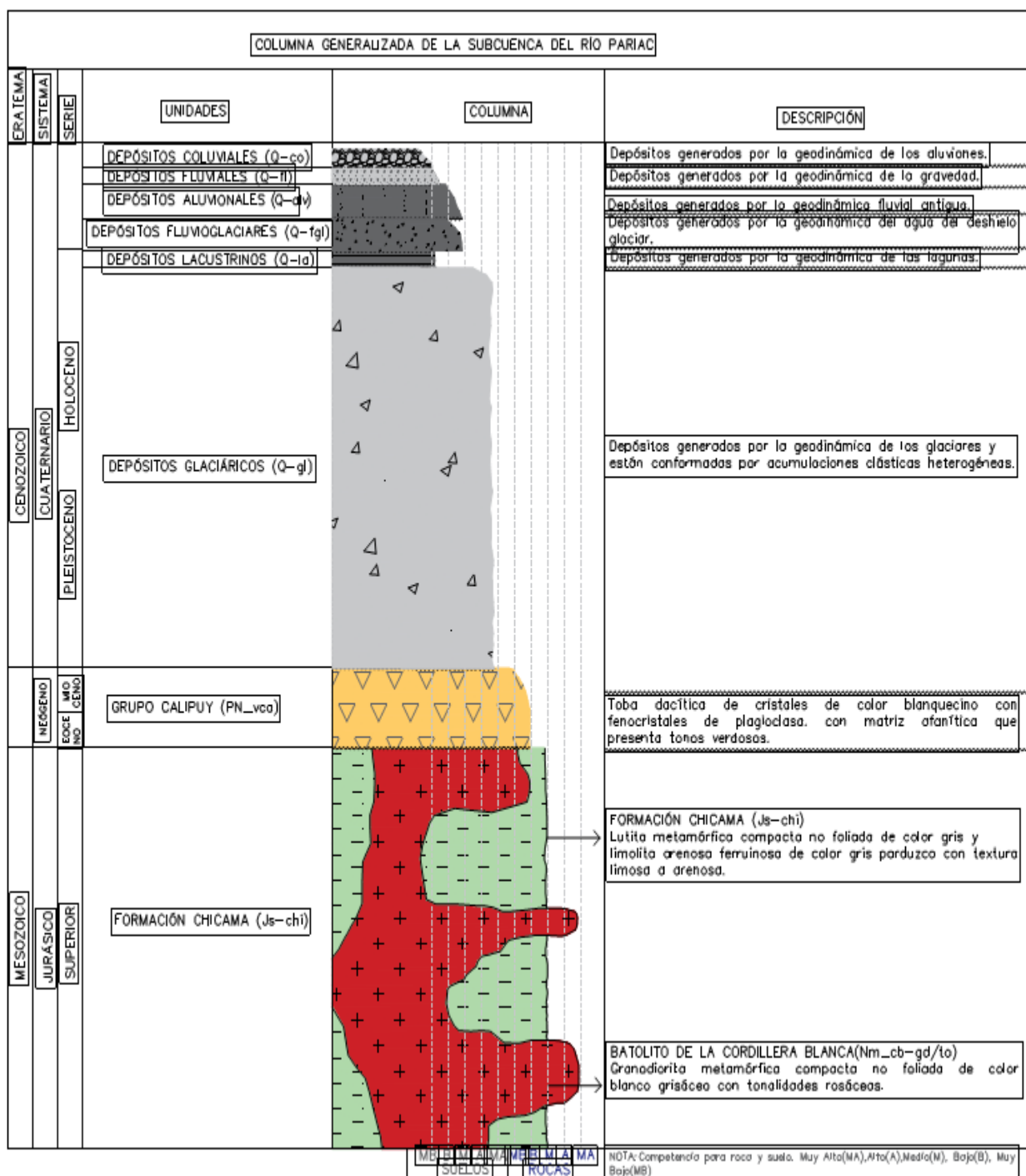
Tabla 10: Unidades Geológicas identificadas en el Estudio de la Subcuenca del río Pariac y su relación con la superficie que ocupa.

Ítem	Unidades Geológicas	Símbolo	Características Principales	Superficie	
				Ha	%
1	Depósitos Coluviales	Q-co	Constituyen los depósitos generados por la acción de la gravedad y conformados por material, generalmente grueso, de naturaleza homogénea y heterométricos, mezclados con materiales finos como arena, limo y arcilla en menor proporción.	61.8107	0.58
2	Depósitos Fluviales	Q-flv	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 areno-limosos.	88.7183	0.83
3	Depósitos Fluvioglaciares	Q-fg	Constituyen los depósitos generados por el movimiento en masa fluidificado por el agua, ya que el contenido de agua en la masa es tan alto que llega a comportarse como un fluido.	97.0571	0.90
4	Depósitos Aluvionales	Q-alv	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.	633.2491	5.90
5	Depósitos lacustrinos	Q-la	Constituyen los depósitos acumulados en un ambiente lagunar. Estos depósitos se encuentran, dispuestos en bancos sub horizontales constituidos por material fino arenoarcilloso.	63.0579	0.59
6	Depósitos Glaciares	Q-gl	Constituyen los depósitos generados por la acción geodinámica del glaciar y conformados por acumulaciones clásticas muy heterogéneas.	384.1360	42.96
7	Batolito de la Cordillera Blanca	Nm-cb/gd,to	Granodiorita/Tonalita metamorfizadas, con minerales esenciales de ferromagnesianos, plagioclasas y cuarzo y con una orientación de foliación definida.	2193.071	20.43
8	Grupo Calipuy	PN-ca_i	Tobas dacítica de cristales intercaladas con lavas piroclásticas y lavas andesíticas.	866.6581	8.07
9	Formación Chicama	Js-ch	Se tiene estratos de areniscas intercaladas con estratos de lutitas oscuras.	2039.127	18.99

Nota: Los Bofedales ocupan superficialmente 63.0579 Ha (0.59%), los Cuerpos de Agua ocupan 0.9470 Ha (0.01%) y el Casquete Glaciar **349.137 Ha (18.12)** del estudio de Investigación Técnica de la subcuenca del río Pariac.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

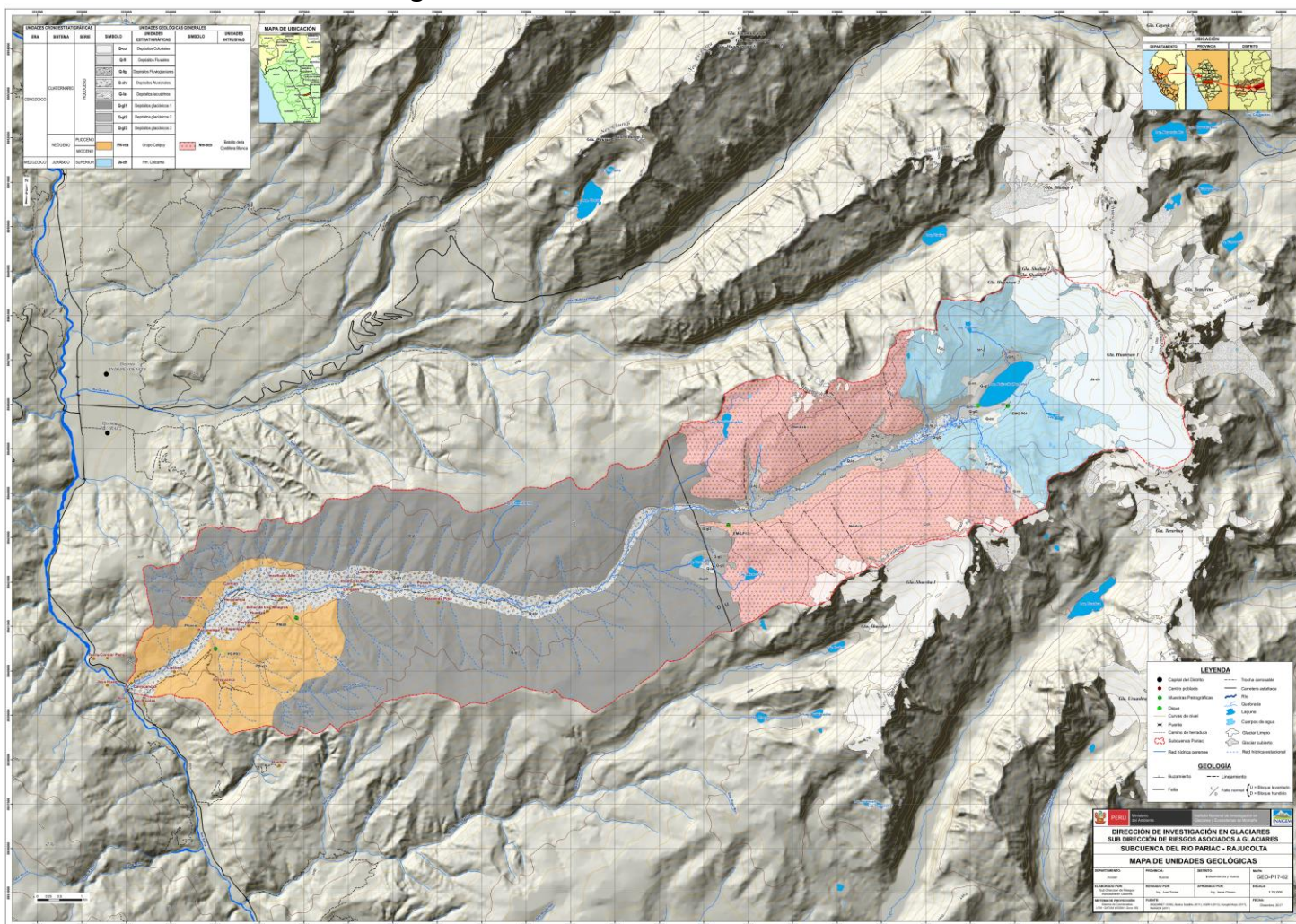
Figura 6: Columna Geológica Generalizada en el área de ESTUDIO



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Figura 7: MAPA DE UNIDADES GEOLÓGICAS.



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

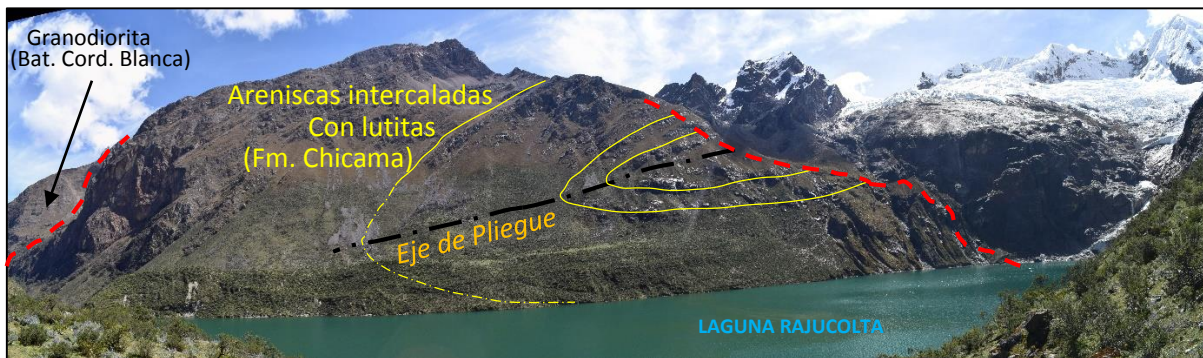
Jurásico Superior

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. Se considera que los afloramientos rocosos son extensos, producto de factores estructurales relacionado a la tectónica del área. Encontrándose fuertes plegamientos en la cabecera de la subcuenca.

La cabecera del valle glaciar, la zona posterior de la laguna Rajucolta y el circo glaciar del nevado Huantsan; están comprendidos por la Formación Chicama: representado por una ancha faja de areniscas y lutitas, con plegamientos fuertes en la parte alta de la zona lateral derecha de la laguna Rajucolta (Ver Fotografía 01); así mismo en las zonas de contacto con el intrusivo encontramos rocas metasedimentarias como el “Hornfels”, debido al metamorfismo de contacto. (Ver Anexo D).

Fotografía N° 01: Afloramiento rocoso de la Formación Chicama, con plegamientos sobre la morrena lateral derecha.



Fuente: INAIGEM, Mayo 2017.

Se han extraído muestras de roca representativa (**EMG-P01** y **PM-01**) 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.

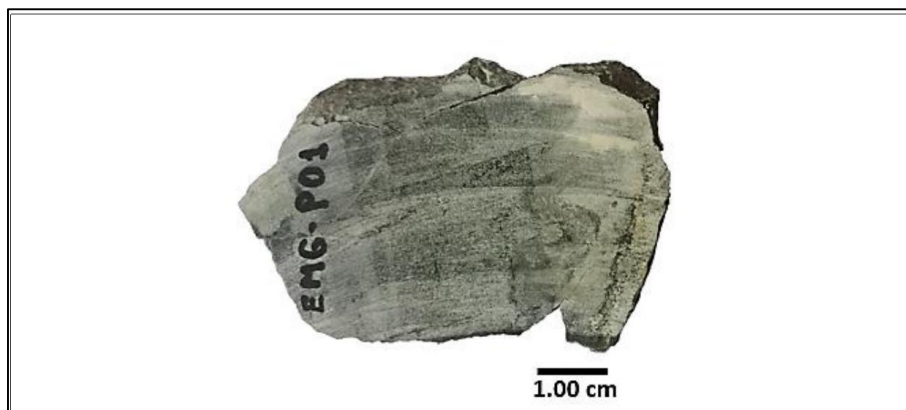
EMG-P01

Clasificación de la Roca: HORNFELS DE BIOTITA; PROBABLE PROTOLITO: LUTITA.

Descripción Macroscópica: Roca metasedimentaria compacta no foliada de color gris con tonalidades verdosas. Se encuentra compuesta por ferromagnesianos. No presenta magnetismo.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 02: Vista Macroscópica de una Muestra de Hornfels Representativa.



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

Descripción Microscópica: Roca metasedimentaria con textura granonematoblástica, la cual se encuentra formada por agregados granoblasticos de anfíboles, cuarzo, biotita, micas y serpentina. Por sectores se encuentran formando bandas constituidas por micas, biotita y minerales opacos, intercaladas con bandas de anfíboles. La roca se encuentra alterada débilmente por cloritas y óxidos de hierro. Los minerales opacos ocurren diseminados en la muestra y en bandas de cuarzo con biotita.

Fotografía N° 03: Vista Microscópica de una Muestra de Hornfels Representativa.



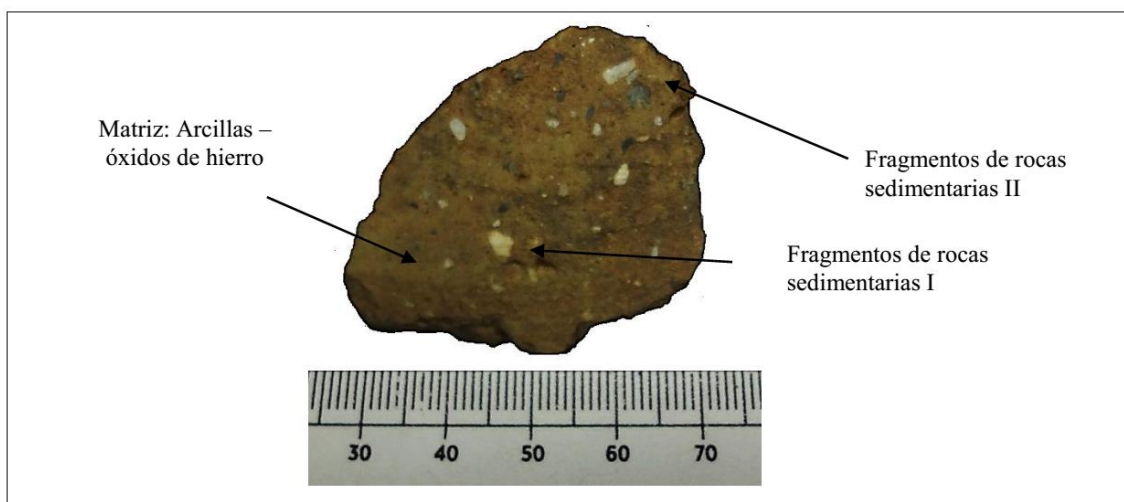
Agregados granoblasticos de cuarzo de formas lenticulares (cz) y agregados granoblasticos de anfíboles, cuarzo, micas, cloritas y minerales opacos (ANFs-cz-MCs-CLOs-OPs). Fotomicrografía en LT-NX.

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

PM-01**Clasificación de la Roca:** LIMOLITA ARENOSA FERRUGINOSA

Descripción Macroscópica: Roca sedimentaria de color gris parduzco. Presenta textura limosa a arenosa. Está constituida por fragmentos heterogéneos, unos son de origen sedimentario y otros con abundantes agregados micáceos. Se encuentran soportados por una matriz arcillosa con limonitas. Presenta densidad baja y no tiene magnetismo.

Fotografía N° 04: Vista Macroscópica de una Muestra de Limolita arenosa Representativa.

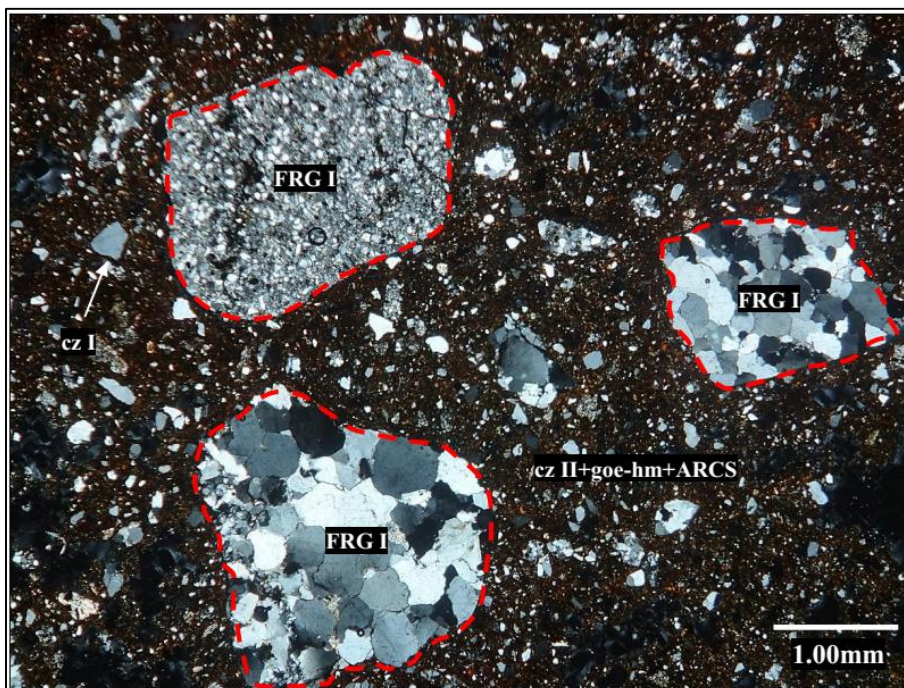


Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

Descripción Microscópica: Roca sedimentaria con textura clástica limosa. Está conformada por agregados granulares de formas irregulares de cuarzo I intercrecidos con fragmentos de areniscas (FRG I) y de roca (FRG II y FRG III), se encuentran soportadas por una matriz conformada por cuarzo II (cz II) intercrecidos con arcillas y agregados micáceos. Además, los fragmentos están soportados por óxidos de hierro los cuales tiñen fuertemente a la roca y se observan diseminaciones de minerales opacos dispersas en la matriz y en algunos fragmentos.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 05: Vista Microscópica de una Muestra de Limolita arenosa Representativa.



Textura limosa matriz soportada, formada por fragmentos de arenisca (FRG I) conformadas por granos de cuarzo de grano fino a medio, soportados por una matriz de cuarzo II (cz II) y arcillas (ARCS). El cemento está formado por limonitas (goe-hm). Fotomicrografía en LT-NX.

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

La superficie que ocupa este afloramiento sedimentario es 21.9307 Ha., siendo el 18.99 % del área.

Paleógeno-Neógeno

2.2.1.2. Grupo Calipuy (PN-ca_i):

(INEGMMET, 1996) Indica que la secuencia del Grupo Calipuy es extremadamente variable. Éste grupo se compone principalmente de rocas piroclásticas gruesas de composición andesítica, pero también de abundantes lavas andesíticas e ignimbritas dacíticas.

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 Pariac, el contacto con depósitos glaciáricos en la margen derecha del río Pariac, lo tenemos en la quebrada de Incapuquio y el contacto con depósitos glaciáricos en la margen izquierda del río Pariac lo tenemos en la quebrada de Cucar, cercano al poblado de Llinguas. El volcánico Calipuy en esta subcuenca se extiende hasta la confluencia con la cuenca del río Santa. (Ver Fotografía N°06).

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 06: Afloramiento rocoso del grupo Calipuy, quebrada Raja Colla, donde se encontró aglomerados volcánicos con tobas dacíticas.



Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

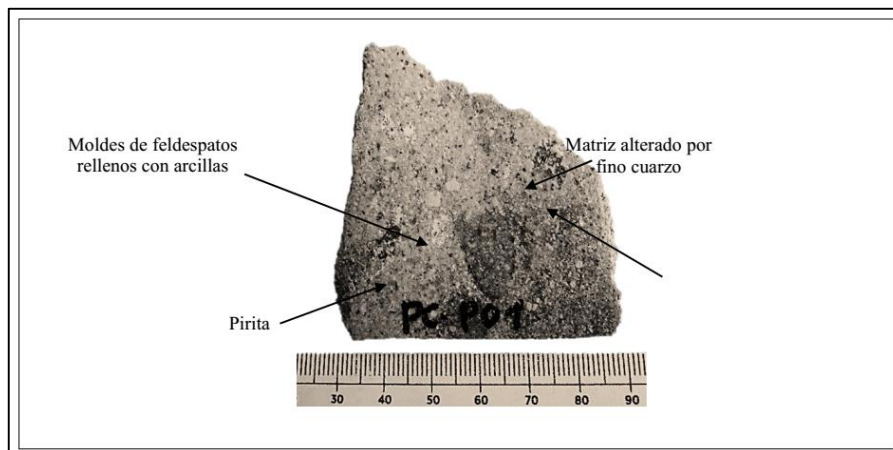
Se ha extraído una muestra de roca representativa (**PC-P01**) cuya ubicación se muestra en el **Anexo D**, el cual se ha enviado a un laboratorio petrográfico para su análisis correspondiente. A continuación se detalla los resultados del análisis macroscópico y microscópico.

PC-P01

Clasificación de la roca: TOBA DACÍTICA DE CRISTALES

Descripción Macroscópica: Roca subvolcánica hipabisal 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. (Ver Fotografía 07).

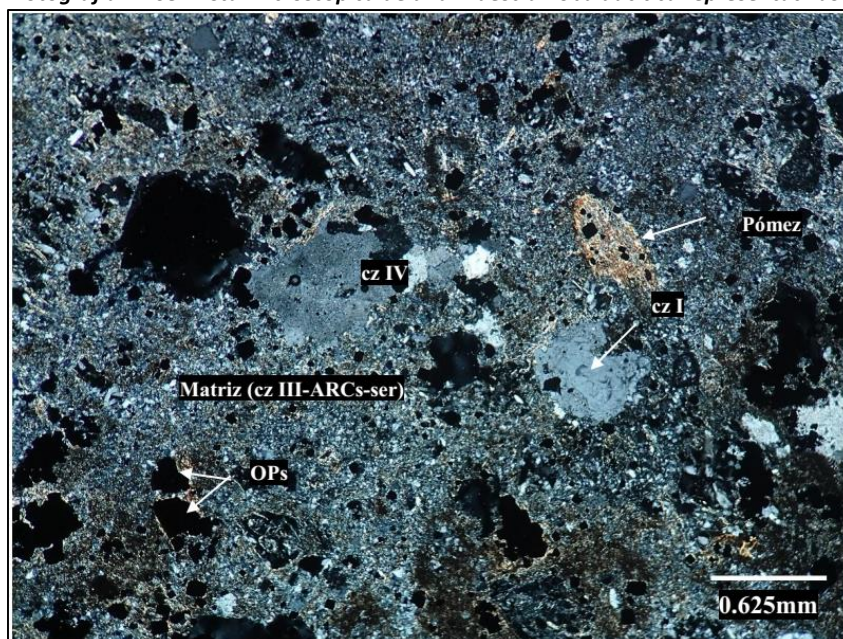
Fotografía N° 07: Vista Macroscópica de una Muestra de Toba dacítica representativas.



Fuente: INAIGEM, diciembre 2017.

Descripción Microscópica: Roca ígnea subvolcánica. Presenta una textura obliterada, posiblemente piroclástica. Está compuesta por moldes de feldespato, cristales de cuarzo 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 08.

Fotografía N° 08: Vista Microscópica de una Muestra Toba dacítica representativas.



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). Fotografíamicrografía en LT-NX.

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

La superficie que ocupa el volcánico Calipuy es 866.6581 Ha., siendo el 8.07 % del área.

2.2.1.3. Batolito de la Cordillera Blanca:

Constituido predominantemente de dos principales tipos de litología en esta subcuenca: leucogranodiorita en la parte media de la quebrada y una tonalita a granodiorita terminando el valle glaciar, asimismo las granodioritas se evidencian fuertemente foliadas hacia la falla de la Cordillera Blanca, al término del valle glaciar y de forma perpendicular. (Cobbing et al, 1981)

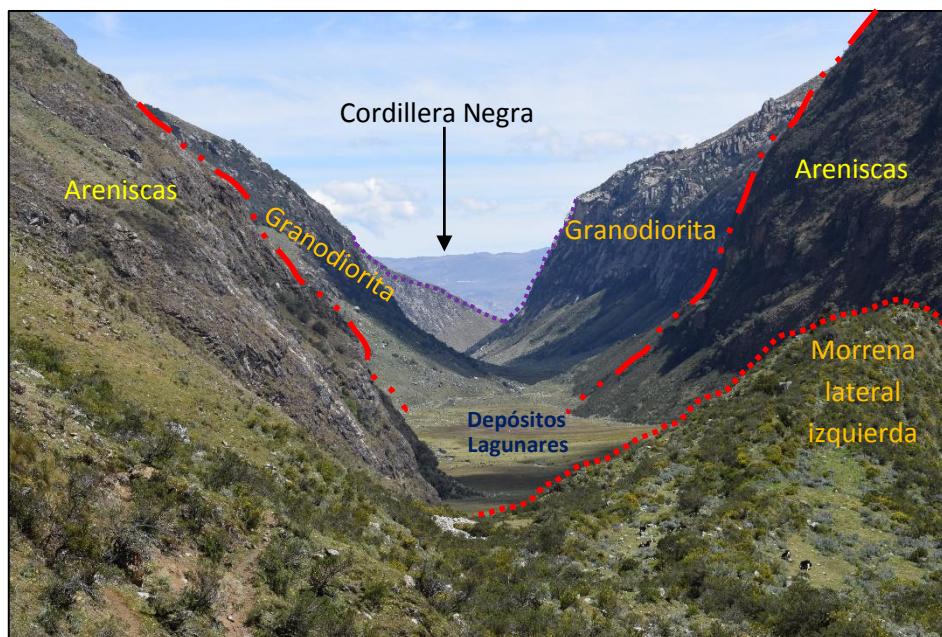
Por otro lado, las edades obtenidas por el método K/Ar en el Batolito de la Cordillera Blanca, corresponde al Mio-Plioceno, variando entre los 16 a $2,7 \pm 0.4$ M.A. con una agrupación de 9 M.A. (Stewart et al, 1974) Según (INGEMMET, 1995).

En campo se pudo constatar este tipo de litología presente en esta subcuenca, donde se evidencia que las rocas intrusivas presentan cierto grado de foliación, ésta foliación

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

se hace más notaría en muestras cercanas a la falla de la Cordillera Blanca. Así mismo se tomó y recolectó muestras de campo para ser enviadas al laboratorio para su respectivo estudio petrográfico, dando como resultado rocas tipo Metagranodioritas y metatonalitas, debido al metamorfismo de contacto entre rocas intrusivas y rocas sedimentarias. (Ver Fotografía 09)

Fotografía N° 09: Afloramiento Rocoso del Batolito de la Cordillera Blanca. Zona de contacto, entre las areniscas de la Fm. Chicama y granodiorita del Batolito de la Cordillera Blanca.



Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

Se ha extraído una muestra de roca representativa (**EMG-P12**) 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.

EMG-P12

Clasificación de la roca: METAGRANODIORITA-PROBABLE PROTOLITO: GRANODIORITA

Descripción Macroscópica: Roca compacta no foliada de color blanco grisáceo con tonalidades rosáceas. Se encuentra compuesto por cristales de plagioclasas, feldespatos potásicos, blastos de cuarzo y ferromagnesianos (biotita). Presenta débil magnetismo. (Ver Fotografía 10).

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

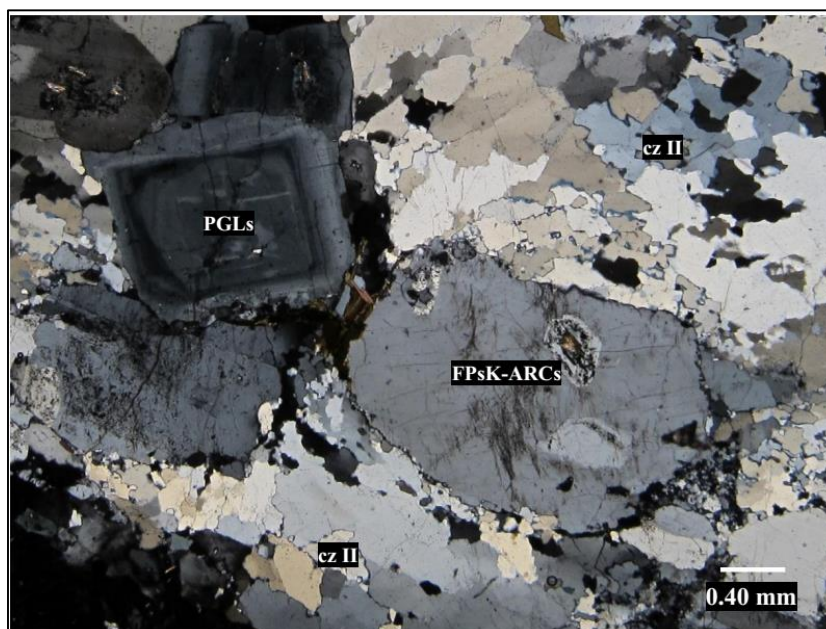
Fotografía N° 10: Vista Macroscópica de una Muestra de Granodiorita Representativas.



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

Descripción Macroscópica: Roca metamórfica con textura porfidoblástica, la cual se encuentra formada por cristales y blastos de plagioclasas, feldespatos potásicos, y cuarzo I, englobados por una matriz de agregados granoblásticos irregulares, en forma de mosaico de cuarzo II, y blastos de biotita y muscovita. Asimismo se aprecian minerales accesorios como apatito. La roca se encuentra débilmente alterada por arcillas, sericita y cloritas. Los minerales opacos ocurren diseminados en la muestra y asociados a ferromagnesianos.

Fotografía N° 11: Vista Microscópica de una Muestra Granodiorítica Representativa.



Cristales de feldespatos potásicos alterados a arcillas (FPsK-ARCs), plagioclasas zonadas (PGLs) y agregados granoblásticos de cuarzo II con contactos suturados (cz II). Fotografíamicrografía en LT-NX.

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

La superficie que ocupa el batolotio de la Cordillera Blanca es 2193.0705 Ha., siendo el 20.43 % del área.

2.2.1.4. Depósitos Cuaternarios:

Son depósitos formados en la era cuaternaria (Pleistocénica y Holocénica) hasta nuestros tiempos. El tiempo transcurrido durante esta era es de aproximadamente un millón de años y corresponden a: depósitos de origen glaciárico, lacustrinos, fluvioglaciares, coluviales, fluviales y aluvionales.

2.2.1.4.1. Depósitos glaciáricos(Q-gl)

Corresponden a los depósitos acumulados directamente por la acción geodinámica de los glaciares. Caracterizados por presentar acumulaciones de morrenas, las que están compuestas por material heterogéneo producto de la actividad glaciárica pleistocénica y de glaciaciones recientes. Sus sedimentos son sueltos, conformados por partículas de diferentes tamaños sin estratificación, ni clasificación. Están compuestos por arcillas, grava y bloques angulosos a subangulosos, envueltos en una matriz arenosa y limoarcillosa, son poco compactos, forman crestas y lomadas alargadas. Son los depósitos cuaternarios no consolidados más antiguos que existen en la quebrada. (Ver Fotografía 12).

Fotografía N° 12: Vista de un Depósito Cuaternario Glaciárico



Fuente: INAIGEM, Septiembre 2017.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 13: Matriz de un Depósito Glaciárico Representativo



Depósitos glaciáricos: se visualiza un conglomerado de fragmentos de roca en matriz limo arenosa de compacidad de baja a media.

Fuente: INAIGEM, Septiembre 2017.

La superficie que ocupa los depósitos glaciáricos es 384.1360 Ha, siendo el 42.96% del área.

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. En la subcuenca del río Pariac estos depósitos están localizados en diferentes lugares y niveles de la parte media y alta de dicha subcuenca. Estos depósitos lagunares se encuentran, dispuestos en bancos sub horizontales constituidos por material fino arenoarcilloso (limos, arcillas, etc.), a los que algunas veces se intercalan con gravas y delgados conglomerados (capas de materiales gruesos: arenas y gravas – sistema fluvial) en menor proporción. (Ver Fotografía 14).

Fotografía N° 14: Vista de un Depósito Cuaternario Lacustrino.



Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 15: Perfil de un Depósito Lacustrino.



Fuente: INAIGEM, Mayo 2017.

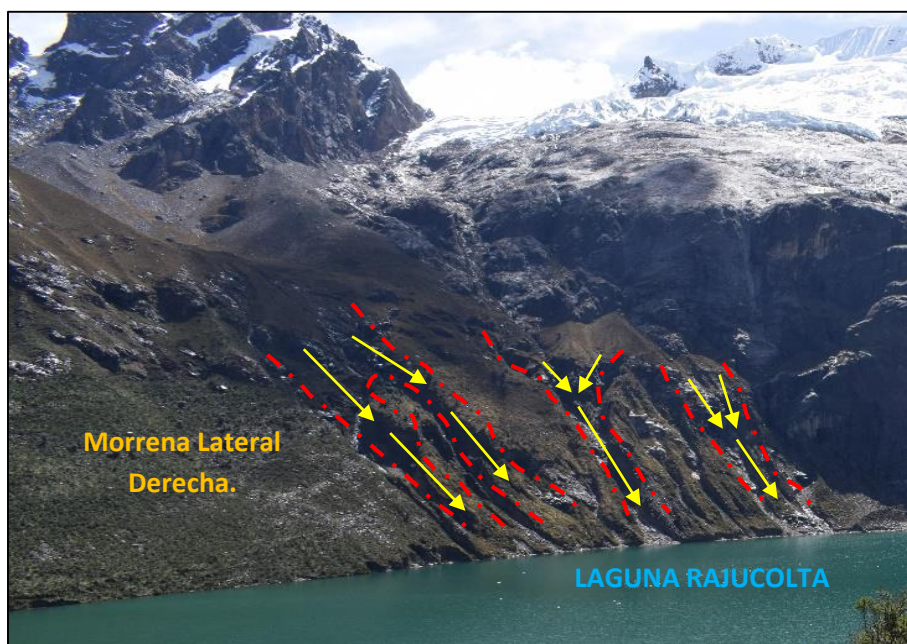
La superficie que ocupa los depósitos lacustrino (Q-la) es 63.0578 Ha, siendo el 0.59% del área.

2.2.1.4.3. Depósitos Fluvioglaciares (Q-fgl).

Constituyen un movimiento en masa fluidificado por el agua, el cual implica una mayor deformación interna que un deslizamiento. Los movimientos tienen lugar sobre un gran número de pequeñas superficies de cizalla, ya que el contenido de agua en la masa es tan alto que llega a comportarse como un fluido. Estos flujos hídricos lo encontramos sobre la morrena lateral derecha de la laguna Rajucolta, generados por el flujo de agua proveniente de la fusión del hielo glaciar del nevado Huantsan. (Ver Fotografía 16).

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 16: Vista de un Depósito Cuaternario Fluvioglacial.



Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

Fotografía N° 17: Matriz de un Depósito Fluvioglacial Representativo.



Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

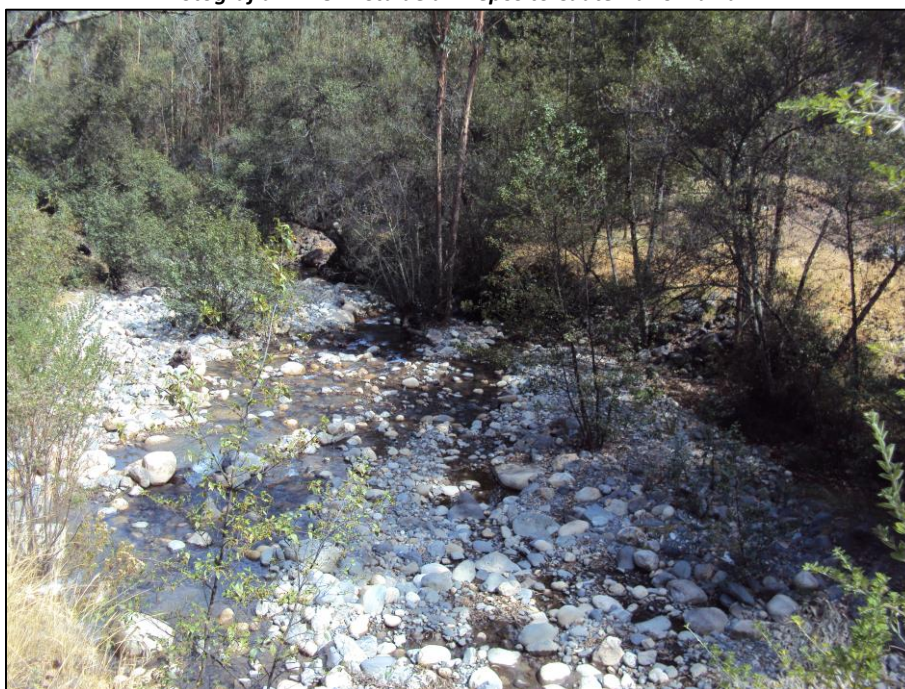
La superficie que ocupa los depósitos fluvioglaciares (Q-fgl) es 97.0571 Ha, siendo el 0.90% del área.

2.2.1.4.4. Depósitos Fluviales(Q-fl)

Constituyen los materiales ubicados en el cauce o lecho del río Pariac y quebradas afluentes a dicha subcuenca. Éstos depósitos están constituidos por cantos y gravas subredondeadas en matriz arenosa o limosa, mezcla de lentes arenosos y areno-limosos; son depósitos inconsolidados a poco consolidados hasta sueltos, fácilmente removibles y su permeabilidad es alta. (Ver Fotografía 18).

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 18: Vista de un Depósito Cuaternario Fluvial.



Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

Fotografía N° 19: Matriz de un Depósito Fluvial Representativo.



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

La superficie que ocupa los depósitos fluviales (Q-fl) es 88.7183 Ha, siendo el 0.83% del área.

2.2.1.4.5. Depósitos Coluviales (Q-co)

Conocidos también como depósitos de pie de monte de origen gravitacional y fluvio-gravitacional. Los depósitos coluviales o de caída se les reconoce por su geometría y son producto de movimientos complejos, etc.; su fuente de origen es cercana; generalmente se presentan sueltos a muy sueltos, pero pueden presentar algo de

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

consolidación cuando son relativamente más antiguos, dependiendo de la matriz que los engloba. Su distribución mayormente caótica al pie de los taludes, constituyen talud de escombros, detritos de ladera, piedemonte; que originan pequeños abanicos en su pie.

Estos depósitos se acumulan en las márgenes del valle glaciar de la subcuenca del río Pariac, como también en sus laderas superiores. Están conformados por material, generalmente grueso, de naturaleza homogénea y heterométricos, mezclados con materiales finos como arena, limo y arcilla en menor proporción. (Ver Fotografía 20).

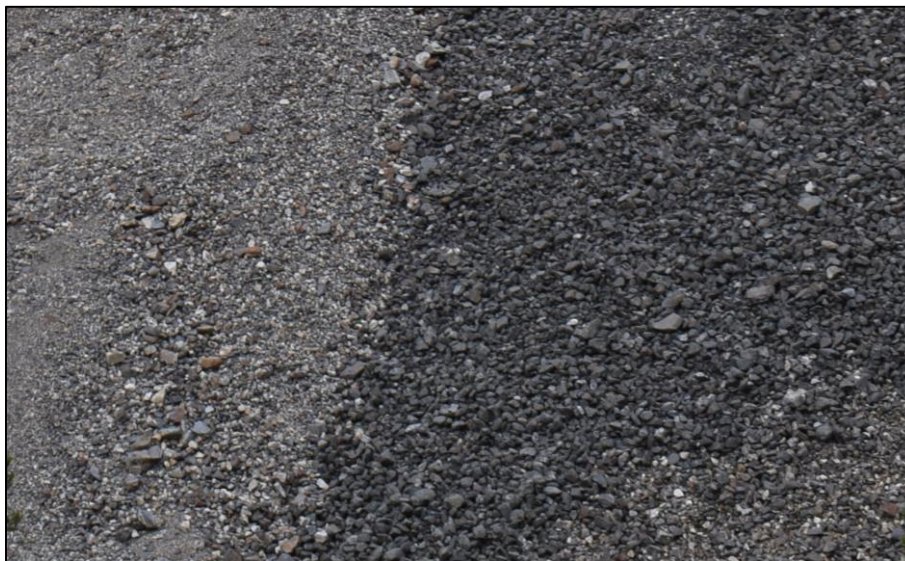
Fotografía N° 20: Vista de un Depósito Cuaternario Coluvial



Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 21: Matriz de un Depósito Coluvial Representativo.



Fuente: INAIGEM, Junio 2017.

La superficie que ocupa los depósitos Coluviales (Q-co) es 61.8107 Ha, siendo el 0.58% del área.

2.2.1.4.6. 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 el valle principal y algunos tributarios mayores del río Pariac. Estos depósitos los encontramos semiconsolidados, algunos de ellos presentan cierto grado de consolidación, erosionados por el cauce actual del río Pariac, 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 geoformas de surcos y cárcavas característico en la parte baja y media de esta subcuenca. (Ver Fotografía 22).

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 22: Vista de un Depósito Cuaternario Aluvional.



Fuente: INAIGEM, Septiembre 2017.

Fotografía N° 23: Matriz de un Depósito Aluvional Representativo.



Fuente: INAIGEM, Septiembre 2017.

La superficie que ocupa los depósitos Aluvionales (Q-alv) es 633.2491 Ha, siendo el 5.90% del área.

2.3. Geología Histórica

2.3.1. Evolución Paleogeográfica

La actual configuración de la Cordillera Blanca es producto de una serie de fases tectónicas. El área de estudio es producto principalmente de 3 fases tectónicas para tener el relieve que se muestra en la actualidad. 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, finalmente en el Holoceno tenemos la fase de reactivación de fallas como la falla de la Cordillera Blanca.

2.3.1.1. Jurásico Superior (Fase Nevadiana)

(INGEMMET, 1995), indica que 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.

2.3.1.2. 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 morfotectónica; está asociada al magmatismo extrusivo del miembro superior del Grupo Calipuy, el magmatismo intrusivo del Batolito de la Cordillera Blanca, fases de mineralización.

2.3.1.3. Holoceno (Cuaternario Reciente)

Esta fase está asociada a la reactivación de fallas antiguas de basamento, actividad sísmica y volcánica reciente.

Corresponde al cuaternario reciente, es decir a los últimos 11,000 años, tiempo en el cual el territorio peruano llega 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 desérticas de la costa.

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

2.3.2. Glaciaciones

(INGEMMET, 1967), 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 y el macizo de Rosko, donde es común encontrar depósitos glaciáricos a altitudes de 4600 – 4800 m. Ejemplo de ello, se encuentran en los flancos altos de los nevados Huandoy y Matarrajo.

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 las partes altas de las Cordilleras Negra y Oriental se muestran abundantes ejemplos, relativamente pequeños de circos glaciares, valles en forma de “U”, morrenas, lagunas y otros. En ambos casos, el límite inferior indicado por depósitos glaciáricos, se encontraban cerca de 3400 msnm.

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.

Hay que notar que los valles glaciares más importantes de la Cordillera Blanca, están asociadas a fallas o zonas de fracturamiento.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

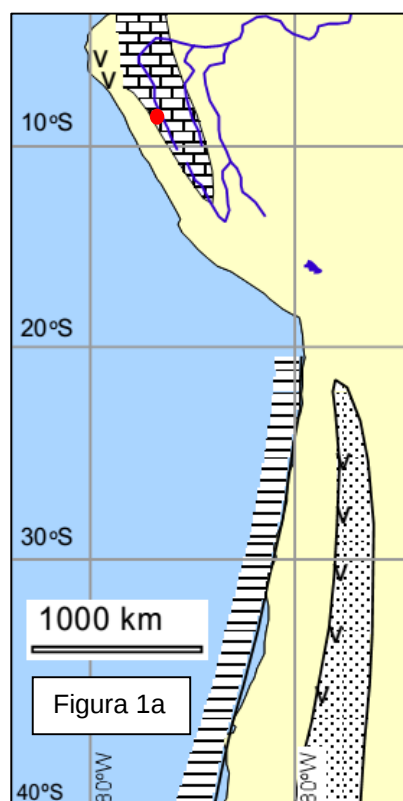
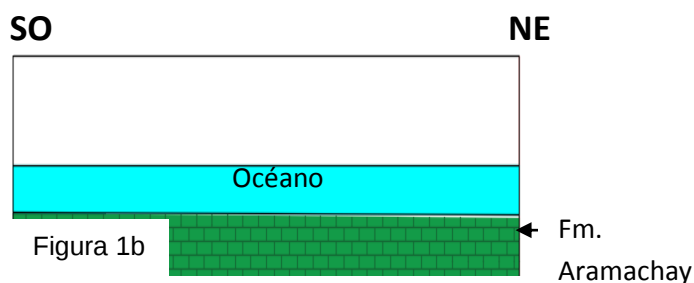
El material derivado de la Cordillera Blanca, se depositó en los terrenos bajos adyacentes como depósitos glaciáricos y extensos mantos fluvio-glaciares. Los depósitos glaciáricos son abundantes al pie del flanco Occidental de la cordillera (Quebrada Honda, Llanganuco, etc.). Se aprecia el mismo fenómeno en menor escala, en el flanco Oriental.

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

A través de los siguientes párrafos, se ha reconstruido una breve explicación histórica de las formaciones geológicas que son parte del basamento rocoso existente en el área de estudio. Las figuras denominadas como 1a, 2a, 3a, 4a, 5ª, 6ª, 7a y 8a, se han tomado como base de la información científica de (Auboin, J.A., et. al, 1973), (INGEMMET, 1986) y (Jour. GesP. Soc , 1990). A continuación tenemos:

Primera Etapa:

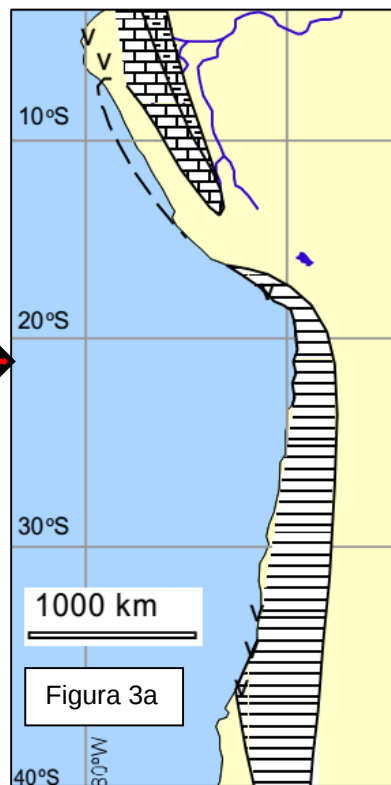
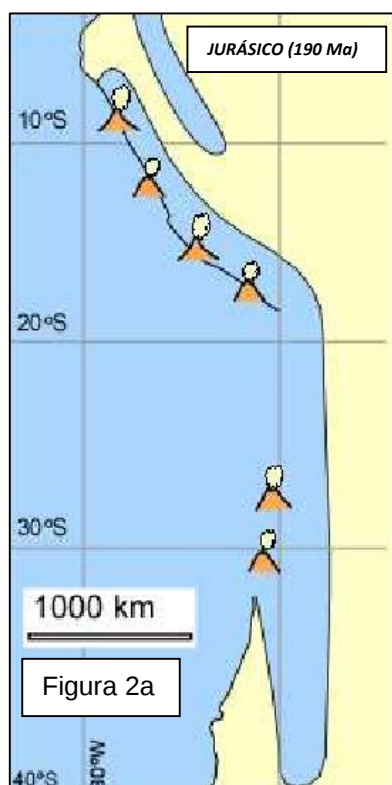
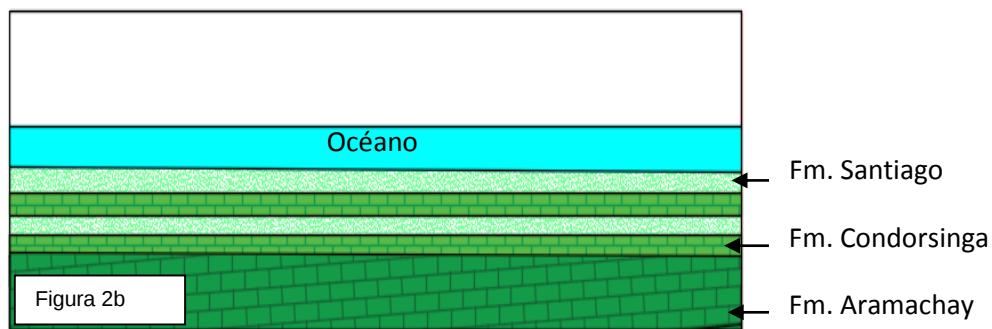
A finales del Triásico Superior en la zona de estudio que corresponde a la parte norte de lo que hoy es la Cordillera Blanca, se forma la cuenca Jurásica, donde hubieron movimientos sucesivos de levantamiento que separa el mar de la Cuenca continental, de esta forma se deposita en forma inicial, sedimentos de facies mayormente marinas de la Formación Aramachay y Chambará. Punto en rojo (Figura 1a) es la zona de estudio aproximado.



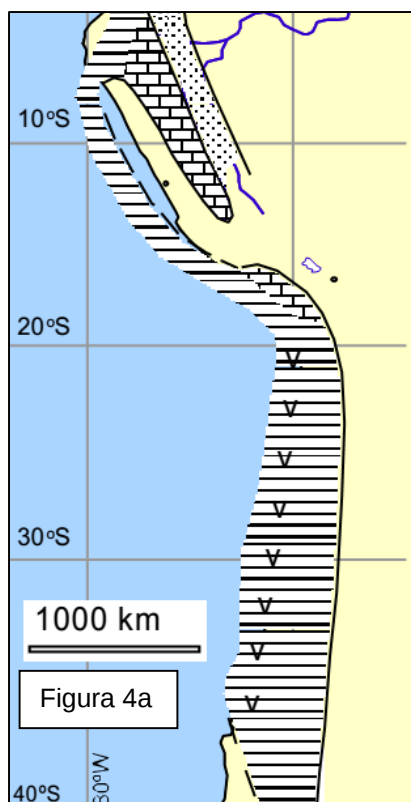
Posteriormente ocurrió eventos de subsidencia por parte de esta cadena lo cual permitió la invasión marina que ocasionó la sedimentación de calizas y lutitas, de la formación Condorsinga y la formación Santiago respectivamente.

Segunda Etapa (Jurásico inferior):

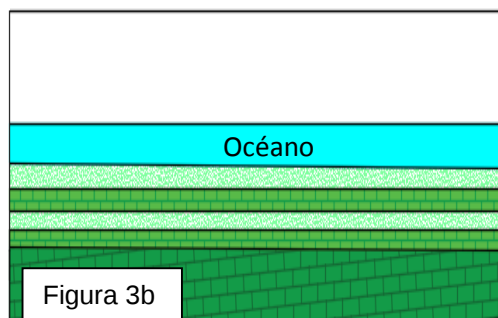
En tiempos del Jurásico Inferior, las transgresiones progresan lográndose unir el mar de Abancay con el Suroeste. A finales del Jurásico inferior, luego de esta subsidencia, hubo levantamientos que formaron cadenas no muy pronunciadas, vinculados a la Tectónica Nevadiana, donde predominaron aguas continentales que pudieron haberse mezclado con aguas marinas.

SO**NE**

Tercera Etapa (Jurásico Medio):



Al finalizar el Jurásico inferior se producen regresiones, tanto en la parte Norte como en la 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.

SO
NE


← Fm. Chunumayo

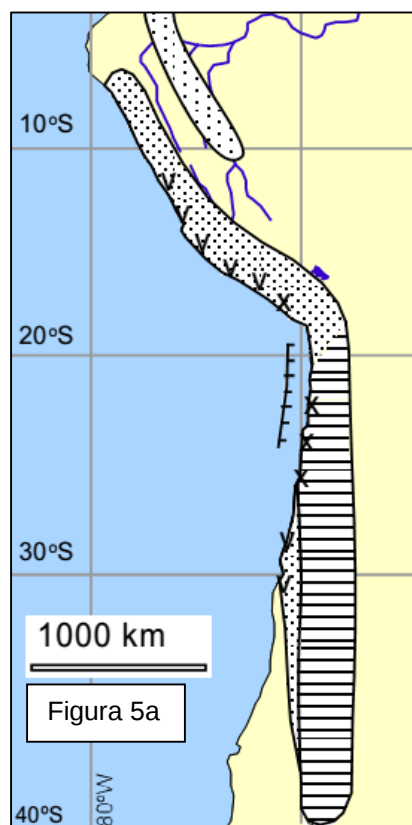
← Fm. Cercapuquio

← Fm. Socosani

Cuarta Etapa (Jurásico Superior→Fase Nevadiana):

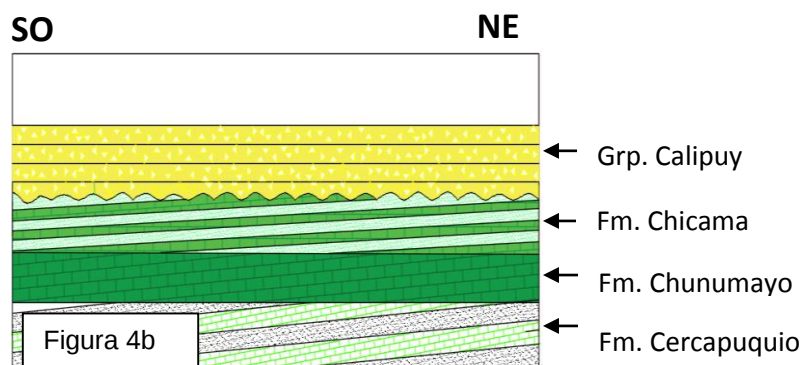
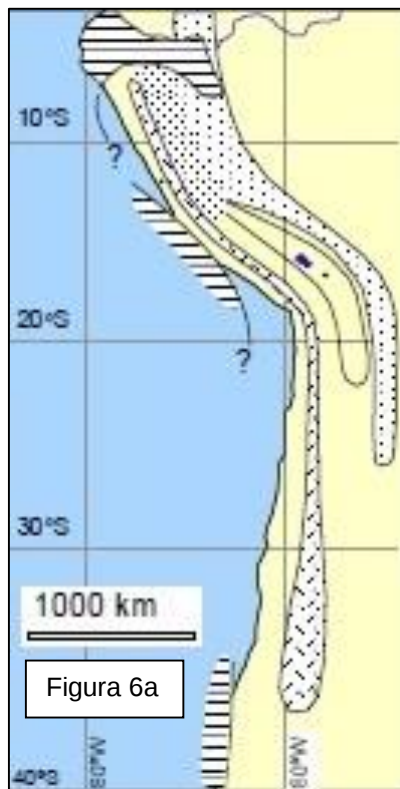
A fines del Jurásico medio y comienzos del superior, los movimientos *nevadianos* provocan una emersión del territorio peruano, marcando una discordancia que se ubica entre el Titoniano y el Bajociano correspondiendo ello a una importante epirogénesis. Este levantamiento determina en el centro y norte 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.

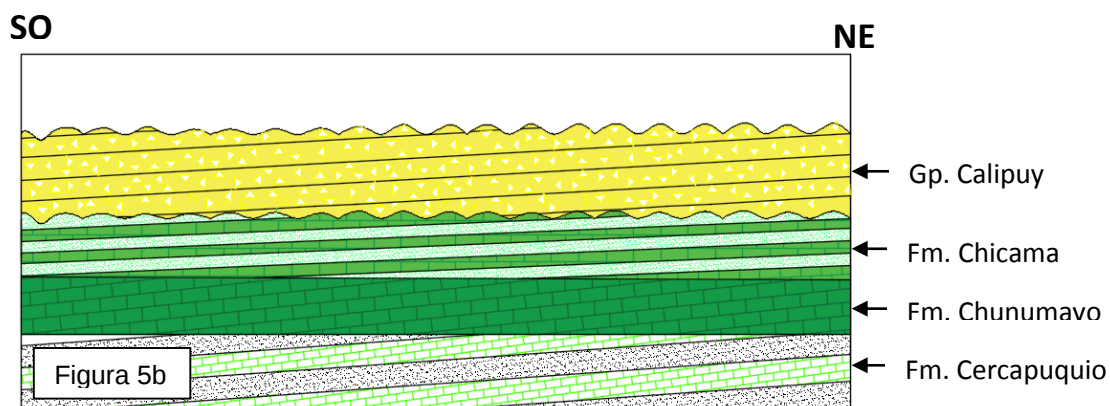


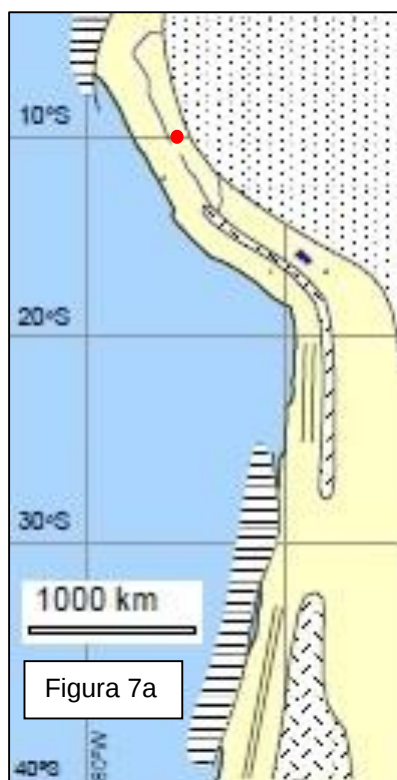
Quinta Etapa:

Durante el levantamiento de los Andes se produce la erosión y el depósito de coladas volcánicas de composición andesítica llamado Grupo Calipuy.

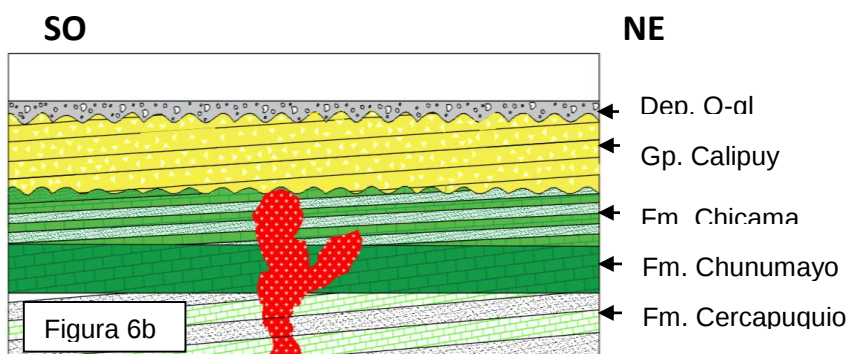
**Sexta Etapa**

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.

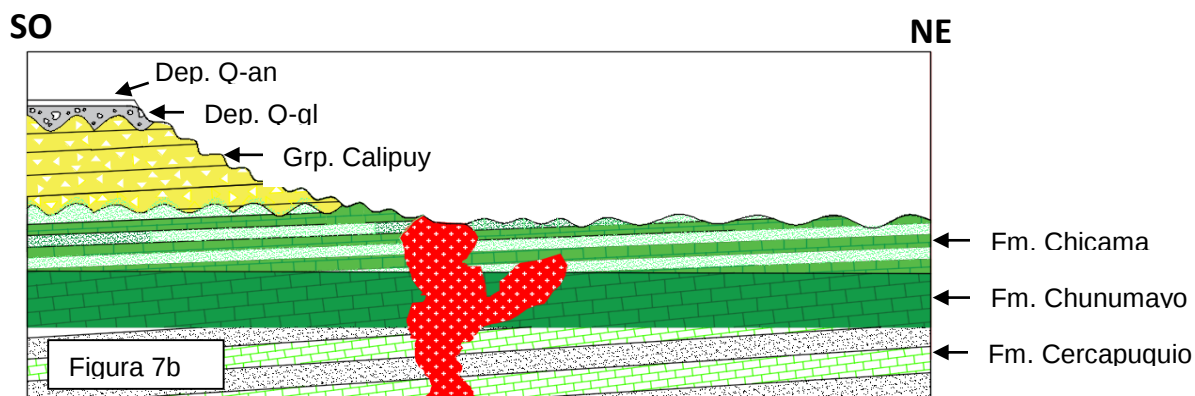


Séptima Etapa:


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-ca_i).


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 glaciárica. Finalmente, los depósitos coluviales son parte del paisaje actual junto con los depósitos cuaternarios antrópicos (Q-an), de origen humano.



2.4. Geodinámica Interna

2.4.1. Tectónica

Regionalmente el flanco occidental y oriental de la Cordillera Blanca ha sufrido un intenso tectonismo, con movimientos que han actuado en determinadas etapas de la evolución geológica, durante el cretáceo, Terciario y Cuaternario (Neotectónica). Como consecuencia de ello se han creado distintos rasgos estructurales (Pliegues, fallas, diaclasas, foliaciones, grietas, etc.), de diferente magnitud y jerarquía. Caracterizando al batolito de Cordillera Blanca que ha levantado a los estratos de roca sedimentaria de la formación Chicama (Js-Ch) con sistemas de pliegues paralelos de anticlinales y sinclinales en la subcuenca del río Pariac.

Localmente en dicha subcuenca, estas estructuras son poco visibles, sin embargo se puede observar algunas estructuras plegadas en la cabecera de la subcuenca. Mientras que en la parte media se observa estructuras falladas, caracterizadas por presentar el rumbo andino. Estas fallas locales están directamente relacionadas con la falla de la Cordillera Blanca, y se manifiestan como grietas abiertas que van separando bloques que en forma consecutiva desprendiéndose en favor de la pendiente. Por tanto la Tectónica sería, en definitiva, la responsable de la creación de relieves estructurales.

2.4.1.1. Geología Estructural

La estructura más importante en el entorno de la laguna Rajucolta es la falla de la Cordillera Blanca; esta se encuentra aproximadamente a 7 km aguas abajo de la laguna y separa dos ambientes con características morfológicas diferentes. El entorno de la laguna Rajucolta ha sufrido un intenso tectonismo regional, resaltando en forma local dos direcciones dominantes: uno más regional paralelo al eje principal de la quebrada Pariac con orientación NE-SO y otro más local NO-SE, casi en forma transversal a la anterior. Ambos sistemas tienen fuerte inclinación, siendo casi verticales sobre la margen izquierda de la quebrada, aguas abajo de la laguna. Sobre las estructuras con orientación NO-SE, se observa una mayor presencia de mineralización secundaria, aportando minerales pesados con abundante óxidos de fierro hacia la quebrada Pariac que lentamente pueden degradar la calidad del agua de esta subcuenca.

La intensidad de fracturas, también determinan el nivel de peligrosidad de la laguna, sobre todo cuando la dirección de los lineamientos se orienta hacia la cubeta; éste no es el caso de la laguna Rajucolta, por que durante la inspección técnica realizada, no se ha identificado un lineamiento estructural inestable que se oriente a la laguna, ni sobre el dique de regulación existente.

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. Además, hay un tercer juego de diaclasas subhorizontales. Muchas de ellas muestran evidencias de movimiento o asociación con estrías de fallamiento.

2.4.1.3. Neotectónica

En cuanto a la Neotectónica se tiene dos sistemas que se encuentran emplazados en el batolito de la Cordillera Blanca, que son, parcialmente, sísmicamente activos:

El sistema de fallamiento al Noreste de la Cordillera Blanca, constituido por un complejo de fallas de sobrescurrimiento y normales, que viene del Sur, desde la latitud 13°S y es paralelo al eje andino. El fallamiento se emplaza dentro de las unidades Cretácicas-Jurásicas y muestra un ancho conocido de 30 Km.

Otro sistema de fallamiento está constituido por las escarpes de falla de la Cordillera Blanca y se le conoce como Falla de la cordillera Blanca, la longitud total es de 180 a 200 Km., siendo una de las fallas geológicas neotectónicas más importantes de la zona, iniciándose posiblemente al sur de la laguna Conococha y se extiende hasta el nevado Rosco. Se distinguen tres segmentos: el norte, donde la escarpa es alta y parada y la línea de falla es simple; el central donde la línea se ondula y forma una punta al noreste de Huaraz (ubicación de la subcuenca del río Pariac); y el sur, formado por muchas escarpas de fallas más pequeñas que corren discontinuadamente en echelon. Por evidencia geológica se demuestra que la falla de la cordillera Blanca ha ocurrido progresivamente en el cuaternario.

2.4.1.4. Sismología

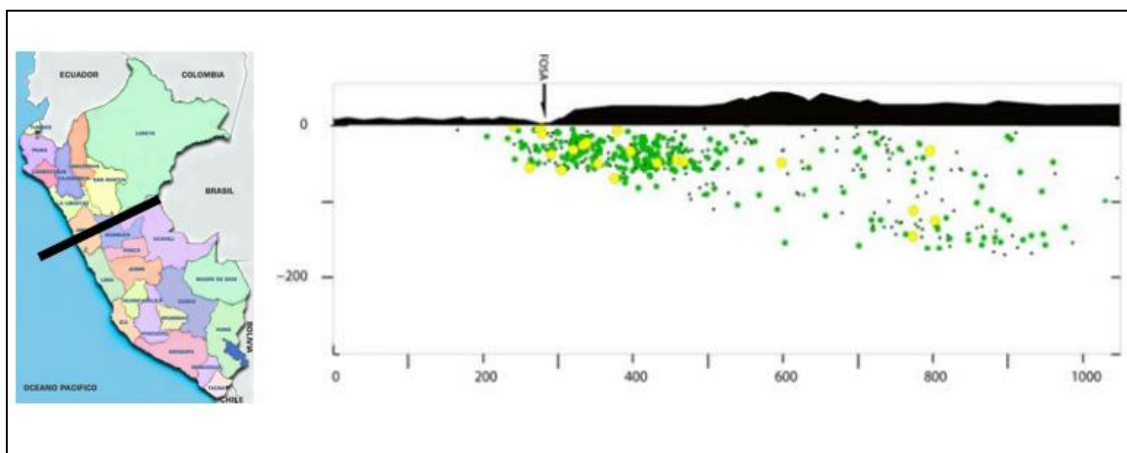
El análisis de la sismicidad histórica de los últimos 100 años registra altos niveles de actividad sísmica, donde la mayoría de los sismos identificados corresponden a eventos superficiales (<60 km), cuyos epicentros se presentan en la zona del contacto de la Placa Sudamericana con la Placa de Nazca, 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).

Así mismo la actividad sísmica en la subcuenca del río Pariac, está asociada al sistema de fallamientos constituido por las escarpas de falla de la Cordillera Blanca, que se le conoce como Falla de la Cordillera Blanca, constituido por un complejo de fallas

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

normales. La actividad sísmica se da debido al cambio de dirección de esfuerzos tectónicos asociados a la Falla de la Cordillera Blanca.

Figura N° 8: Perfil topográfico y sismológico de la Subcuenca del río Pariac, se observan que los sismos >5 Mb (círculos amarillos) representan en 20%, mientras que los sismos < 5 Mb (círculos verdes), representan el 80%.



FUENTE: Modificado de Uribe, 2008.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Introducción

En este contexto se analizó los rasgos geomorfológicos en la subcuenca del río Pariac, desde la cabecera de la subcuenca hasta la confluencia con la cuenca del río Santa, donde se han diferenciado las siguientes unidades geomorfológicas:

3.2. Geomorfología Regional

Los rasgos morfológicos de esta subcuenca, son el resultado de procesos erosivos de origen glaciar, que han cortado afloramientos compactos del batolito de la Cordillera Blanca y rocas sedimentarias de la formación Chicama, dando lugar a formas topográficas accidentadas con diferentes pendientes. Regionalmente, las unidades geomorfológicas están representadas por cauces fluviales activos, fondo de valle glaciar, lomadas y colinas, laderas de montaña, vertientes montañosas y nevadas.

3.2.1. Relieve Montañoso

El 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%. (FAO , 1968) La Subcuenca del río Pariac cuenta con relieve montañoso, el cual se compone de elevaciones naturales de altura considerable, así mismo cuenta con cordilleras y otros tipos de elevaciones.

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 superficie 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

Un 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. En la subcuenca del río Pariac los relieves colinosos los encontramos a partir de la parte media y parte baja de dicha subcuenca.

3.3. Parámetros geomorfológicos de la Subcuenca

Esta actividad consiste en identificar, delimitar, determinar, Interpretar y analizar dichos parámetros para el estudio de la subcuenca hidrográfica del río Pariac.

3.3.1. Área (A)

Proyección horizontal de toda el área de drenaje de sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural. Unidad: Km².

Área (A): 107.35661 Km²

3.3.2. Perímetro (P)

Es el borde la forma de la subcuenca proyectada en un plano horizontal.

Perímetro (P): 63.720546 Km

3.3.3. Parámetros de Forma:

Coeficiente de compacidad o Gravelius (K), en donde se relaciona el cociente que existe entre el perímetro (P) de la subcuenca con respecto al perímetro (P₀) de un círculo de la misma área de la cuenca (A).

$$K = Ic = \frac{P}{P_0} = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

$$K = 1.7219$$

En subcuencas:

- Si $K = 1$ Es una subcuenca regular.
- Si $K \neq 1$ Es una subcuenca irregular.

Por ende la subcuenca del río Pariac es una subcuenca irregular.

3.4. Geomorfogénesis de la subcuenca

El inminente retroceso glaciar en el Perú y en los trópicos fundamentalmente, debido al cambio climático; ha generado que los dos flancos de la cadena montañosa de la Cordillera Blanca, hayan sufrido las consecuencias de la variabilidad dinámica de esta masa de hielo, básicamente relacionadas con el retroceso glaciar que ha erosionado la Cordillera Blanca, originado la formación de valles glaciares, valles fluviales, nuevas lagunas, quebradas, montañas con fuerte pendiente, colinas, etc. dando así origen a la subcuenca del río Pariac, que a la vez es parte de la cuenca del río Santa.

3.5. Unidades geomorfológicas

Laderas

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 carcaveos profundos y ruptura de pendientes en 1ro y 2do orden, esta zona tiene mayor intervención agrícola, por ende mayor problema de erosión.

Fotografía N° 24: Laderas de montaña moderadamente empinadas, quebrada de Pariac.



Fuente: INAIGEM, Mayo 2017.

Laderas de montaña fuertemente empinadas (Lmfe)

Su pendiente va de 50% a 70%, generalmente ubicados en la cabecera de la subcuenca del río Pariac y a lo largo de ambas márgenes del río Pariac. Los fenómenos que se presentan son a menudo desprendimiento de rocas. En la Fotografía N° 25 se observa un cambio de laderas moderadas a fuertemente empinadas.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 25: Laderas de montaña fuertemente empinadas, sobre la morrena lateral izquierda de la laguna Rajucolta.



Fuente: INAIGEM, Mayo 2017.

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° 26: Colinas altas moderadamente disectadas, quebrada Pariac.



Fuente: INAIGEM, Mayo 2017.

Colinas altas fuertemente disectadas (Cafd)

Se han mapeado superficies de gran extensión, éstas geoformas se evidencian en la parte baja de la subcuenca del río Pariac, 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.

Fotografía N° 27: Colinas altas fuertemente disectadas, (a) Término del valle glaciar, quebrada Pariac. (b) parte baja de la quebrada.



Fuente: INAIGEM, Mayo 2017.

Depresión Intramontañosa**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 Pariac, que se depositan en ambos márgenes del cauce en los lugares donde la pendiente del río Pariac es menor, por lo que su capacidad de arrastre también es menor.

Fotografía N° 28: Terraza Fluvial (Tfl), río Pariac.



Fuente: INAIGEM, Mayo 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° 29).

Fotografía N° 29: Terraza Aluvional (Talv), parte media de la subcuenca del río Pariac.



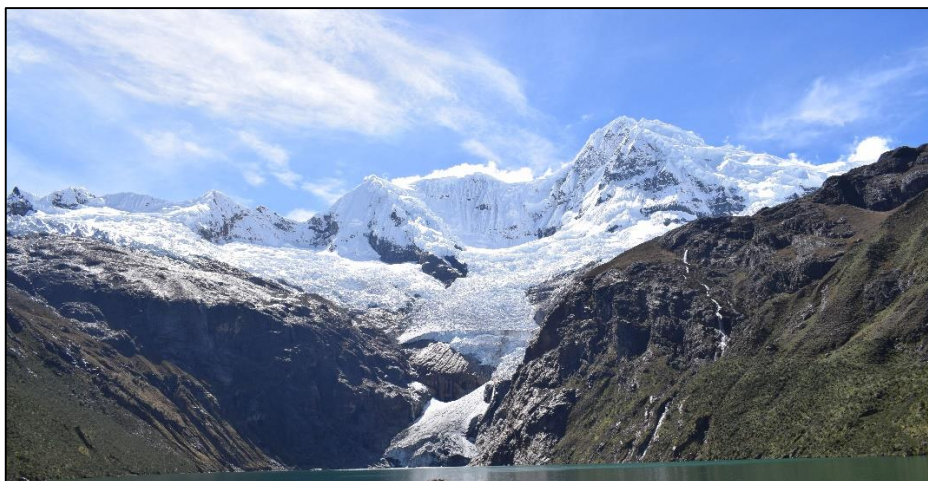
Fuente: INAIGEM, Mayo 2017.

Glaciar, comprendido por el nevado Huantsan con 6.369 msnm (Ver Fotografía N° 30). El circo glaciar del nevado Huantsan (Figura N° 8), está sujetos a las variaciones climatológicas regionales. La acumulación en el nevado Huantsan se da por las

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

precipitaciones sólidas (nieve, granizo, escarcha) durante el periodo lluvioso del año. Por su naturaleza éste nevado está asociado a avalanchas o aludes, derrumbes, caída de rocas y detritos.

Fotografía N° 30: Nevado Huantsan, se observa que la lengua glaciar aún está en contacto con la laguna Rajucolta.



Fuente: INAIGEM, Mayo 2017.

Figura N° 8. Circo glaciar, en el nevado Huantsan. (Imagen tomada del Google Earth, 2016).



Laguna, debido al retroceso del frente glaciar del nevado Huantsan, dio origen a la laguna Rajucolta, donde se evidencia que el vaso de la laguna está asentado en sus lados laterales en dos morrenas y hacia la parte posterior está constituida por roca sedimentaria. (Ver Fotografías N° 31).

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Morrenas de fondo de valle glaciar, conforman la laguna Rajucolta, 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 la laguna en la morrena lateral derecha. (Ver Fotografía N° 31).

Fotografía N° 31. Morrenas de fondo de valle glaciar que conforman la laguna Rajucolta.



Fuente: INAIGEM, Mayo 2017.

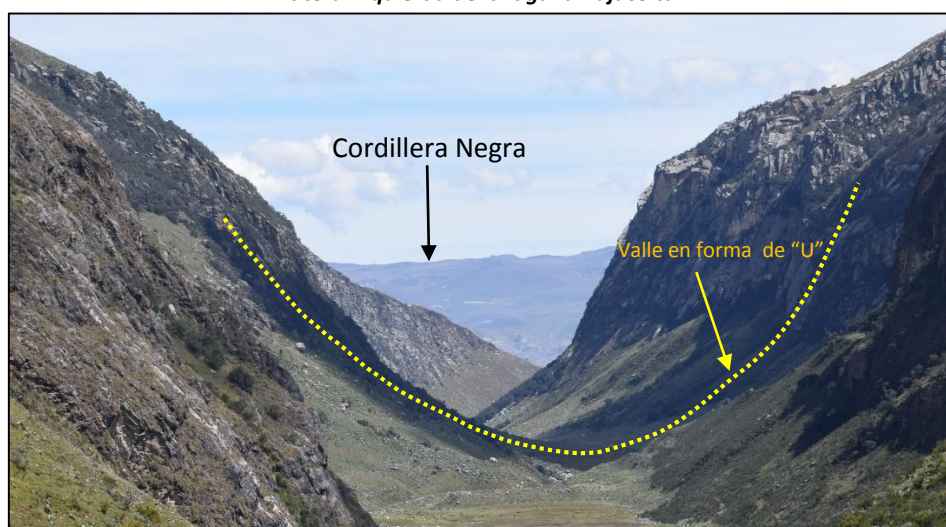
Morrenas Colgadas, esta geoforma se presentan hacia la pared alta del valle glaciar (Figura N° 9), cerca de la cumbre, se agrupan en sistemas de depósitos morrénicos colgados. Esta morrena es receptáculo de una neolagunas (Laguna Tururu) que se forman por los deshielos de los nevados y son las más propensas a desencadenar desembalses que podrían ocasionar daño a los poblados que se encuentran en la desembocadura del valle glaciar.

Figura N° 10. Morrenas colgadas, en la subcuenca Pariac (Huaraz). Se observa la formación de lagunas. (Imagen tomada del Google Earth, 2016).



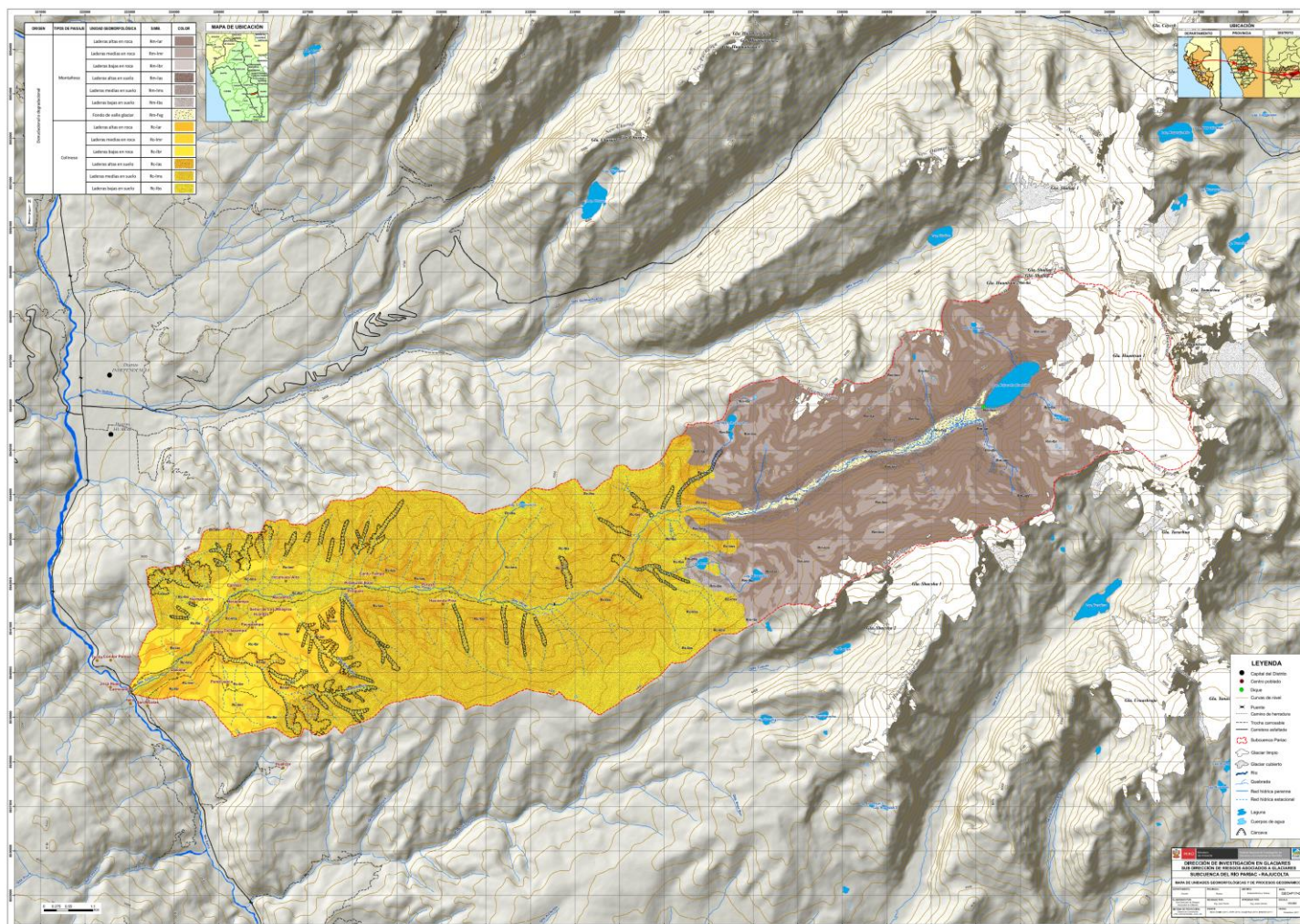
Valles glaciares, tiene la típica forma en “U” (Ver Fotografía N° 03), originado por la acción erosiva de los glaciares. Las pendientes de las laderas varían de un lugar a otro. Los valles glaciares que se encuentran en la quebrada de Pariac presentan pendientes suaves (3° – 5° grados); condicionado 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), en la parte media del Valle glaciar predomina el Batolito de la Cordillera blanca y al término del valle glaciar, tenemos rocas volcánicas (Grupo Calipuy).

Fotografía N° 32. Típico valle glaciar en forma de “U”. Vista aguas abajo. Fotografía tomada sobre la morrena lateral izquierda de la laguna Rajucolta.



Fuente: INAIGEM, Mayo 2017.

Figura 11: Mapa de Unidades Geomorfológicos del Area de Estudio



58

3.6. Zonificación de Pendientes

Para determinar la zonificación de pendientes se tomó como referencia lo establecido en el Reglamento de Clasificación de Tierras D.S. N° 017/2009-AG, en donde se proponen 8 rangos para pendientes largas, con los cuales se procedió a realizar la interpretación respectiva. Se acondicionó una base de datos en la cual se introdujeron todos los datos inherentes a las características topográficas de las unidades del terreno identificadas; se trabajó en la Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM), Zona 18 sur, el Datum utilizado fue el WGS-84.

La clasificación empleada se muestra en la siguiente tabla:

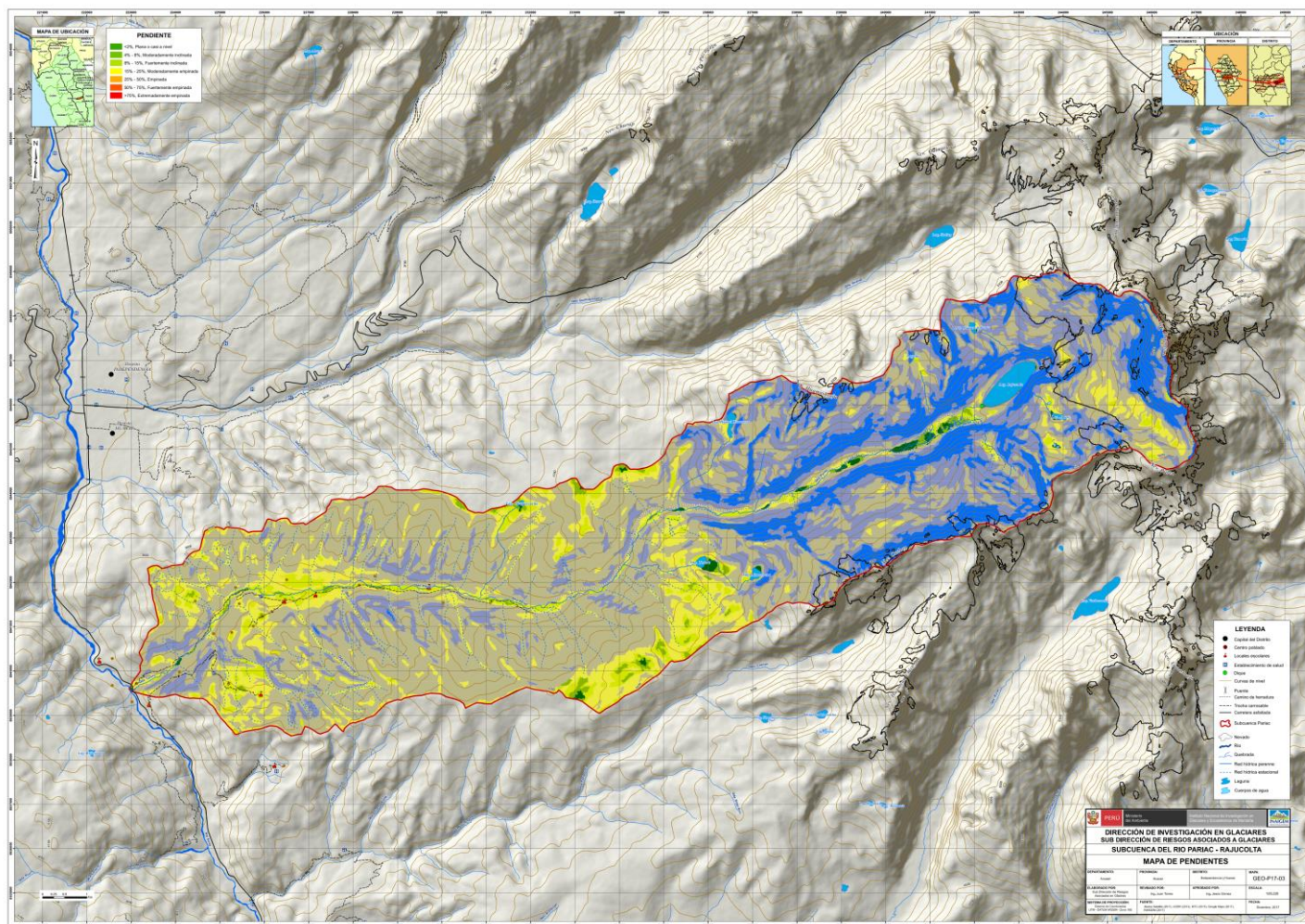
Tabla N° 11: Zonificación de Pendientes.

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.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Figura 12: MAPA DE PENDIENTES



Fuente: INAIGEM, Mayo 2017.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Tabla N° 12: Tabla de clasificación geomorfológica, basa en la zonificación de pendientes de la subcuenca del río Pariac.

GEOL OGÍA	SUSCE PTIBILI DAD	SIMBOLOGÍA GEOMORFOLÓGICA DE MONTAÑA	SIMBOLOGÍA GEOMORFOLÓ GICA DE COLINA	DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA DE MONTAÑAS	DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA DE COLINA
Js-ch	Muy Bajo	Rm-lbr/Rm-fvg	Rc-lbr/Rm-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/Rm-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
Nm- cb/gd,t o	Muy Bajo	Rm-lbr/Rm-fvg	Rc-lbr/Rm-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/Rm-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
PN-vca	Muy Bajo	Rm-lbr/Rm-fvg	Rc-lbr/Rc-fvg	Relieve montañoso con laderas bajas en roca / Relieve montañoso de fondo de valle glaciar	Relieve colinoso con laderas bajas en roca / Relieve colinoso de fondo de valle glaciar
	Bajo	Rm-lbr/Rm-fvg	Rc-lbr/Rc-fvg	Relieve montañoso con laderas bajas en roca / Relieve montañoso de fondo de valle glaciar	Relieve colinoso con laderas bajas en roca / Relieve colinoso de 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
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/Rm-fvg	Relieve montañoso con laderas bajas en suelo /	Relieve colinoso con laderas bajas en suelo / Relieve colinoso



“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

				Relieve montañoso en fondo de valle glaciar	en fondo de valle glaciar
	Bajo	Rm-lbs/Rm-fvg	Rc-lbs/Rm-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	
	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 medias en suelo.
	Alto	Rm-las	Rc-las	Relieve montañoso con	Relieve colinoso con laderas



“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

				laderas altas en suelo.	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, Diciembre 2017

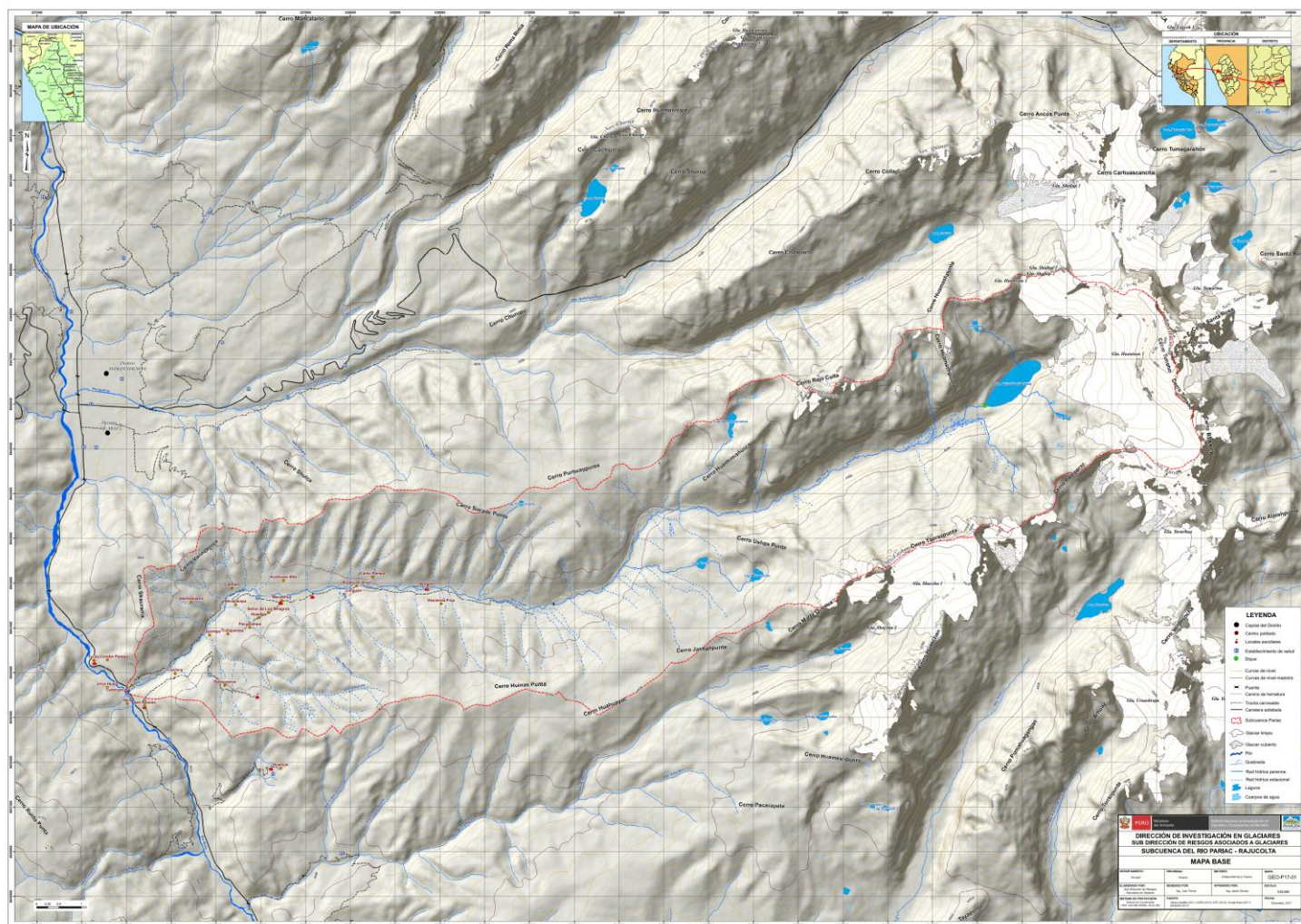


3.7. Zonificación Altitudinal (Planimetría)

Se han utilizado distintos procedimientos y métodos, para lograr representar a escala los detalles del área total, sobre una superficie plana de la subcuenca del río Pariac. 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 obras 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 mapas: Mapa base, mapa de pendientes, mapas geológicos, mapas geomorfológicos-geodinámicos y geotécnicos.

Figura 13: MAPA BASE (PLANIMETRÍA)



65

3.8. Geodinámica Externa

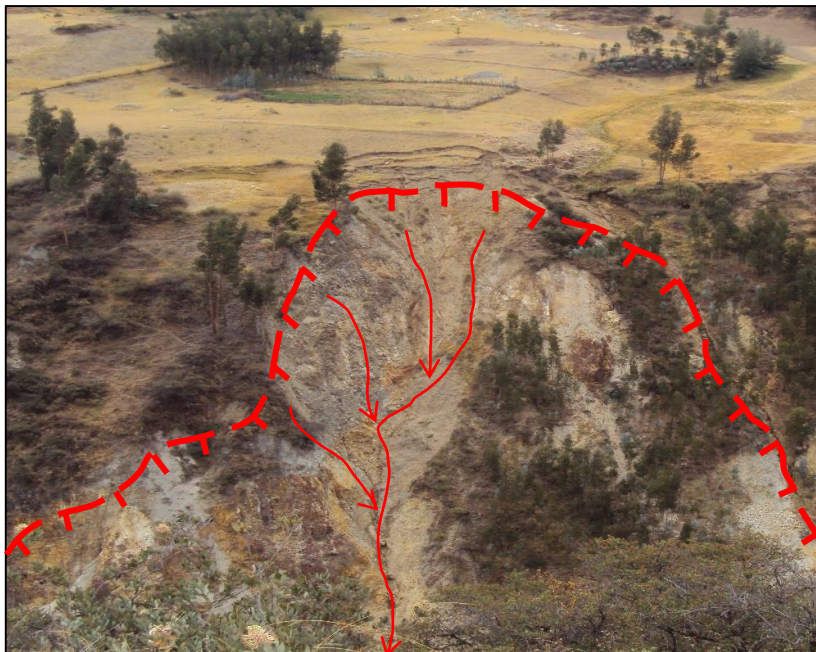
Los fenómenos catalogados como geodinámica externa se presentan muy marcados en algunos sectores de la subcuenca del río Pariac, con implicancias que comprometen la seguridad de los centros poblados, asentados en la parte baja de la subcuenca, obras de ingeniería civil (Diques artificiales, puentes y centrales hidroeléctricas) y terrenos de cultivo. Dicha subcuenca, se encuentra ubicada en una amplia zona inestable por geodinámica externa los cuales pueden reactivarse por efectos hidrometeorológicos y sísmicos. Actualmente ocurren diferentes procesos geodinámicos originados por factores primarios principalmente relacionados a la precipitación pluvial, pendiente del terreno y tipo de material aflorante así como también por factores secundarios como la actividad antrópica y la sismicidad.

Los principales procesos geodinámicos que se han encontrado en la subcuenca del río Pariac se describen a continuación.

3.8.1. Principales Procesos Geodinámicos

Deslizamientos recientes: Son aquellos deslizamientos que se encuentran activos y en frecuente evolución, constituyendo un alto riesgo para obras de ingeniería, centros poblados y terrenos de cultivo, con posibles represamientos de los ríos en la subcuenca de Pariac y sus quebradas aledañas.

Fotografía N° 33. Deslizamiento local, se observa las líneas de arranque, con presencia de flujos hídricos, ubicado en la quebrada Raja Colla.

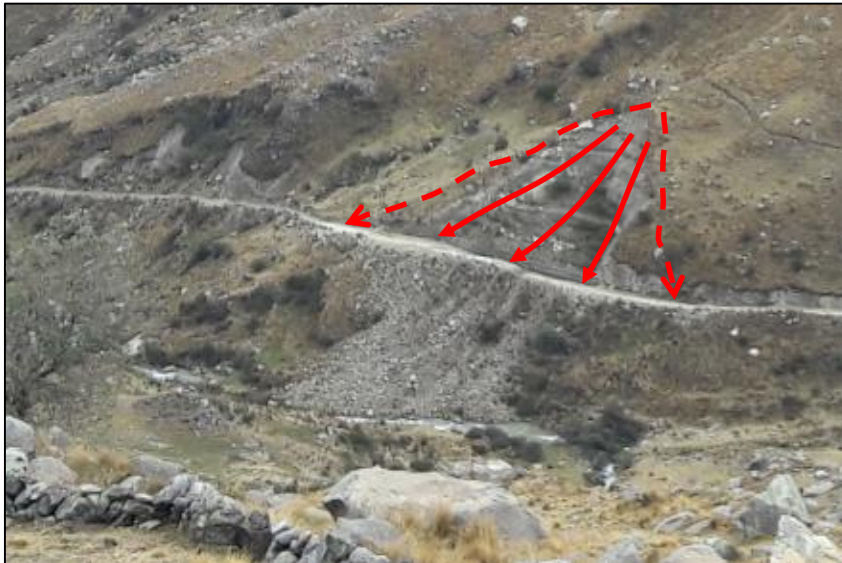


Fuente: INAIGEM, Septiembre 2017.

Derrumbes: Son remociones masivas y activas de fragmentos y escombros rocosos, de poca magnitud, que se presentan con mucha frecuencia en tramos relativamente cortos, los encontramos localmente en la parte baja de la subcuenca del río Pariac.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

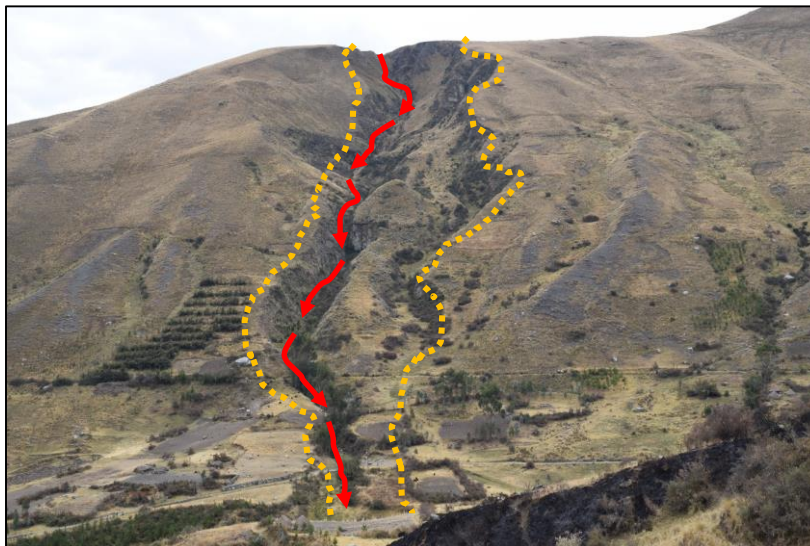
Fotografía N° 34. Derrumbe local, en material cuaternario, cercano a la falla regional de la cordillera blanca, éste derrumbe local ha sido parcialmente controlado mediante la colocación de muros de gaviones.



Fuente: INAIGEM, Septiembre 2017.

Erosión en Cárcavas: Generadas por la pendiente del terreno y el coeficiente de torrencialidad, relacionados con factores climáticos, geomorfológicos, litológicos y el factor antrópico, hacen que el escurrimiento superficial, producto de las lluvias y riego, destruya, lave y transporte sucesivamente la capa superior del suelo en forma de lámina continua, generando surcos y cárcavas que se evidencian en la parte media y baja de la subcuenca del río Pariac.

Fotografía N° 35. Cárcavas, en material cuaternario, cercano al poblado de Huishaca, quebrada de Pariac.



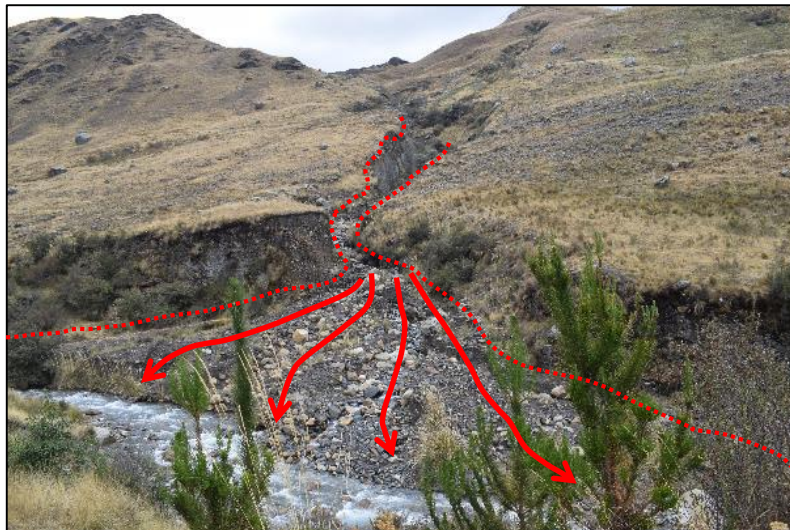
Fuente: INAIGEM, Septiembre 2017.

Flujo de Detritos: Proceso de remoción en masa tipo flujo (Ver Fotografía N°04), que afecta a una masa de suelo (detritos y/o barro), 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-

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

viscoso, se evidencia en la parte media y baja de la subcuenca del río Pariac y en sus quebradas alternas.

Fotografía N° 36. Flujo de detritos, cercano al poblado Huishaca, en la quebrada de Pariac.



Fuente: INAIGEM, Septiembre 2017.

Flujos Hídricos: Constituyen un movimiento en masa fluidificado por el agua, el cual implica una mayor deformación interna que un deslizamiento. Los movimientos tienen lugar sobre un gran número de pequeñas superficies de cizalla, ya que el contenido de agua en la masa es tan alto que llega a comportarse como un fluido. Estos flujos hídricos lo encontramos sobre la morrena lateral derecha de la laguna Rajucolta, generados por el flujo de agua proveniente de la fusión del hielo glaciar del nevado Huantsan.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 37. Flujos hídricos, sobre el final de la morrena lateral derecha de la laguna Rajucolta.



Fuente: INAIGEM, Septiembre 2017.

Caída de rocas y detritos: Se dan mayormente en las laderas de los taludes, a causa de las fuertes pendientes, la fuerza de la gravedad, las fuertes lluvias estacionales y en con menor frecuencia por sismos ocasionales.

Fotografía N° 38. Caída de rocas y detritos, cercano a la portada principal de la quebrada de Pariac.

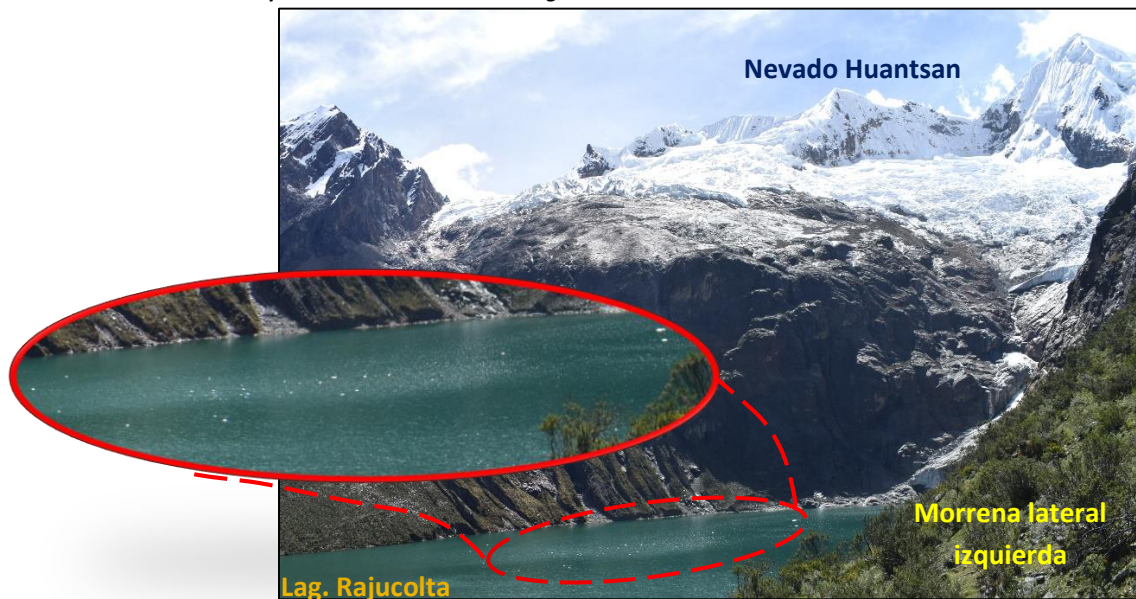


Fuente: INAIGEM, Septiembre 2017.

Avalanchas: Desprendimientos de masa de hielos y roca descompuesta, que ocurren en el frente glaciar del nevado Huantsan, teniendo como factores: la pendiente, la gravedad, cambios en las condiciones térmicas, presencia de agua de fusión, el retroceso glaciar y el factor sísmico.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 39. Avalanchas, se observa bloques de hielo sobre el espejo de agua de la laguna Rajucolta producto de las avalanchas generadas en el nevado Huantsan.



Fuente: INAIGEM, Septiembre 2017.

3.9. Geomorfología Aplicada

En este contexto se estudió la interacción de los pobladores de la subcuenca del río Pariac con las formas y los paisajes de dicha subcuenca.

En la unidad geomorfológica de Valles Glaciares, la interacción hombre-paisaje se manifiesta principalmente en la crianza de ganado vacuno o bobino, mientras que en el fondo de Valle Fluvial la interacción poblador-paisaje se manifiesta mediante la agricultura, piscicultura y centrales hidroeléctricas. En la laguna Rajucolta de origen glaciar, esta interacción se da en la construcción de una obra de seguridad, que sirve como presa de regulación para las centrales hidroeléctricas que se encuentran aguas abajo asentadas en el valle fluvial.

Con estos estudios de geomorfología aplicada, se desea aplicar conocimientos geomorfológicos al estudio y propuesta de soluciones para resolver problemas de recursos, gestión y planificación ambiental en la subcuenca del río Pariac; interactuando los pobladores como agentes geomorfológicos y la geomorfología como valoración para la ubicación, construcción ingenieril y planificación.

4. ASPECTOS GEOTÉCNICOS

4.1. Introducción

La investigación geotécnica 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 y a la evaluación del tipo de suelos que podemos encontrar en esta subcuenca. Las EMG consisten 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.

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 Pariac.

4.2.1. Caracterización Geotécnica

4.2.1.1. Basamento Rcoso

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

En síntesis, se ha realizado quince (15) estaciones de mapeo geomecánico (EMG) 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).

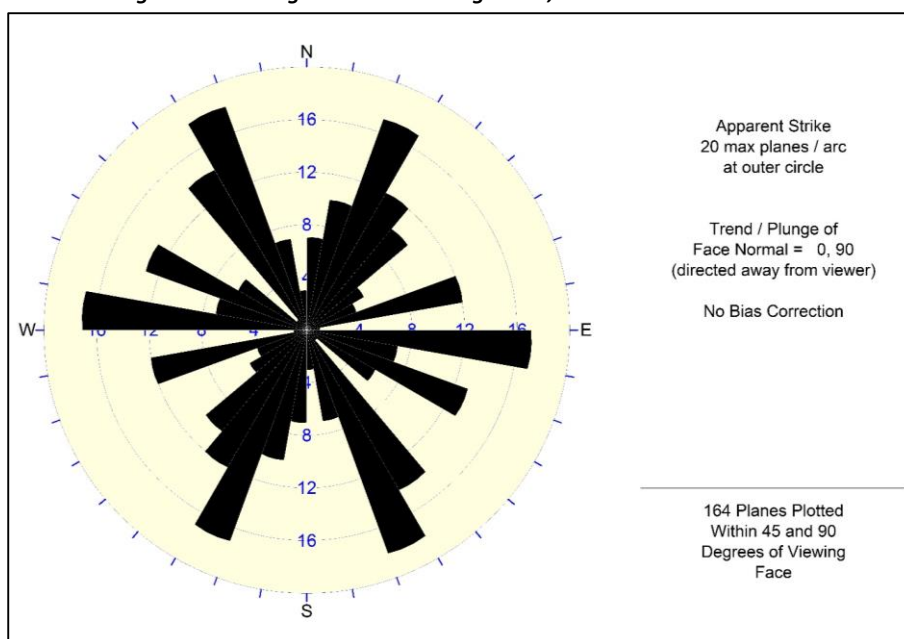
A continuación se muestran la Tabla N° 13, donde se resumen los resultados obtenidos por cada EMG y sus principales familias de discontinuidades, así mismo en el “ANEXO C-Registro de data Estructural”, se muestra las figuras de Diagrama de Rosetas por cada EMG echa en la mencionada subcuenca.

Tablas N° 13: Resumen de las Principales Familias de Discontinuidades por cada Estación de Mapeo Geomecánico.

ÍTEM	ESTACIÓN	FAMILIAS	ÍTEM	ESTACIÓN	FAMILIAS
01	EMG-P01	NE-SW / NW-SE	09	EMG-P09	NNW-SSE / E-W
02	EMG-P02	NW-SE / E-W / NE-SW	10	EMG-P10	ENE-WSW / E-W / NW-SE
03	EMG-P03	NW-SE / NE-SW	11	EMG-P11	ENE-WSW
04	EMG-P04	NE-SW / NW-SE	12	EMG-P12	E-W / NNE-SSW / NNW-SSE
05	EMG-P05	NE-SW / NW-SE / NNE-SSW	13	EMG-P13	NE-SW / NW-SE
06	EMG-P06	N-S / NE-SW / NW-SE	14	EMG-P14	NE-SW / E-W
07	EMG-P07	NE-SW / WSW-ENE	15	EMG-P15	NW-SE / NE-SW
08	EMG-P08	NW-SE / NE-SW			

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

A continuación en la figura adjunta (Figura N° 12), se presenta el “Diagrama de Rosetas”, representando a todas las familias de discontinuidades realizadas en la subcuenca del río Pariac, donde se observa tres orientaciones preferentes de discontinuidades: NW-SE, NE-SW y E-W.

Figura N° 14. Diagrama de Rosetas general, subcuenca del río Pariac.


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 Fluvioglaciares, Depósitos Fluviales y Depósitos Coluviales. Cabe mencionar que en base a esta clasificación de depósito cuaternarios y a sus 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

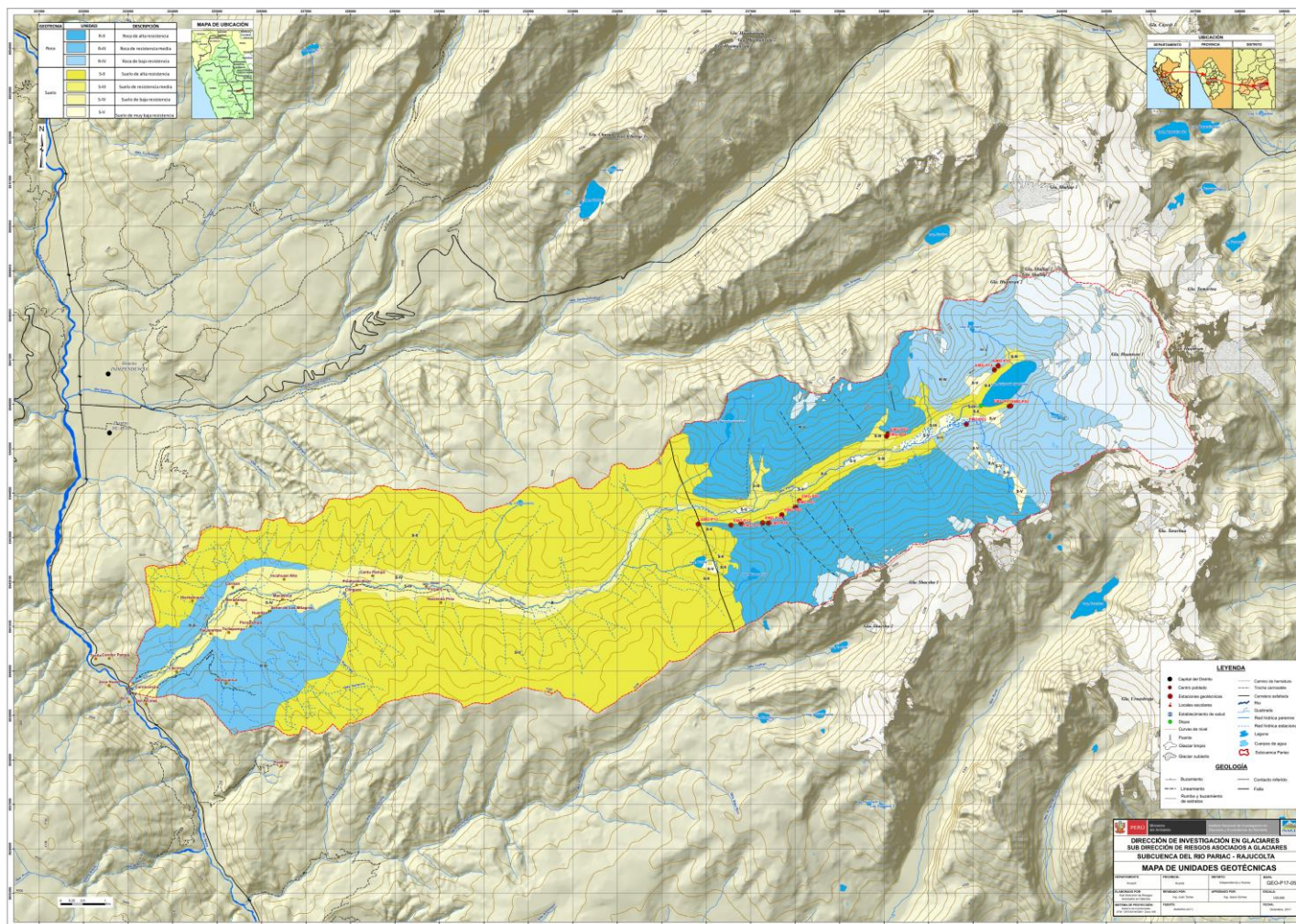
En la tabla adjunta (Tabla N°14), se describen las siguientes unidades geotécnicas correspondientes a la subcuenca del río Pariac. Estas unidades han sido descritas de acuerdo a sus características geológicas, morfológicas y geomecánicas.

Tablas 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 metamorfizadas)	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	Suelo de baja resistencia
		S-V	Depósitos Lacustrinos, Coluviales y Aluvionales.	Suelo de muy baja resistencia

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

Figura 15: MAPA DE UNIDADES GEOTÉCNICAS



74

5. ASPECTOS AMBIENTALES

5.1. Clima

5.1.1. Precipitación

Precipitación promedio anual de 1070,5 mm/año, en la cabecera de la subcuenca del río Pariac.

5.1.2. Humedad

La cabecera de la Subcuenca del río Pariac tiene una humedad relativa durante todo el año, entre 66-76%, bajando relativamente en el resto del año a 57% promedio.

5.1.3. Temperatura

Al año 2002 la laguna Rajucolta, tenía una temperatura mínima entre 12 y 13 °C en los meses de lluvia (diciembre-marzo) y para los meses restantes es de 13-14 °C.

5.1.4. Viento

La medida de la velocidad media del viento en el año 2017 es 1.519 m/s. (datos tomados en la cabecera de la subcuenca del río Pariac).

5.1.5. Radiación

Se tomó los datos de la Estación Meteorológica ubicada en la quebrada Quillcayhuanca, perteneciente a la UNASAM, estos datos fueron procesados por el INAIGEM, de lo cual se tiene un promedio relativo mensual de los 6 últimos meses del año 2017, siendo el mes de diciembre con la radiación más baja: 4581.21 w/m² (w=watts) y el mes de agosto con la radiación más alta: 7193.21 w/m². A continuación se muestra la Tabla N° 15, con datos de radiación.

Tabla N° 15: Radiación que presenta la subcuenca del río Pariac.

PROMEDIO MENSUAL DE LOS 6 ÚLTIMOS MESES- AÑO 2017 (W/m ²)					
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
6097.29	7193.21	5867.17	6949.00	5463.3750	4581.21

Fuente: Datos tomados de la Estación Meteorológica Quillcayhuanca – UNASAM; procesamiento de datos INAIGEM, Dic. 2017.

5.2. Hidrología

Esta laguna está rodeada por 2 lagunas menores que se encuentran en la parte alta y a su vez contribuyen con el aporte hídrico hacia la laguna mencionada, una de ellas por la margen derecha denominada laguna Huamash y la otra por la margen izquierda denominada laguna Almac, la laguna Rajucolta también es alimentada por el aporte de fusión del nevado Huantsán.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

La subcuenca del río Pariac es tributaria de la cuenca del río Santa por su margen derecha, tiene una superficie de 107,36 Km² y en la parte alta se encuentra la laguna Rajucolta, donde se inicia la quebrada Pariac.

Esta laguna se encuentra represada por la empresa Duke Energy, la cual regula el caudal de salida en las estaciones secas y húmedas, habiendo encontrado un caudal de salida de la represa de 1,46 m³/seg.

5.2.1. Características Hidrológicas

En el año 2004, la Duke Energy S.A., instaló la estación hidrometeorológica en la laguna Rajucolta, donde construyó una presa de regulación. Por no contar actualmente con información de esta estación, se generó información hidrometeorológica en base a estaciones vecinas a esta subcuenca (ver tabla N° 16 y 17).

Tabla N°16

Temperatura media mensual – °C	5,0
Evaporación total mensual – mm	1146,0
Precipitación total mensual – mm	950,0

Fuente: Estudio de Ingeniería para la Regulación de la laguna Rajucolta, CESEL S.A., 2002.

Tabla N°17: Caudales de salida de laguna Rajucolta (m³/s)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1989	0,672	0,693	0,761	0,704	0,535	0,377	0,269	0,248	0,237	0,273	0,402	0,600	0,481
1990	0,783	0,830	0,801	0,765	0,560	0,442	0,366	0,312	0,312	0,377	0,478	0,578	0,550
1991	0,754	0,830	0,916	0,840	0,650	0,442	0,345	0,294	0,277	0,309	0,384	0,549	0,549
1992	0,707	0,822	0,830	0,743	0,582	0,413	0,323	0,284	0,284	0,305	0,402	0,600	0,525
1993	0,650	0,729	0,819	0,747	0,578	0,438	0,334	0,284	0,370	0,388	0,420	0,549	0,526
1994	0,661	0,743	0,833	0,808	0,636	0,424	0,280	0,251	0,230	0,244	0,348	0,510	0,497
1995	0,815	0,898	0,901	0,948	0,664	0,452	0,338	0,298	0,316	0,373	0,467	0,600	0,589
1996	0,686	0,747	0,801	0,700	0,531	0,420	0,338	0,294	0,334	0,391	0,506	0,625	0,531
1997	0,740	0,769	0,758	0,650	0,510	0,399	0,334	0,298	0,330	0,366	0,496	0,736	0,532
1998	0,944	0,930	0,916	0,905	0,707	0,521	0,427	0,377	0,388	0,413	0,521	0,804	0,654
1999	1,016	0,959	0,891	0,804	0,582	0,420	0,341	0,320	0,370	0,391	0,485	0,575	0,596
MEDIA	0,766	0,814	0,839	0,783	0,594	0,432	0,336	0,296	0,313	0,348	0,446	0,611	0,548
MAX	1,016	0,959	0,916	0,948	0,707	0,521	0,427	0,377	0,388	0,413	0,521	0,804	0,654
MIN	0,650	0,693	0,758	0,650	0,510	0,377	0,269	0,248	0,230	0,244	0,348	0,510	0,095

Fuente: Estudio de Ingeniería para la Regulación de la laguna Rajucolta, CESEL S.A., 2002.

En la inspección de campo realizada, se aforó el caudal saliente de la Laguna Rajucolta, obteniendo 1,46 m³/s, con una sección transversal de 4.4 m. de ancho, en diez puntos a diferentes distancias descritas en la tabla adjunta. (Ver Tabla N° 18).

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

Tabla N°18: Caudales de salida de laguna Rajucolta (m^3/s)

Punto	Altura (H)	Distancia	Velocidad (m/seg)	Caudal (m^3/seg)
0	0.28	0	0.75	0.0744
1	0.46	0.5	0.588	0.1098
2	0.42	1	0.58	0.1463
3	0.43	1.5	1.14	0.1518
4	0.43	2	1.26	0.0989
5	0.43	2.5	0.46	0.2709
6	0.44	3	0.69	0.2451
7	0.38	3.5	0.77	0.1218
8	0.36	4	0.61	0.1352
9	0.3	4.4	0.62	0.1050
			Q_{total}	0.14592

Fuente: INAIGEM, Agosto 2016

A continuación se muestra una tabla resumen de los aforos (medición de caudales) que realizaron durante el año 2017, en la subcuenca del río Pariac.

Tabla N°19: Caudales de la subcuenca del río Pariac (m^3/s)

Punto de aforo	Coordenadas		Cuenca		Subcuenca		
ANC_S_PAR	Este	Norte	Río Santa		Río Pariac		
	232383	8941554					
	MES (m³/s)						
Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov
2.81	5.13	1.26	1.04	1.35	1.84	2.52	2.38

Fuente: INAIGEM, Diciembre 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 la subcuenca del río Pariac más estudiadas, se presentan a continuación:

5.3.1.1. Área de la cuenca:

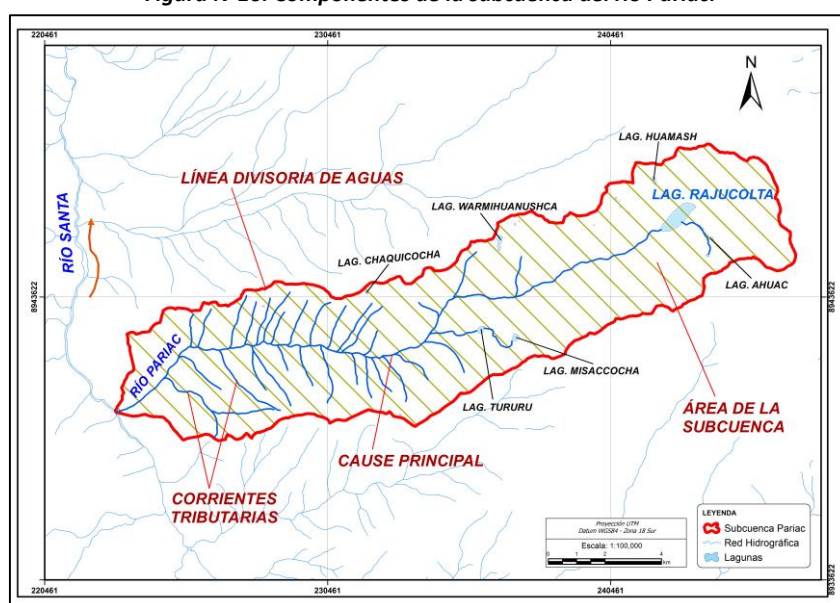
Es la superficie del terreno en las aguas de las precipitaciones que concurren a un mismo punto de evacuación a través de cauces secundarios o quebradas que se unen a un cauce principal. Las aguas de las precipitaciones, lagunas o glaciares que no han sido infiltradas por el suelo se denominan escorrentía superficial y se desplazan desde

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

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 Pariac, se realizó a través de una línea imaginaria, denominada divisora de agua o “*divortiumaquarium*”, que separa las pendientes opuestas de las cumbres, fluyendo las aguas de las precipitaciones a ambos lados de la línea imaginaria hacia los cauces y/o quebradas de la subcuenca continuas. A continuación se muestra los componentes de la subcuenca del río Pariac. (Ver Figura 14).

Figura N°16: Componentes de la subcuenca del río Pariac.



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 Pariac, y es un criterio muy representativo de la longitud de una subcuenca. Puede medirse considerando toda la sinuosidad del cauce o la longitud del eje del mismo.

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 Pariac. 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.

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 alejadas. 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).

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 Km²

Donde:

$$A_{\text{PARIAC}} = 107.35661 \text{ Km}^2$$

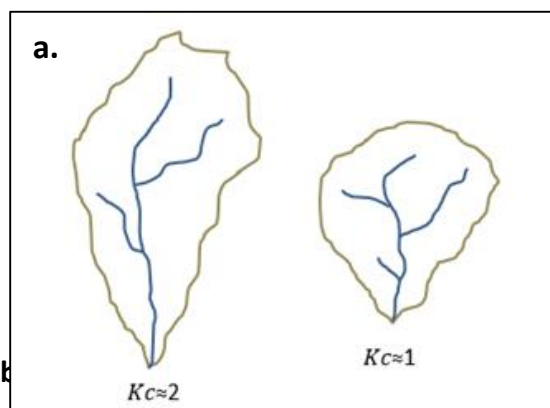
$$P_{\text{PARIAC}} = 63.720546 \text{ Km}$$

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

$$K_c = 1.7219$$

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 Pariac, el valor de K_c tiende a 2 ($K_c=1.7219$) por ende esta subcuenca es muy alargada. (Ver Figura 15).

Figura 17: (a.) Comparación de la forma de subcuencas según valores del Coeficiente de Compacidad. (b.) Subcuenca Pariac con un $K_c=1.7219$, con tendencia a 2, caracterizando a esta subcuenca como muy alargada.



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.



“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

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 km²
L = Longitud de la cuenca en Km

Donde:

$$A_{\text{PARIAC}} = 107.35661 \text{ Km}^2$$

$$L_{\text{PARIAC}} = 24.69326 \text{ Km.}$$

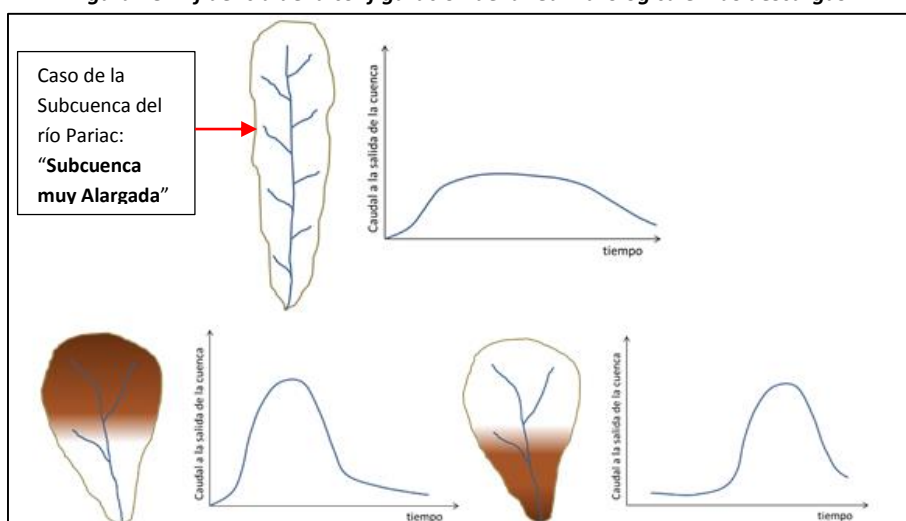
Entonces el Factor de Forma (**Ff**) de la subcuenca del río Pariac es:

$$Ff = 0.176064$$

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 Pariac, se considera la alternativa (c).

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 16. Este caso es inverso a lo que ocurre con el coeficiente de compacidad. En nuestro estudio de la subcuenca del río Pariac, el factor de forma (**Ff**) está muy lejos de acercarse a uno (1), por ende es una subcuenca “muy alargada”.

Figura 18. 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 20).

Tabla 20. Rangos aproximados del Factor de Forma. La subcuenca del río Pariac se ubicaría por debajo del valor aproximado de 0.22; siendo una subcuenca “muy 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 Pariac 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:

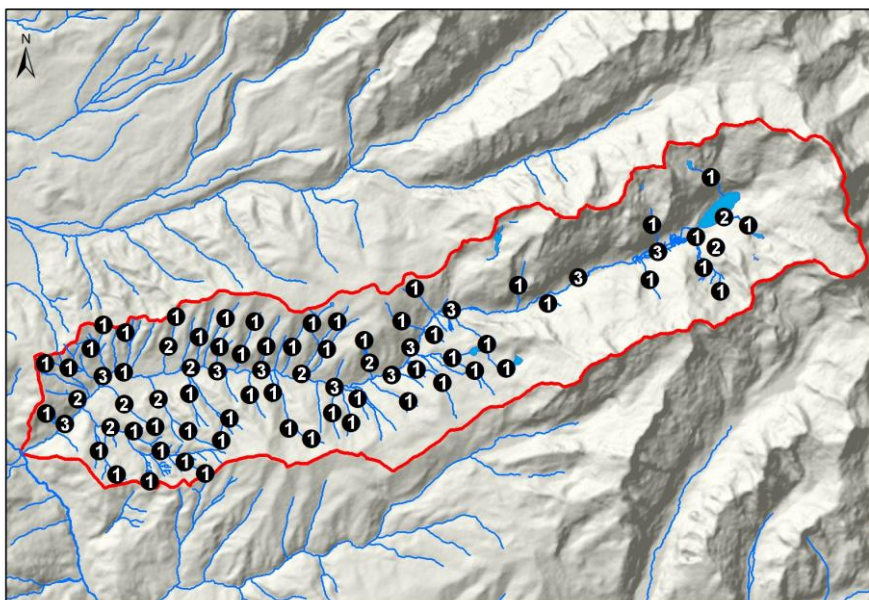
a) Orden de los cauces

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 17).

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

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, 1996). La subcuenca del río Pariac está fuertemente disectada, sobre todo en la parte baja de la subcuenca, originado geoformas de cárcavas y surcos, con un orden de cauce tres (3), por lo tanto tiene un orden de cauce alto.

Figura 19. Ramificación de cauce principal del río Pariac, 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, 1996). Su razón es la siguiente:

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

Rb = Razón de bifurcación

N_n = Número de cauces de un orden dado

N_{n+1} = Número de cauces del orden inmediatamente superior

Donde:

N_n= 57 (Número de cauces de orden 1).

N_{n+1} = 10 (Número de cauces de orden 2).

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

$$Rb = 5.7$$

El valor de la Razón de Bifurcación del río Pariac es relativamente alta, el cual está determinado a terrenos escarpados, los suelos son muy erosionables. Además que, esta subcuenca presentan 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 Subcuenca del río Pariac constituyen uno de los recursos naturales de 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, aluviones, deslizamientos, sobre pastoreo, construcción de infraestructura, contaminación y otras formas de intervención en el sistema ecológico e hidrológico.

En la Subcuenca del río Pariac, según el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015) se presentan 04 ecosistemas: bofedales, bosque relicto altoandino, matorral arbustivo y pajonal andino. El pajonal andino ocupa el 33% del territorio y el porcentaje restante lo ocupan los otros ecosistemas, resaltando el matorral arbustivo con 12%.

Tabla 21: Ecosistemas de la subcuenca del río Pariac.

Ecosistemas	Area (ha)
Bofedales	50.4
Bosque relicto altoandino	183.5
Matorral arbustivo	1264.0
Pajonal andino	3574.8

Fuente: MINAM, 2015

5.4.1.1. Bofedales

El bofedal llamado también “oconal” o “turbera” (del quechua oco que significa mojado), constituye un ecosistema hidromórfico distribuido en la Subcuenca del río Pariac en pequeños parches, cercanos a cuerpos de agua y a la formación Césped de Puna, ubicado a partir de los 3,800 msnm. Este humedal altoandino se encuentra principalmente en el fondo del valle fluvio-glaciario alimentándose del agua proveniente del deshielo del circo glaciar. Presenta especies de flora silvestre indicadoras del sobrepastoreo como “Cóndor Cebolla” (*Werneria nubigena*), “Garbancillo” (*Astragalus* sp.), “Acpul” (*Aciachne pulvinata*) y “Acelguilla” (*Rumex acetosella*). Es importante destacar que varias de estas formaciones se observan en cuerpos de agua con drenajes ácidos. Por las características del efluente del sistema

del bofedal, podríamos especular que juegan un papel importante en la mejora de la calidad del agua por su capacidad de atrapar metales pesados y mejorar el pH.

5.4.1.2. Bosques relicto altoandino

Este bosque se encuentra distribuido a manera de pequeños parches en la Subcuenca del río Pariac, sobre terrenos con pendientes empinadas y escarpadas, casi inaccesibles y aproximadamente entre 3,500 y 4,900 msnm. 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”, encontrándose principalmente la especie *Polylepis weberbaueri*. 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 el *Lupinus* (MINAM, 2015)

5.4.1.3. Praderas o Pastizales

Como formación vegetal, este tipo de vegetación es la más importante. A esta formación vegetal también se conoce como pajonal de puna (para el caso andino). Destaca el dominio escénico de comunidades de poaceas que alternan con herbáceas de otras familias como *Alchemilla*, *Alonsoa*, *Scrophulariaceae*, *Werneria*.

5.4.1.4. Matorral arbustivo

En la Subcuenca del río Pariac entre los niveles altitudinales de 3,500 a 3,800 m, existen mejores condiciones de humedad y menores valores de temperatura. Las condiciones de humedad alta son propicias el desarrollo de una mayor diversidad de especies arbustivas, entre ellas se encuentran a las siguientes: *Lupinus balianus* (“chocho”), *Baccharis tricuneata* (“tayanco”), *Parastrephia lepidopylla* (“tola”), *Diplostephyum* sp., *Dunalia espinosa*, *Hesperomeles* sp. (“manzanita”), *Brachiotun* sp., *Tibouchina* sp., *Aristeguietia* sp., *Senna birostris* (“mutuy”), *Berberis lutea*, *Monnina* sp., *Solanum* sp.

5.4.1.5. Pajonal Andino

Este tipo de cobertura vegetal está conformado mayormente por herbazales ubicada en la porción superior de la Subcuenca del río Pariac, aproximadamente entre 3,800 y 4,800 msnm. Se desarrolla sobre terrenos que van desde casi planos hasta empinados o escarpados. En esta gran unidad de cobertura vegetal está integrado según el Mapa Nacional de Cobertura vegetal (MINAM, 2015), en 3 subunidades, fisonómica 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 arbustos de hasta 1.20 m de alto. En el denominado subtipo “pajonal” se identifica principalmente *Stipa ichu*. En el subtipo “césped”, está dominado por gramíneas y graminoides. El subtipo “arbustos” se caracteriza por el predominio de comunidades arbustivas sobre las herbáceas.

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 elementos es el retroceso de los glaciares. Estas masas han sido creadas por las condiciones climatológicas (Glaciación: Pleistocénica y Holocénica) y por tanto su variabilidad también depende del clima y de acuerdo a la tecnología actual es posible determinar las condiciones del clima 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 precipita la nieve originaria del hielo formado.

En Perú se tiene la mayor parte de glaciares tropicales con una extensión de 1114.11 km² y en la Cordillera Blanca se encuentra aproximadamente el 40.3% (448.81 Km²) de dichas áreas glaciares (INAIGEM, 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 de 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

“Masas de hielo terrestre que fluyen 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”. Tomado del (Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), 2001).

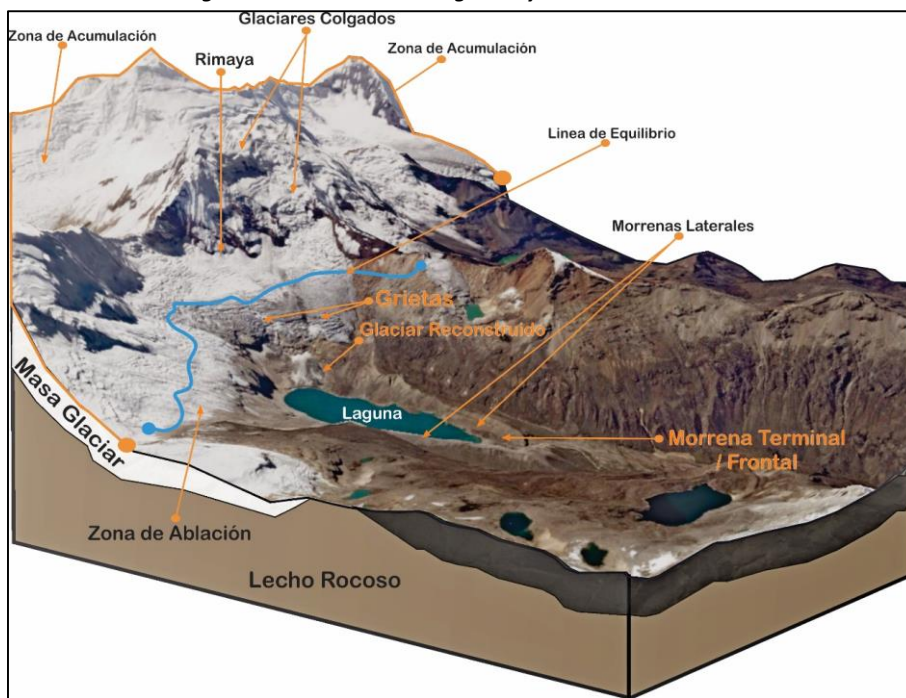
6.2.2. Partes de un Glaciar

- 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) (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 et. al, 2004), (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 transformación en hielo; en la segunda zona prevalecen la fusión y la sublimación que favorecen la pérdida de masa glaciar. (Úbeda, J, 2010)

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

(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 glaciaria. (Figura N° 18).

Figura N° 20 . 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° 22, se presenta una síntesis de diferentes autores.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Tabla N° 22. *Tipologías más recurrentes para la clasificación de glaciares.*

Parámetro de clasificación	Tipo	Descripción
Morfología	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.
Temperatura	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
Dinámica	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"
Contenido de impurezas	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.
Localización	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 peruano, 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:

- 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 glacial, 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:

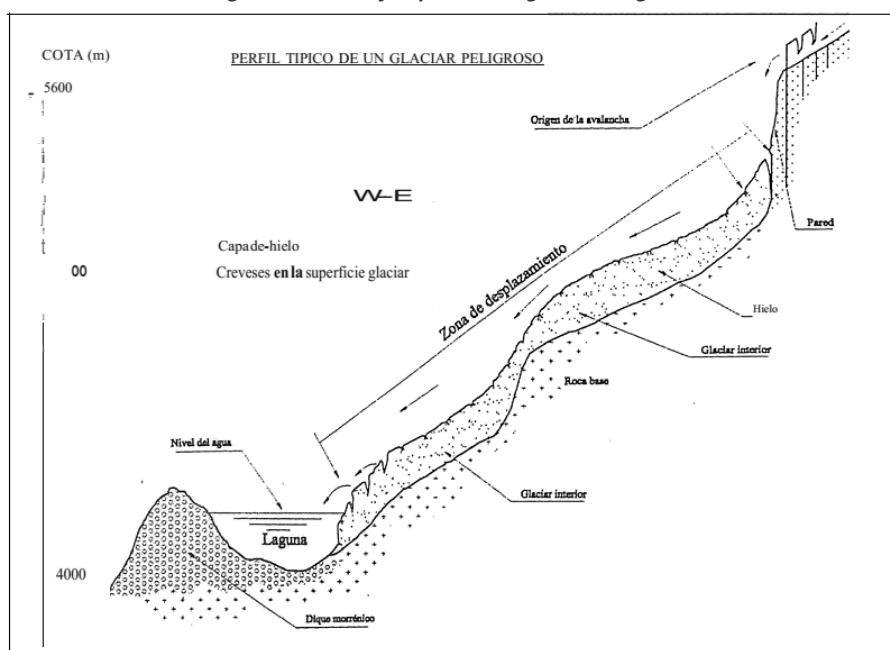
Los glaciares generalmente se encuentran en áreas montañosas remotas. Sin embargo, algunos se encuentran cerca de ciudades o pueblos y a veces representan un problema para las personas que viven cerca de estas áreas (Caso de pobladores que viven en la quebrada de Pariac, relativamente cerca del nevado Huantsán). Las lagunas formadas en la parte baja de un glaciar durante el retroceso glacial debido al cambio climático, pueden causar desembalses, aluviones e inundaciones.

Un glaciar de valle, se le cataloga como “*peligroso*”, cuando el hielo que cae del glaciar representa un peligro, ya que al caer sobre la laguna formada por el retroceso glacial, 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 desplazará este aluvión.

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° 19:

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Figura N° 21: Perfil típico de un glaciar Peligroso.



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

6.2.5. Glaciares Colgados ubicados en el glaciar Huantsán

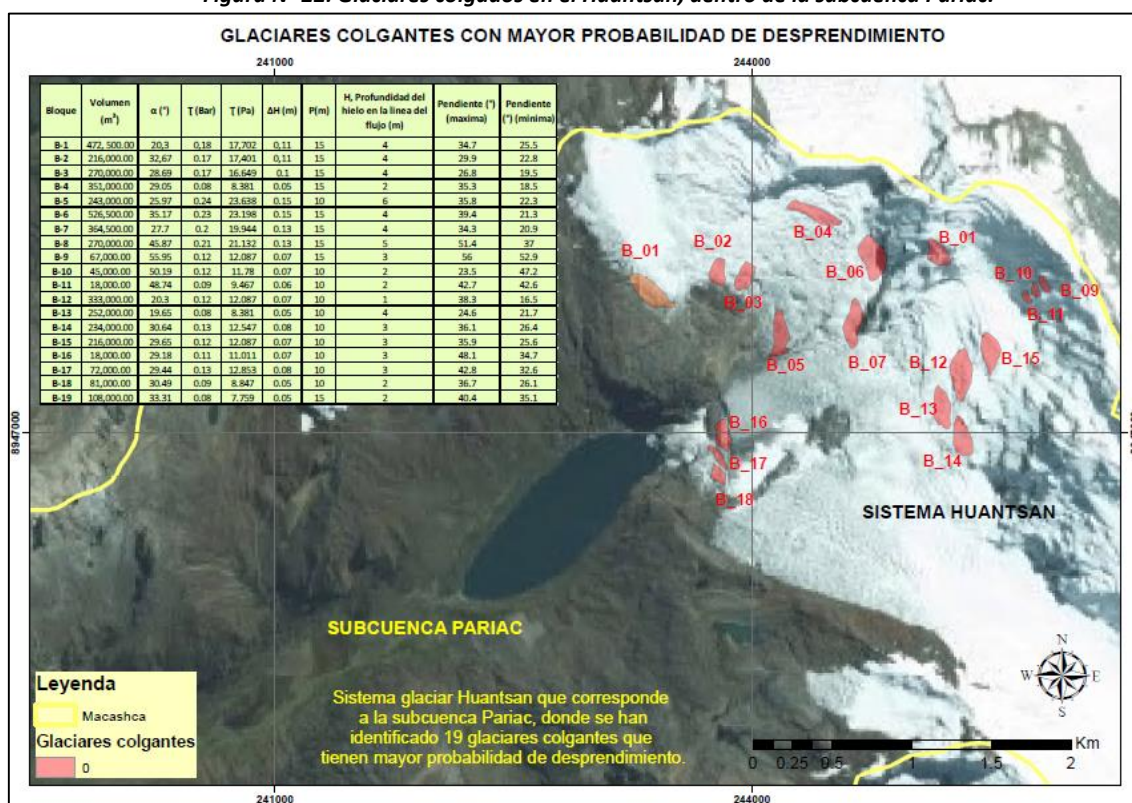
En la evaluación realizada durante las inspecciones periódicas a la laguna Rajucolta, se ha identificado 19 bloques de glaciares colgados, los cuales se especifican en la Tabla N° 23 y figura N° 20.

Los volúmenes estimados en los 19 bloques, varían de 18 000 m³ hasta 526 500 m³, mostrando que las posibilidades pueden ser varias, respecto a la pendiente y espesor que puedan contener cada bloque en el momento de desprendimiento en la línea de flujo.

Tabla N° 23. Lista de glaciares colgados en el nevado Huantsán

Bloque	Volumen (m ³)	α (°)	τ (Bar)	τ (Pa)	ΔH (m)	P(m)	H, Profundidad del hielo en la línea del flujo (m)	Pendiente (°) (máxima)	Pendiente (°) (mínima)
B-1	472,500.00	20.3	0.18	17,702	0.11	15	4	34.7	25.5
B-2	216,000.00	32.67	0.17	17,401	0.11	15	4	29.9	22.8
B-3	270,000.00	28.69	0.17	16,649	0.1	15	4	26.8	19.5
B-4	351,000.00	29.05	0.08	8,381	0.05	15	2	35.3	18.5
B-5	243,000.00	25.97	0.24	23,638	0.15	10	6	35.8	22.3
B-6	526,500.00	35.17	0.23	23,198	0.15	15	4	39.4	21.3
B-7	364,500.00	27.7	0.2	19,944	0.13	15	4	34.3	20.9
B-8	270,000.00	45.87	0.21	21,132	0.13	15	5	51.4	37
B-9	67,000.00	55.95	0.12	12,087	0.07	15	3	56	52.9
B-10	45,000.00	50.19	0.12	11,78	0.07	10	2	23.5	47.2
B-11	18,000.00	48.74	0.09	9,467	0.06	10	2	42.7	42.6
B-12	333,000.00	20.3	0.12	12,087	0.07	10	1	38.3	16.5
B-13	252,000.00	19.65	0.08	8,381	0.05	10	4	24.6	21.7
B-14	234,000.00	30.64	0.13	12,547	0.08	10	3	36.1	26.4
B-15	216,000.00	29.65	0.12	12,087	0.07	10	3	35.9	25.6
B-16	18,000.00	29.18	0.11	11,011	0.07	10	3	48.1	34.7
B-17	72,000.00	29.44	0.13	12,853	0.08	10	3	42.8	32.6
B-18	81,000.00	30.49	0.09	8,847	0.05	10	2	36.7	26.1
B-19	108,000.00	33.31	0.08	7,759	0.05	15	2	40.4	35.1

Fuente: INAIGEM, Diciembre 2016.

Figura N° 22: Glaciares colgados en el Huantsan, dentro de la subcuenca Pariac.


Se concluye que se ha identificado 19 bloques de glaciares colgados que tienen mucha posibilidad de desprendimiento, lo que originaría oleajes anómalos, pudiendo comprometer diques e infraestructura de seguridad y descontrol de lagunas glaciares.

Los volúmenes de glaciares colgantes oscilan entre 18,000 m³ a 526,500m³, todos los bloques por encima de los 22° de pendiente, siendo mayor la probabilidad de ocurrencia.

6.3. Lagunas

Debido al retroceso de los frentes glaciares, se han originado numerosas lagunas que están ubicadas a lo largo de la subcuenca del río Pariac y también al pie del nevado Huantsán. Sus diques, naturales en su mayoría, son de material morrénico y en algunos casos de material rocoso.

6.3.1. Definición

Las lagunas de origen glaciar, 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 Pariac tenemos las siguientes lagunas:

Rajucolta: localizada en la cabecera de la quebrada de Pariac, es alimentada principalmente por los deshielos del frente glaciar del nevado Huantsán y de las lagunas Huamash y Ahuac.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Ahuac: Laguna localizada sobre macizo rocoso, sobre el lado lateral izquierdo de la Laguna Rajucolta. Se alimenta de los remanentes de hielo glaciar del nevado Huantsán.

Huamash: Laguna localizada sobre macizo rocoso, sobre el lado lateral derecho de la laguna Rajucolta, se alimenta de remanentes de hielo glaciar que da en las temporadas de lluvia.

Misacocha: Laguna asentada sobre macizo rocoso, al término del valle glaciar en la margen izquierda del río Pariac.

Warmihuanushca: Laguna asentada sobre roca, al término del valle glaciar, en la margen derecha del río Pariac.

Tururu: Laguna asentada sobre material cuaternario, ésta laguna se caracteriza por presentar morrenas colgadas, tanto en sus lados laterales como frontal. Se localiza al término de valle glaciar y en la margen izquierda del río Pariac.

Chaquicocha: Laguna ubicada en la parte media de la subcuenca y en la margen izquierda del río Pariac, cercana a la divisoria de aguas; asentada sobre depósitos glaciáricos. Siendo la laguna de menor dimensión de toda esta subcuenca mencionada.

6.3.2. 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° 23), dentro de estas lagunas peligrosas se encuentra la laguna Rajucolta perteneciente a la subcuenca del río Pariac (UGRH-ANA, 2014), que podría desbordarse y causar inundaciones catastróficas para la región Ancash y para el país. 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 Rajucolta una laguna catalogada como peligrosa. La laguna Palcacocha, en la subcuenca del río Quillcay, de origen glaciar, es una de las lagunas que más preocupa, ya que tiene una influencia directa sobre la ciudad de Huaraz y comunidades asentadas sobre esta la subcuenca.

“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*

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

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° 24: Lagunas de la Cordillera Blanca, catalogadas como “Lagunas Peligrosas”. Dentro de estas trece (13) lagunas se encuentra la laguna Rajucolta de la subcuenca del río Pariac.

N°	LAGUNA	PROV.	SUBCUENCA	ESTE	NORTE	ALTITUD	AÑO	DIQUE	AREA (m2)	PROF. (m)	VOL (m3)
1	Palcacocha	Huaraz	Quillcay	238,864	8,960,713	4,562	1974	M	514 157	71	17 403 353
2	Rajucolta	Huaraz	Pariac	242,791	8,946,454	4,273	-	M/D.A.	668 250	73	29 900 000
3	Parón	Huaylas	Parón	206,454	9,004,857	4,191	1984	M/E	1 785 890	60	63 274 726
4	Arhuaycocha	Huaylas	Sta. Cruz	211,110	9,016,534	4,400	2000	M	405 745	98	19 550 795
5	Llacshac	Carhuaz	Qda. Honda	225,552	8,969,553	4,508	1998	D.A	59 112	6	318 915
6	Pacliash	Huaraz	Paltay	235,060	8,964,039	4,577	2000	M	188 873	42	3 985 344
7	Laguna 513	Carhuaz	Hualcán	219,851	8,980,707	4,431	1992	R	207 585	83	9 250 938
8	Cuchillacocha	Huaraz	Quillcay	241,531	8,958,868	4,625	1973	M	145 732	27	2 138 937
9	Tullparraju	Huaraz	Quillcay	243,004	8,957,968	4,283	1974	M	463 757	63	12 474 812
10	Safuna Alta	Huaylas	Quitaracsa	211,934	9,021,563	4,360	1973	M	334 359	84	15 524 435
11	Llaca	Huaraz	Llaca	231,522	8,955,886	4,472	1977	M	65 513	19	495 477
12	Ocshapalca	Huaraz	Paltay	233,146	8,960,991	4,798	-	M	33 890	40	435 781
13	Jancarurish	Huaylas	Sta. Cruz	206,041	9,019,764	4,305	2003	M	294 287	-	-

Fuente: UGRH-ANA, 2016.

7. OBRAS DE SEGURIDAD

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 Pariac, laguna Rajucolta”, dentro de lo cual, entre otros, se ha desarrollado la evaluación de las obras de seguridad de la laguna Rajucolta y su entorno, en razón de que el desemboque de sus aguas atraviesa zonas pobladas; en ese sentido un eventual alud, afectaría a dicha población 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 fue contrastada in situ.

7.2. Antecedentes

Año 2002:

El 30 de mayo de 2002, la empresa DUKE ENERGY – EGENOR S.A., contrató a la empresa CESEL S.A. para la elaboración del estudio de la presa de regulación en la laguna Rajucolta con una capacidad de almacenamiento de 9'000,000.00 m³, que permitiría la regulación estacional de este recurso con fines de afianzamiento de la Central Hidroeléctrica Cañón del Pato durante el periodo de estiaje.

Año 2014:

En octubre de 2014, la Unidad de Glaciología y Recursos Hídricos – ANA, realizó trabajos de batimetría en la laguna Rajucolta, determinando que el nivel del espejo de agua se encontraba a 4272,71.0 msnm, con un área de 512,723.00 m², volumen almacenado de 17'546,151.00 m³, profundidad máxima de 72.7 m, largo máximo de 1428.00 m y ancho máximo de 493.00 m.

En cuanto al glaciar Huantsan, la misma entidad determinó que este se encuentra comprendido entre los 4299 y 6366 msnm, cuenta con una cobertura glaciar importante de superficie de 54.27 km², equivalente al 10,29% de la cobertura total de la Cordillera Blanca; su lengua glaciar cubre una superficie de 9.21 km².

7.3. Obras de Seguridad

7.3.1. Descripción

Laguna

La laguna Rajucolta se encuentra al pie del glaciar Huantsan, su vaso ocupa la cabecera de un corto valle glaciar, originando la quebrada Pariac; esta laguna es de forma elíptica, y está constituida en sus flancos izquierdo y derecho además de la zona frontal, por depósitos glaciares, y roca maciza en la zona posterior.

Su flanco derecho está constituido por depósitos glaciares de fragmentos de roca en matriz de limos y arenas de compacidad media, cuya pendiente predominante va de 60°- 65°, dicho depósito posee cobertura vegetal menor, situación favorable al escurrimiento del agua en los taludes, disminuyendo la sobresaturación, y por ende las posibilidades de deslizamientos. Según detalle de vista fotográfica. (UGRH-ANA, 2014)

Fotografía N° 40: En la vista fotográfica se visualiza el depósito glaciar lateral derecho, y en su parte inicial evidencia de procesos geodinámicos externos activos, debido a la saturación del material por la presencia de torrentes al pie de los glaciares, lo cual favorece la ocurrencia de deslizamiento.



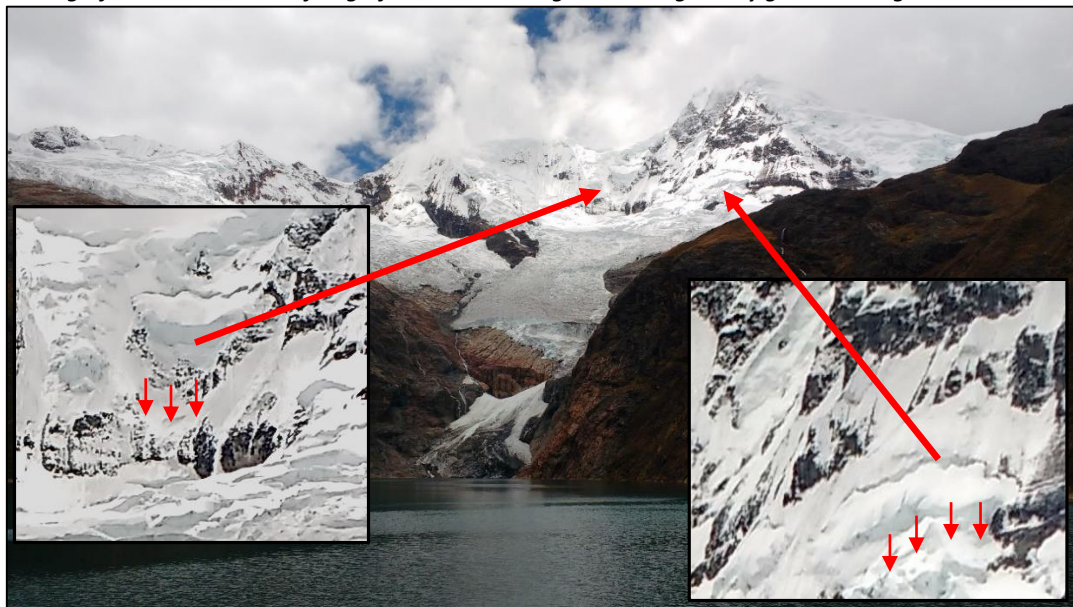
Fuente: INAIGEM, Julio 2017.

Glaciares

La masa glaciar del nevado Huantsan en su zona terminal (sur-oeste) posee una línea de contacto con la laguna Rajucolta, la misma que es parte de la zona por la cual se descarga el recurso hídrico. Siendo importante precisar que, evidencia del acelerado proceso de ablación y retroceso, es la existencia de masas colgantes y grietas, situación que pone en riesgo la estabilidad del vaso y de las obras de regulación existentes, y por ende a las poblaciones asentadas aguas abajo. Según detalle de vistas fotográficas.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 41: En la vista fotográfica se visualizan glaciares colgantes y grietas en el glaciar Huantsan.



Fuente: INAIGEM, Julio 2017.

Depósitos Glaciares Laterales y su Relación con las Obras de Seguridad y Control:

En relación a los depósitos glaciares laterales, se identificó que, al lado derecho del depósito glaciar frontal, se evidencia la existencia de cavidades generadas por el asentamiento de la base del depósito, situación que es evidenciada además por el asentamiento visible promedio -de 8 cm en un área aproximada de 40 m² de gavión tipo Colchón Reno (lado derecho del dique). Según detalle de vistas fotográficas.

Fotografía N° 42: En la vista fotográfica se visualiza el corrimiento vertical de la zona adyacente al dique, así como el asentamiento de la cara anterior del lado derecho del dique de regulación de la laguna.



Fuente: INAIGEM, Julio 2017.

Fotografía N° 43: Se visualiza un área con asentamiento del gavión tipo Colchón Reno (8 cm).



Fuente: INAIGEM, Julio 2017.

En relación a ello, se evidencia que el área lateral derecha al dique de regulación, compuesta por una franja de 1 m de ancho de mampostería de piedra, ha sufrido deformaciones y colapso por fallamiento del suelo de base a causa del torrente hídrico, situación que se extiende a los depósitos glaciares frontal y lateral derecha adyacente, la misma que presenta cavidades por desplazamiento de finos de la matriz del suelo, en una longitud aproximada de 80 m hacia el este.

Fotografía N° 44: Se visualizan signos de asentamiento del cuerpo de la presa de tierra, identificándose resquebrajamiento de la capa de mampostería de piedra lateral derecha



Fuente: INAIGEM, Julio 2017.

En las vistas siguientes se visualizan las cavidades existentes en el depósito glaciar derecho, por desplazamiento del suelo de base por pérdida de finos debido a la acción hídrica.

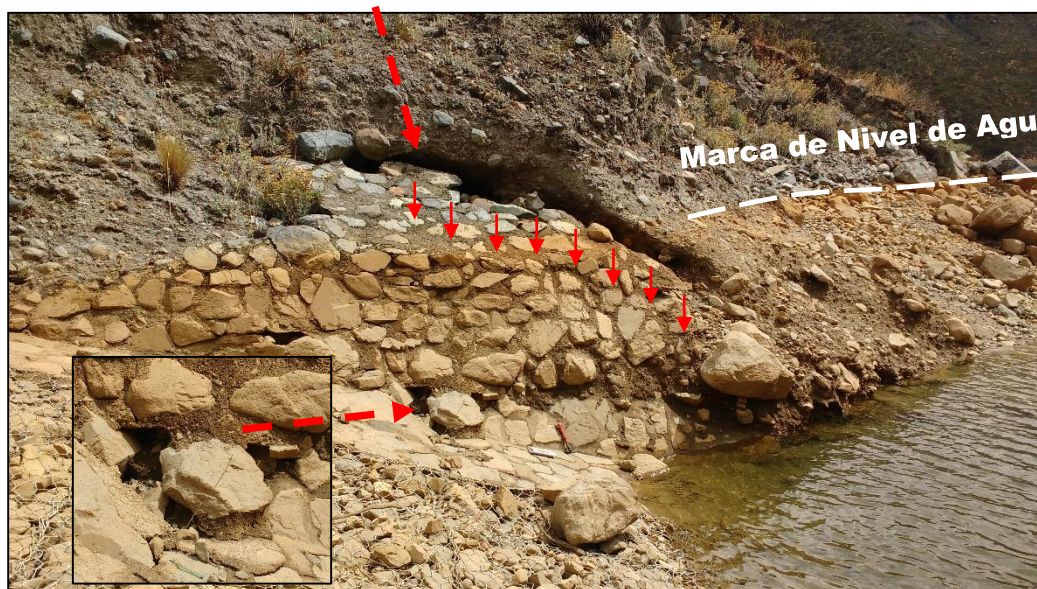
“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 45: En la vista fotográfica se visualizan las cavernas por corrimiento vertical de la zona adyacente al dique.



Fuente: INAIGEM, Julio 2017.

Fotografía N° 46: Se visualizan las cavernas por corrimiento vertical de la zona adyacente al dique.



Fuente: INAIGEM, Julio 2017.

Fotografía N° 47: Se visualizan las cavernas por corrimiento vertical de la zona adyacente al dique.



Fuente: INAIGEM, Julio 2017.

En las vistas anteriores y en relación a las obras de regulación y protección de la laguna Rajucolta, se visualiza el emplazamiento de un dique de tierra, con revestimiento de un Colchón Reno (tipo de gavión), en condiciones de apariencia estable; no obstante, se identificó que la zona de contacto dique – depósito glaciar lateral derecho, ha sufrido corrimiento vertical tanto en el material del dique, como en el cuerpo del depósito, situación que constituye a dicha zona en una zona vulnerable.

De otra parte, en la zona lateral izquierda, se visualiza un depósito glaciar de inclinación aproximada de 65°, la misma que posee cobertura vegetal, situación que favorece al escurrimiento del agua de lluvia y evita la sobre saturación del mismo. Se visualiza que dicho depósito está compuesto por fragmentos de roca en matriz arena limosa, de compacidad media.

Fotografía N° 48: Se visualizan las características del depósito glaciar izquierdo de la laguna Rajucolta.



Fuente: INAIGEM, Julio 2017.

En la inspección realizada, se identificó al lado izquierdo del dique de regulación, el vertedero de demasías, el mismo que cuenta como protección anterior con un sistema de gaviones tipo caja de 3 niveles, visualizándose que el suelo de fundación de dicha estructura ha sufrido socavación, situación que ha generado que dicha estructura se

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

encuentre en riesgo de colapso. a dicha situación se suma el hecho de que el talud adyacente al canal de vertedero de demasías tiene una inclinación promedio de 70° y tratándose de un depósito glaciar de compacidad media, esta sufre desplomes de manera permanente, y genera el riesgo de obstrucción del vertedero de demasías, situación que no permitiría el flujo continuo de suscitarse la sobre saturación del talud.

Fotografía N° 49: Se visualiza el estado de los gaviones de protección del vertedero de demasías de la laguna Rajucolta.



Fuente: INAIGEM, Julio 2017.

De otra parte, respecto del canal de salida y aliviadero, se identificó que el talud adyacente a dichas estructuras, es elevado (altura aproximada de 50m), con una inclinación que va de 65° a 70° , siendo su composición de fragmentos de roca en matriz limo arenosa de compacidad de media a baja, con cobertura de vegetación menor.

Fotografía N° 50: Vistas del Vertedero de Demasías.



Fuente: INAIGEM, Julio 2017.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 51: Depósito Glaciar Derecho, zona posterior al dique: se visualiza un conglomerado de fragmentos de roca en matriz limo arenosa de compacidad de baja a media (Al margen derecho predominancia de arenas y al margen izquierdo predominancia de limos en la matriz del conglomerado).



Fuente: INAIGEM, Julio 2017.

Asimismo, en la zona terminal del depósito glaciar lateral izquierdo, se visualiza socavación en el terreno base de la estructura del canal, así como desprendimiento de parte de las geomembranas situadas en la zona de contacto de este depósito y el espejo de agua de la laguna, situación generada por acción hídrica, que pone en riesgo la estabilidad del canal.

Fotografía N° 52: Se visualizan los efectos de socavación por acción hídrica, en una zona adyacente del ingreso al vertedero de demasías.



Fuente: INAIGEM, Julio 2017.

7.3.2. Estado Actual

Obras de Regulación y Protección

Se identificó en campo que la presa ubicada en la zona frontal de la laguna Rajucolta, correspondería a una presa de tierra, con un recubrimiento de gavión tipo Colchón Reno en la cara anterior, con grava de tamaño promedio de 20 cm; y en la cara posterior se tiene un recubrimiento de piedra grande acomodada de tamaño promedio de 50 cm. Siendo en este último visible el crecimiento de vegetación en los espacios existentes entre las partículas rocosas, situación que no representa un riesgo de alta magnitud, siendo la vegetación existente es vegetación menor, por ende, sus raíces son superficiales y no provocan daño. No obstante, es de precisar que, al lado derecho de la presa, cara anterior se visualiza un hundimiento de regular magnitud, hecho que deviene del asentamiento del terreno de base por pérdida de finos; lo cual se visualiza en la zona de contacto dique – depósito glaciar lateral, y fue descrito líneas arriba (sección 1).

En relación a las características del dique, se visualiza que este se encuentra recubierto por gaviones tipo Colchón Reno y piedra grande asentada; dicha condición permite el crecimiento de vegetación en los espacios libres; lo cual no genera una condición favorable adicional al comportamiento del cuerpo de la presa.

Fotografía N° 53: Cuerpo de la Presa de Tierra / recubierto con gavión tipo Colchón Reno, se visualiza el crecimiento de vegetación menor.



Fuente: INAIGEM, Julio 2017.

De otra parte, se advirtió que, en el canal de salida constituido por paredes de gavión tipo caja, no se evidencia la presencia de problemas estructurales que pongan en riesgo su adecuado comportamiento. Más aun, considerando que los gaviones son estructuras de comportamiento flexible.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Fotografía N° 54: Canal de Salida del Conduto de Desagüe de la Laguna Rajucolta.



Fuente: INAIGEM, Julio 2017.

No obstante, si se visualiza que en la zona anterior al vertedero de demasías se emplazan gaviones tipo caja, cuya base ha sufrido socavación, por ende, asentamiento por erosión en el terreno de base. Según vistas fotográficas:

Fotografía N° 55: Canal de Salida del Conduto de Desagüe de la Laguna Rajucolta.



Fuente: INAIGEM, Julio 2017.

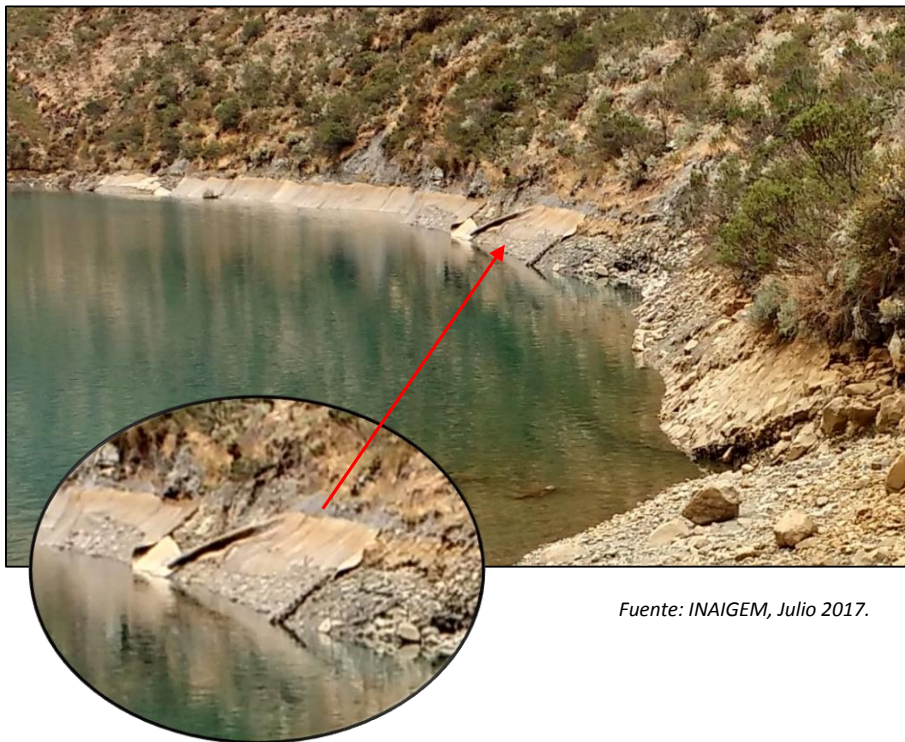
En relación al conducto cubierto que atraviesa el dique, en la fecha de inspección de obra, el nivel del espejo de agua cubría ampliamente la clave del conducto, situación que no permitió verificar el estado de dicha estructura. No obstante, se visualiza que el flujo de agua a través de él, es permanente.

Respecto al canal de rebose (concreto armado), este se encuentra expuesto y viene siendo afectado por la caída del material componente del talud, a consecuencia de la saturación del mismo, producto de las lluvias. La situación descrita pone en riesgo el funcionamiento continuo de dicho canal.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Asimismo, en la zona terminal del depósito glaciar lateral izquierdo, se emplaza la estructura de un canal, visualizándose socavación en su terreno base; asimismo, se visualiza desprendimiento de, parte de las geomembranas situadas en la zona de contacto del depósito glaciar lateral izquierdo y el espejo de agua de la laguna, situación generada por acción hídrica.

Fotografía N° 56: Se visualiza desprendimiento de parte de las geomembranas de protección de la base del talud.



Fuente: INAIGEM, Julio 2017.

7.3.3. Conclusiones

Los depósitos glaciares laterales correspondientes al vaso de almacenamiento de la laguna Rajucolta, están compuestas por fragmentos de roca en matriz de limos y arenas de compacidad media, cubiertas por vegetación menor, situación que favorece al escurrimiento del agua producto de lluvias. No obstante, al existir un contacto directo talud – espejo de agua (carente de un área de acumulación), existe el riesgo de desplome de parte del talud por debilitamiento de la base por arrastre hídrico.

La zona de contacto dique – depósito glaciar lateral derecho, ha sufrido un asentamiento, por arrastre hídrico en el terreno de base, situación evidenciada por la existencia de la depresión de un área aproximada de 40 m², en 8 cm; así como la existencia de cavernas de regular tamaño en la zona terminal del depósito glaciar lateral derecho.

Se visualiza la existencia de glaciares colgantes, situación que pone en riesgo el nivel de la laguna, producto de oleaje.



7.3.4. Recomendación

Recomendar a la empresa ORAZUL S.A.C la ejecución de obras de protección en la zona perimetral del vaso de la laguna, siendo que al poseer taludes elevados y no contándose con zonas de acumulación, existe el riesgo potencial de erosión hídrica de la base de los taludes (zona de contacto espejo de laguna – depósitos glaciares laterales izquierdos), consecuentemente desplome de taludes elevados sobre la laguna. Asimismo, deberá evaluar a detalle la zona anterior derecha del dique de regulación y depósito glaciar adyacente, a fin de determinar con precisión las causas de su asentamiento, a fin de adoptar las acciones necesarias.

Asimismo, es recomendable la evaluación de los glaciares colgantes, determinando los probables volúmenes a desplomarse y el efecto que tendrían sobre la laguna y sus obras de seguridad y regulación.

8. ANÁLISIS DEL NIVEL DE PELIGRO

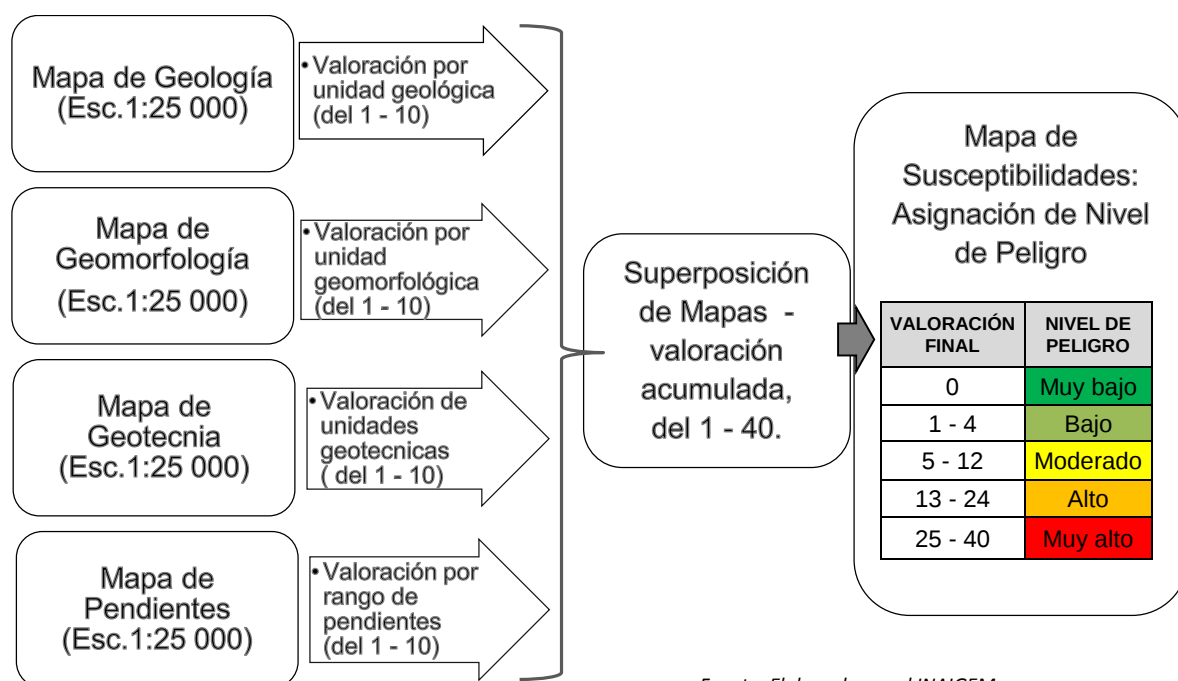
8.1. Análisis Geoespacial “Multicriterio” para la Determinación de Niveles de Peligro de la Sub Cuenca del río Pariac.

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 Pariac, 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 Nº 21).

Figura Nº 23: Modelo de Análisis Multicriterio para la Determinación de Niveles de Peligro de la Sub Cuenca del Río Pariac.



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

modelamiento cercano a la realidad de aluviones, consecuentemente nos elaborará permitirá elaborar el Mapa de Riesgos de la sub cuenca del río Pariac.

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 Pariac, se determinaron los niveles de peligro en toda la superficie comprendida en la sub cuenca del río Pariac; información que fue plasmada en el “Mapa de Susceptibilidad a Movimiento de Masas de la Sub Cuenca del Río Pariac” (Ver Figura N° 22), y es detallada a continuación.

Niveles de Peligro Sub Cuenca del Río Pariac:

Muy Alto

Cabe precisar que, a cotas de altitudes bajas de la quebrada Pariac, predominan los niveles de peligro de alto a muy alto; situación que es visualizada entre otros, en el entorno de la laguna Rajucolata, sobre todo en la zona lateral derecha, siendo que, por las características físicas de los materiales circundantes, se presenta un nivel de peligro, predominantemente muy alto. De otra parte, en ambos lados de la quebrada Pariac, se presentan niveles de peligros de altos a muy altos, que van del nivel del río (4 100 m.s.n.m, promedio), hasta la cima de las laderas (4 500 m.s.n.m); a partir de dicha cota se identifican materiales, cuyo nivel de peligro va de moderado a bajo.

Alto

En torno a la laguna Rajucolta, se visualiza un nivel de peligro alto; estando enmarcada dicha laguna en la quebrada Pariac, se identificó que, entre las cotas 4 200 y 4 600 m.s.n.m aguas abajo de la laguna, se presentan niveles de peligros de 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 de Llacona y el punto de ingreso a la quebrada de Pariac, posee un nivel de peligro alto, situación determinada por las características físicas y de formación del entorno.

Moderado a Bajo

En la quebrada Pariac, se determinó que, a partir de los 4 500 m s.n.m hasta la cima (5200 m s.n.m), se determinaron niveles de peligro de moderados a bajos.

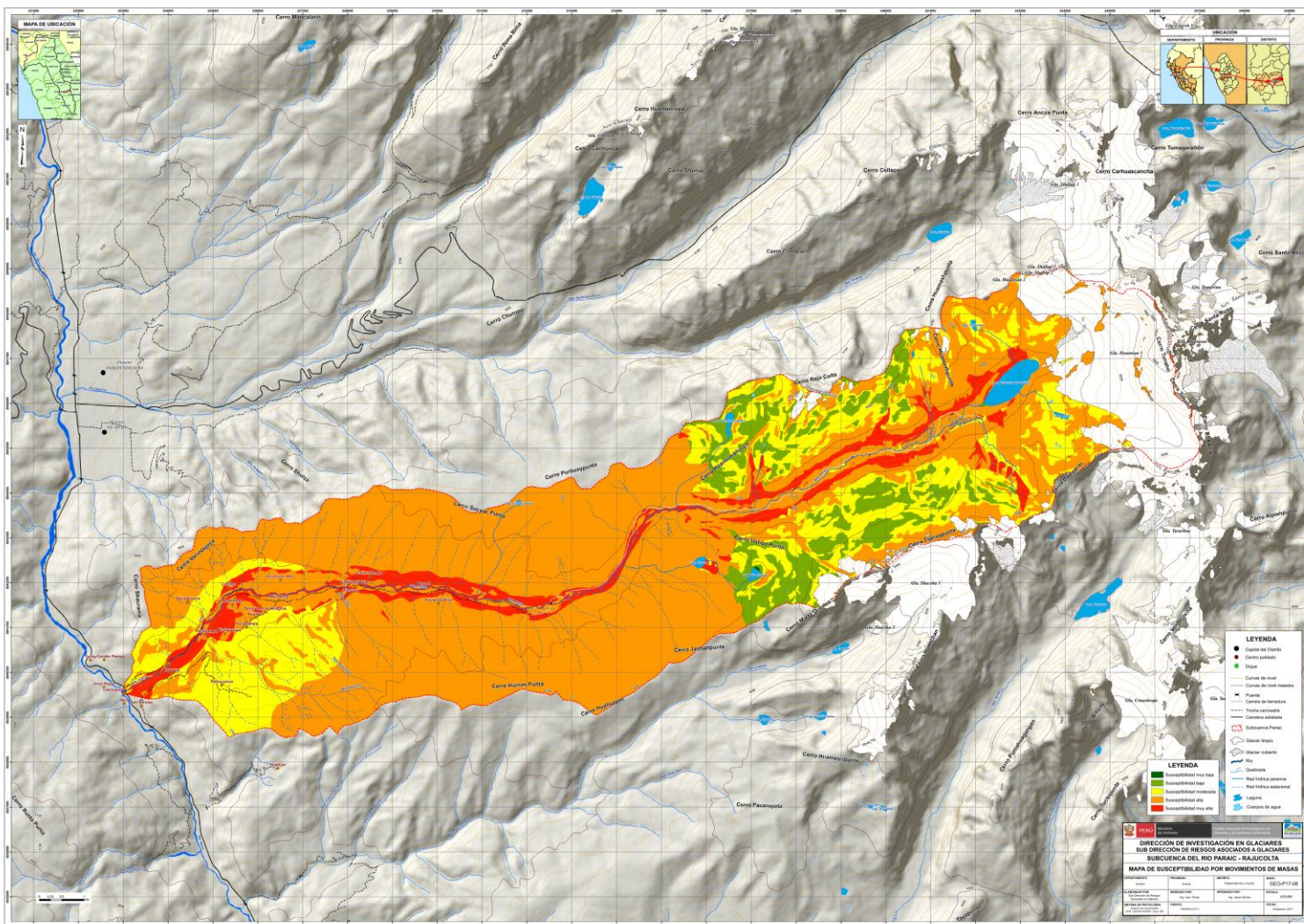
Muy Bajo

Las zonas que presentan niveles de peligro muy bajos, únicamente se presentan en la parte posterior de la laguna Misaccocha.

Cabe destacar que el nivel de peligro en la quebrada Pariac, 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.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Figura N° 24: Mapa de Susceptibilidad a Movimiento de Masas de la Sub Cuenca del Rio Pariac.



Fuente: INAIGEM, Diciembre 2017.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. Conclusiones

- ✓ La quebrada Pariac es un valle glaciar con la presencia de varios cuerpos de aguas o lagunas en su parte alta o cabecera (lagunas Rajucolta, Huamash y Ahuac) y en su parte media (lagunas Warmihuanushca, Misaccocha y Tururu); es parte de la subcuenca del río Pariac y éste a su vez, es parte de la Cuenca del río Santa. El drenaje superficial principal corresponde al río Pariac que nace desde las lagunas Rajucolta, Huamash y Ahuac y cuyas aguas drenan directamente al río Santa.
- ✓ Geológicamente, la zona en investigación está dominado por rocas intrusivas correspondiente al Batolito de la Cordillera Blanca, cuya naturaleza varía entre granodiorita a tonalita metamorfizadas. En las zonas posteriores de la laguna Rajucolta; están conformadas por rocas sedimentarias de la Formación Chicama: representado por estratos de areniscas, limolitas y arcillitas. La parte media a baja de la subcuenca, está compuesta por depósitos cuaternarios producto del retroceso glaciar (Depósitos glaciáricos), que en algunos sectores se confunde con depósitos erosionados del volcánico Calipuy. La parte baja de la subcuenca, cercana al río Santa está compuesta de rocas tipo toba y volcánico sedimentario del Grupo Calipuy, muy erosionado. La erosión y alteración de éste tipo de roca, le da una característica poco competente, susceptible a diferentes eventos geodinámicos. Es por ello que en la parte baja es donde más se evidencia asentamientos, derrumbes y deslizamientos.
- ✓ Hay afloramientos de rocas sedimentarias mineralizadas de la Fm. Chicama, que aportan minerales pesados hacia la laguna Rajucolta y al curso principal del valle.
- ✓ Hacia el final de la litología granodiorítica/tonalítica, del Batolito de la cordillera Blanca, donde el valle glaciar se amplía, encontramos la falla de la Cordillera Blanca separando dos ambientes con características geomorfológicas diferentes, siendo esta estructura una de las más importantes de este valle glaciar.
- ✓ Geomorfológicamente, esta subcuenca está constituido por dos paisajes o relieves dominantes:
 - a. Montañoso, constituido por la zona alta(o cabecera de la subcuenca) del valle de origen glaciar donde predominan los cuerpos de agua o lagunas y zona media del valle de origen glaciar, separando a estos dos ambientes con características geomorfológicas diferentes, se tiene a la falla de la Cordillera Blanca.
 - b. Colinoso, constituido íntegramente por la zona baja del valle, que tiene un origen fluvial. Existiendo diversas geoformas.
- ✓ Geotécnicamente, se ha realizado el control estructural del basamento rocoso mediante la ejecución de quince (15) estaciones de mapeo geotécnico (EMG).

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

Se ha realizado en macizos rocosos de origen intrusivo y sedimentario cuya Resistencia (o dureza) en términos de ISRM se ha obtenido cualitativamente como R4 (Roca Dura) en roca intrusiva y R3 (Roca Dura) en roca sedimentaria. Esta información se deberá confirmar con la ejecución de algunos ensayos de laboratorio.

- ✓ Estructuralmente, se ha obtenido siete (07) sistemas de familias principales de discontinuidades en base a los resultados preliminares de las Estaciones de Mapeo Geotécnico ejecutadas, cuyas orientaciones son: **NE-SW, NW-SE, ENE-WSW, NNE-SSW, NNW-SSE, N-S, E-W**.
- ✓ El sistema de diaclasas dentro de las areniscas de la Fm. Chicama en la cabecera de la subcuenca del río Pariac, consiste de un grupo de familias de diaclasas de rumbo **NW-SE** y otra familia de rumbo aproximado **NE-SW**.
- ✓ La subcuenca Pariac en 1970 tuvo una área glaciaria de 14.66 km² y al 2015 fue de 10.35 km², la cual significa una pérdida del 29% con una tasa de retroceso de 0.7%/año y una reducción de volumen del 22%.
- ✓ En la subcuenca Pariac, el área de la laguna se ha incrementado en 14.88%, pasando de 752 043.50 m² a 863 941.51 m² durante el periodo 1980-2015. Además, para el año 2015 se han identificado 2 lagunas nuevas en comparación a las identificadas en el año 1980.
- ✓ Según la clasificación GLIMS, los glaciares en su mayoría son de tipo glaciar de montaña con el 92.31% que cubren un área de 1.63 km² para la Subcuenca Pariac.
- ✓ Las condiciones de peligrosidad de la laguna Rajucolta, según el mapa de Susceptibilidad, se estima desde moderada a muy alta, lo cual se puede explicar desde tres aspectos: uno con respecto a la presencia de una lengua glaciar de considerable dimensión ubicada en la parte alta de la laguna, desde donde podrían caer grandes avalanchas, debido a la pendiente del glaciar a la laguna, que es aproximadamente de 52%, pudiendo generar oleajes que sobrepasen el dique construido y den lugar a un aluvión de gran magnitud que podría afectar las localidades ubicadas en la parte baja como Macashca y de manera indirecta la ciudad de Huaraz; el segundo aspecto es que el volumen almacenado supera los 17 millones de m³ y el tercer aspecto es el diseño de construcción del dique de regulación, el cual es de poca altura y soporta una considerable fuerza hidráulica sobre el talud interior de la laguna.
- ✓ El nivel de susceptibilidad está relacionada con la presencia de masas de hielo en los frentes glaciares, ocurriendo desplomes que generan avalanchas que en parte son fragmentadas antes de llegar a la laguna, sin embargo un evento

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

sísmico de gran magnitud podría cambiar drásticamente estas condiciones. En estos frentes glaciares se han identificado 19 masas de hielo colgantes que al desprenderse, podrían generar oleaje e incrementar en forma considerable el volumen de la laguna, originando un posible desborde de la laguna, seguido de un aluvión a lo largo de la quebrada Pariac.

- ✓ El material de arrastre que se generaría por una avalancha seguido de un aluvión, sería material cuaternario de origen fluvioglacial, fluvial, coluvial, aluvional y glaciático.

10.2. Recomendaciones

- ✓ Realizar ensayos de laboratorio de mecánica de rocas (que sirven como data input en el diseño de cualquier excavación en roca) y mecánica de suelos (que sirve para clasificar el suelo y obtener sus parámetros geotécnicos).
- ✓ Realizar ensayos geotécnicos in-situ de las morrenas frontal y lateral de la laguna Rajucolta, para determinar su capacidad portante, resistencia y la estabilidad de los taludes tanto internos como externos de las morrenas de dicha laguna.
- ✓ Con el mapa de susceptibilidad ya generado, se debe continuar con la elaboración de un modelo de flujos de escombros (aluviones) para evaluar los impactos que un desborde pueda ocasionar aguas abajo de la laguna glaciar y proponer medidas de mitigación, en la subcuenca de la quebrada Pariac.
- ✓ Continuar con los estudios complementarios respecto a la vulnerabilidad y Estimación del Riesgo.
- ✓ Monitoreo y control permanente del glaciar Huantsán, con el uso de geo-radar; determinando la dinámica de las masas glaciares colgantes con riesgo de desprendimiento hacia la laguna Rajucolta.
- ✓ Realizar mantenimientos periódicos de las obras de seguridad, y resanes necesarios de en épocas de máximas precipitaciones.

11. 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.
- 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., & Haeberli, 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>.
- CESEL S.A. (2002). *Estudio de Ingeniería para la Regulación de la laguna Rajucolta.*
- Cobbing et al. (1981). The geology of the Western Cordillera of Northern Peru. En *Overseas Memoir of the Institute of Geological Science* (pág. 143). London.
- Dozier, Jeff. (1989). Spectral signature of alpine snow cover from the Landsat Thematic Mapper . En *Remote Sensing Environmental* (págs. 28:9-22).
- ELECTROPERU, UC. (1975). Memoria Bienal del Programa de Glaciología y Seguridad de Lagunas 1973–1974. Huaraz.
- FAO . (1968). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.*
- Francou et. al. (2004). *Journal of Geophysical Research*, 109.
- Francou, B. (2004). *Glacier shrinkage and water resources in the Andes. Meeting report of Huaraz.*
- 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>.



“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

- Haeberli, W. and, & Hoelzle, M. (1995). Application of inventory data for estimating characteristics of and regional climate-change effects on mountain glaciers : a pilot study with the European Alps. En *Annals of Glaciology* (págs. 21, 206–212).
- 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.
- INAIGEM. (2017). Revista de Glaciares y Ecosistemas de Montaña.
- 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].
- Ing. M Zapata L. (2002). La dinamica glaciar en lagunas de la Cordillera Blanca. *Acta Montana, Serie A, Geodynamica, 19*, (págs. 37–60).
- INGEMMET. (1967). *Geología de los Cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Hojas: 17-h, 17-i, 18-h, 18-i, 19-g y 19-i. Boletín N°16*. Lima: Actualizado por la Dirección de Carta Geológica Nacional a 1995 [BOLETIN N° 60.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].
- 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>.
- 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>.
- Mcfeeters, 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. (2015). *Mapa Nacional de Cobertura vegetal*.
- Morales. (1961).
- Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). (2001). *Cambio Climático y Biodiversidad*.



“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

- 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.
- 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>.
- Simon Cook. (2016). *Glacier Change and Glacial Lake outburst flood risk in the Bolivian Andes, The Cryosphere*.
- Stewart et al. (1974). *Age determinations from Andean Peru: A reconnaissance survey*. Geological Society of America Bulletin N° 85.
- Úbeda, J. (2010). *El impacto del cambio climático en los glaciares del complejo volcánico Nevado Coropuna (Cordillera Occidental de los Andes Centrales)*. Madrid.
- 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>.
- WGMS. (2008). *Global Glacier Changes : facts and figures Contents*. Zurich: (W. G. M. Service, Ed.) (UNEP).

12. 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. Anfíbolita: 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 Diálogo y la Reconciliación Nacional”

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 Km²).
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.
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.
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.
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

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

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. Grauwaca: 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 deshielan 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 alledaño 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, 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.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

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. Micaesquistos: producto del metamorfismo de las rocas ígneas volcánicas con alto contenido de micas, cuarzo y feldespatos o de otras rocas sedimentarias que contienen estos minerales.
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 glacial 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 máximo avance o posición de reavance.
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.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

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 criptocrystalina 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.
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.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

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.
130. Sismología: ciencia que estudia el origen, intensidad y todos los aspectos y efectos relacionados con los temblores y terremotos.

“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

131. Sobreescurremientos: 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 Km² y menores de 100 Km².
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 Porfírica: 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 m³ 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 m³ de agua al año.



13. 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 satélite de los glaciares del mundo).
13. UTM: Universal Transverse Mercator (sistema de coordenadas transversal de Mercator).
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