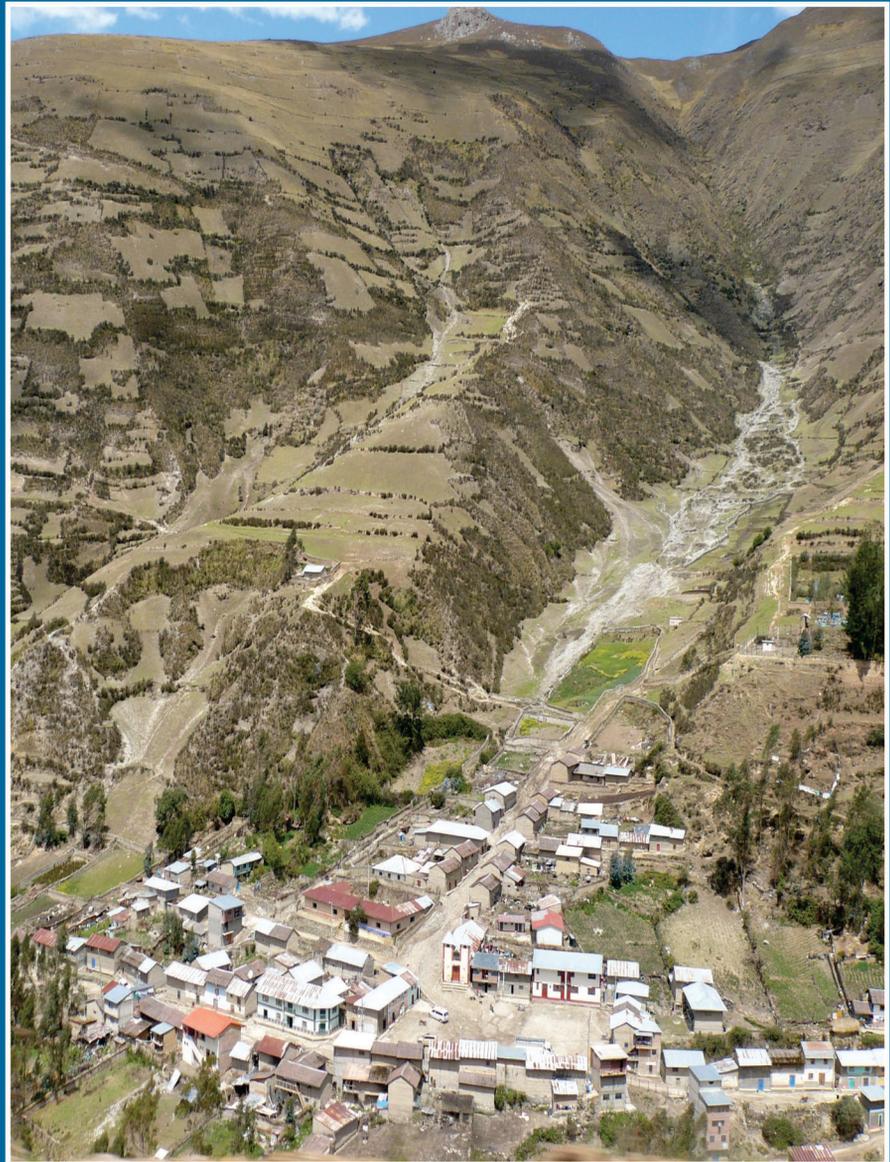


**INGEMMET, Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica
N° 73**



Peligro Geológico en la Región Pasco

**Lima, Perú
2020**



INGEMMET, Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica
N° 73

Peligro Geológico en la Región Pasco

**Dirección de Geología Ambiental y Riesgo
Geológico**

Equipo de Investigación:

**Griselda Luque Poma
Malena Rosado Seminario
Walter Pari Pinto
Fluquer Peña Laureano
Melanie Huamán Nieto**

Lima, Perú
2020

INGEMMET, Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica
N° 73

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2020-02256

Nombre del autor(es). "Esta es una obra colectiva"

Razón Social: Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET)

Domicilio: Av. Canadá N° 1470, San Borja, Lima, Perú

Primera Edición, INGEMMET 2020

Se terminó de imprimir el 14 de febrero 2020 en los talleres de INGEMMET

Tiraje: 50

© **INGEMMET**

Presidente Ejecutivo: Henry Luna Córdova.

Gerente General (e): Yelena Alarcón Butrón.

Comité Editor: Jorge Chira Fernández, César Chacaltana Budiel, Verónica Falcone

Mispireta.

Dirección encargada del estudio

Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico: César Chacaltana Budiel.

Unidad encargada de edición

Unidad de Relaciones Institucionales: Verónica Falcone Mispireta.

Revisión Técnica: Jorge Chira Fernández, Bilberto Zavala Carrión, Lionel Fidel Smoll,
Hugo Rivera Mantilla.

Revisor Externo: Ricardo Aniya Kohatsu.

Corrección gramatical y de estilo: Nelly Córdova Núñez.

Diagramación: A&M Soluciones Tecnológicas.

Fotografía de la carátula: Huaico en el centro poblado Chipa, distrito de Huachón,
provincia de Pasco, región Pasco

Referencia bibliográfica

Luque, G., Rosado, M., Pari, W. & Peña, F. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la
región Pasco. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 73,
202 p, 9 mapas.

Publicación disponible en libre acceso en Repositorio Institucional del Ingemmet. La
utilización, traducción y creación de obras derivadas de la presente publicación están
autorizadas, a condición de que se cite la fuente original ya sea contenida en medio
impreso o digital (<https://repositorio.ingemmet.gob.pe>).

Los términos empleados en esta publicación y la presentación de los datos que en ella
aparecen son de exclusiva responsabilidad del equipo de investigación.

Contenido

RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	9
CAPÍTULO I.....	11
INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 PRESENTACIÓN.....	11
1.2 ANTECEDENTES.....	11
1.3 ALCANCES DEL ESTUDIO.....	12
1.4 PARTICIPACIÓN.....	12
1.5 OBJETIVOS.....	12
1.6 METODOLOGÍA.....	12
1.7 AGRADECIMIENTOS.....	13
CAPÍTULO II.....	15
ASPECTOS GENERALES.....	15
2.1 SITUACIÓN DE LA REGIÓN.....	15
2.2 OCUPACIÓN ANTRÓPICA.....	17
2.2.1 Densidad poblacional.....	17
2.2.2 Crecimiento poblacional.....	19
2.3 INDICADORES SOCIOECONÓMICOS.....	20
2.3.1 Indicadores de pobreza.....	20
2.3.2 Indicadores de vivienda.....	20
2.3.3 Indicadores de educación.....	23
2.3.4 Indicadores de salud.....	23
2.4 INFRAESTRUCTURA MAYOR.....	24
2.4.1 Red vial terrestre.....	24
2.4.2 Transporte aéreo.....	26
2.4.3 Servicios de telecomunicaciones.....	26
2.5 ACTIVIDAD MINERA.....	26
2.6 CLIMA.....	29
2.6.1 Temperatura y humedad.....	29
2.6.2 Precipitación.....	29
2.7 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.....	32
2.8 COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO.....	34
2.8.1 Bosques de zonas húmedas - zonas pluviales.....	34
2.8.2 Matorral de zonas áridas - zonas húmedas.....	36
2.8.3 Herbazales de zonas húmedas - zonas pluviales.....	36
2.8.4 Coberturas antrópicas.....	37
2.8.5 Otras áreas.....	38
CAPÍTULO III.....	39
CONTEXTO LITOLÓGICO ESTRUCTURAL.....	39
3.1 GENERALIDADES.....	39

3.2 UNIDADES LITOLÓGICAS.....	39
3.2.1 Unidad I: Depósitos inconsolidados	39
3.2.2 Substrato rocoso	41
3.3 ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	48
CAPÍTULO IV.....	51
CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO.....	51
4.1 GENERALIDADES.....	51
4.2 PENDIENTE DE LOS TERRENOS.....	51
4.3 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.....	52
4.3.1 Unidades de carácter tectónico-degradacional y erosional.....	52
4.3.2 Unidades de carácter depositacional y agradacional	64
CAPÍTULO V.....	75
ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS	75
5.1 GENERALIDADES.....	75
5.2.1 Acuíferos.....	75
5.2.2 Acuitardos (AT)	79
CAPÍTULO VI.....	81
PELIGROS NATURALES	81
6.1 GENERALIDADES.....	81
6.2 REGISTROS HISTÓRICOS DE EVENTOS DESASTROSOS EN LA REGIÓN	83
6.3 PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA REGIÓN	87
6.3.1 Movimientos en masa.....	88
6.3.2 Peligros geohidrológicos	99
6.3.3 Otros peligros geológicos	103
6.4 PELIGROS SÍSMICOS	108
6.4.1 Distribución de máximas intensidades sísmicas	108
6.4.2 Distribución espacial de los sismos.....	110
6.4.3 Estudio sísmico probabilístico	110
6.4.4 Zonificación y aceleraciones máximas	110
6.4.5 Movimientos en masa detonados por sismos.....	115
6.4.6 Licuación de suelos y deformaciones superficiales.....	115
6.4.7 Actividad neotectónica	116
6.5 OTROS PELIGROS	117
CAPÍTULO VII.....	119
MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD	119
7.1 GENERALIDADES.....	119
7.2 SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA.....	119
7.3 SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES Y EROSIÓN FLUVIAL.....	123
7.4 VALIDACIÓN DE LOS MAPAS DE SUSCEPTIBILIDADES.....	123
CAPÍTULO VIII.....	127
ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS	127
8.1 GENERALIDADES.....	127
8.2 ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS.....	127
8.2.1 Provincia Daniel Alcides Carrión.....	127
8.2.2 Provincia Pasco.....	127
8.2.3 Provincia Oxapampa	128

CAPÍTULO IX.....	171
ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE PROBLEMAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS	171
9.1 GENERALIDADES	171
9.2 MEDIDAS PREVENTIVAS Y/O CORRECTIVAS	171
9.2.1 Mitigación de peligros por caídas de rocas y derrumbes	172
9.2.2 Mitigación de peligros por deslizamientos	179
9.2.3 Mitigación de peligros por huaicos	181
9.2.4 Mitigación de peligros por erosión de laderas	184
9.2.5 Mitigación de peligros por inundación y erosión fluvial.....	186
9.2.6 Mitigación de peligros por hundimientos y subsidencias.....	186
9.3 SISTEMAS DE ALARMAS	188
CONCLUSIONES.....	191
RECOMENDACIONES	193
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	195
RELACIÓN DE MAPAS E ILUSTRACIONES	201

RESUMEN

El objetivo general del estudio es contribuir al desarrollo sostenible en la región Pasco, al mejoramiento de las condiciones de vida de sus habitantes, y brindar a las autoridades y la población en general información base y temática sobre los problemas de peligros geológicos que los afecta.

Las unidades geomorfológicas en la región Pasco se encuentran diferenciadas en dos grandes unidades de relieve: a) Geoformas de carácter tectónico-degradacional y erosional y b) Geoformas de carácter deposicional y agradacional; además de estas geoformas, la pendiente de los terrenos es un factor importante en la clasificación de las unidades geomorfológicas, tomándose en consideración seis rangos o grados de pendiente: muy baja < 1° (15.3% del total), baja entre 1°-5° (17.6%), media entre 5°-15° (23.3%), fuerte entre 15°-25° (19.8%), muy fuerte entre 25°-45° (22.8%) y abrupta >45° (1.2%). Las primeras geoformas se agrupan en montañas, colinas, lomadas y laderas, las que presentan mayor distribución en la región, estando su origen ligado a procesos sismo-tectónicos, volcánicos y erosivos ocurridos a lo largo de su historia geológica; las otras geoformas de carácter deposicional y agradacional se dividen en función de su origen en: piedemontes, abanicos, morrenas, valles fluviales y glaciares, terrazas aluviales, planicie aluvial, llanura o planicie inundable, laguna y cuerpos de agua, bofedales, isla fluvial y depósitos antropógenos como rellenos, botaderos.

Los peligros geológicos analizados para la región se basan en un análisis histórico, inventario y comprobación de campo, con información propia y de otras fuentes bibliográficas. Se han identificado e inventariado 980 eventos, según su origen: por movimientos en masa (75.4%); peligros geohidrológicos (14.5%) y otros peligros geológicos (10.1%). En función a la tipología similar una mayor frecuencia de: caídas y derrumbes (35.9%), deslizamientos (11.0%), flujos de detritos, lodo y avalanchas (20.6%), movimientos complejos (1.9%) y reptación de suelos (6.0%), inundaciones fluviales y lagunares (4.5%), erosión fluvial (10.0%), y otros peligros geológicos como erosión de laderas, hundimiento (10.1%).

Completando el análisis de peligros geológicos se consideran los peligros sísmicos. En la región prevalecen sismos con intensidades máximas que oscilaron entre V y IX (MM). Los

datos históricos disponibles en relación con los acontecimientos sísmicos ocurridos en Perú indican una intensa actividad sísmica en la parte central-oriental de la región. Algunos movimientos en masa fueron activados por estos sismos como es el caso de Chontabamba y Chorobamba, tramos de la carretera a Huancabamba y Paucartambo por efecto del sismo del 24 de diciembre de 1937, así como procesos de licuación de suelos. De acuerdo con el estudio sísmico probabilístico las áreas más propensas a soportar aceleraciones importantes se encuentran en el sector este de la región (Puerto Bermúdez, Iscozacín). También, se determinó aceleraciones que varían entre 0.290 g y 0.422 g, correspondiente a una categoría de alta a muy alta sismicidad. Estudios anteriores sobre neotectónica y sismotectónica del Perú han permitido identificar la presencia de fallas activas en la región y alrededores, muchas de las cuales producen sismos continuamente (Cayesh, Atalaya y Huaytapallana).

Para el análisis de la susceptibilidad a los movimientos en masa (deslizamientos, flujos, caídas entre otros), se prepararon mapas temáticos de litología, pendientes, geomorfología, hidrogeología y cobertura vegetal. Luego, se aplicó el método de ponderación de factores (método heurístico, indirecto y cualitativo). Se consideró cinco categorías, las cuales se mencionan su distribución espacial:

- Las zonas de muy alta y alta susceptibilidad. Tienen una distribución importante en la región, se encuentran en el sector occidental de la región: vertientes de laderas de los ríos Tingo (Pallanchacra) y Huallaga (Huariaca, Ticalcayán), San José (Huayllay), laderas de los cerros Uncush Pucro y Condorcchichi; vertientes inferiores de las laderas de la quebrada Quillán (entre Caninaco y Tangurpunco), Pancay (Tupac), carretera central Buena Vista-Tambo del Sol Viejo a 2 km de Ninacaca, Laderas de los cerros Cortadera, Andacancha, Hushcuccacca y Huchuc Huanca. Cerros Llantashpunta, Jelgash, Yanachacca, Lomas Lahuacunca, Rumi Cruz y Torioc. Sector central de la región: laderas en los valles de los ríos Huachón que descienden desde Huancash hasta Tingo del Huallca, Paucartambo y Bellavista desde Cuchambra hasta la localidad de Yaupi; vertientes de montañas localizadas al oeste de Pampacolca y Piscopampa. Cerros Sillapta, Maraynioc, Marca Marca. Vertientes de

las laderas en ambos márgenes de los ríos Santa Cruz, Chorobamba y Pozuzo. Sector oriental de la región: Vertientes de las laderas del río Chinchihuani al noreste del distrito Constitución, límite con la región Ucayali.

- Las zonas de media susceptibilidad. Con una regular distribución se encuentran principalmente en la altiplanicie aluvial sedimentaria, al centro y sur occidente de la región; laderas inferiores de la Cordillera Callejón, de colinas y montañas como Jocco punta, Canchas Punta; cerros Jatun Huaguia, Huahurar, Pishua Jirca, Mancan Pucro. Son terrenos ubicados en las cabeceras, así como en las laderas de colinas al este de la región.
- Las zonas de baja susceptibilidad. Se localizan en la zona de bofedales y pampas Mitocancha y Picón disectadas por los ríos Condorconcha, Huascán, Yahuramayo, Maray Chaca, en la superficie localizada sobre los poblados de Yurcaya, Huaylas, Bocan, Pacorán Chico, Paucarcoto; terrenos planos localizados en terrazas de ríos y quebradas de la región. Así como en las colinas y lomadas al este de la región, en el límite con la región Ucayali.
- Las zonas de muy baja susceptibilidad. Corresponden a terrenos llanos con pendientes inferiores a 1°. Se relacionan a geoformas de terrazas medias, terrazas bajas, planicies disectadas, complejos de orillares antiguos y sistemas de pantanos. Se distribuyen en los valles principales al este de la región como los ríos Nazarategui, Pichis, Ancayali, Apurucayali, Palcazú, Pozuzo, entre otros. En el centro

de la región, valle de los ríos Paucartambo, Chorobamba, Huancabamba. Al oeste de la región, los valles de los ríos Chaupihuarango, Huallaga, Mantaro, entre otros.

En la región Pasco, las inundaciones combinadas con la erosión fluvial son las que afectan principalmente a las poblaciones que se encuentran en la Llanura Amazónica. Estas ocurrencias se producen por desborde y cambio de nivel de agua de los ríos Huaylamayo, Huancabamba, Paucartambo, Chorobamba, Iscozacín, Pichis, Palcazú, Pachitea y sus tributarios principales, y son las zonas de alta y muy alta susceptibilidad a las inundaciones y erosiones fluviales.

Se han identificado un total de 30 zonas críticas por peligros geológicos en la región Pasco. La mayor cantidad de zonas críticas a la ocurrencia de peligros geológicos se ubica en la provincia Pasco (13) seguido por las provincias Oxapampa (9) y Daniel A. Carrión (8).

Finalmente, se proponen algunas alternativas para el manejo de los problemas generados por los movimientos de masa en la región. Se dan las conclusiones generales, y se incluyen los anexos del informe técnico. Los mapas temáticos fueron elaborados a escala 1:50 000 e impresos a escala 1:500 000, respectivamente, los cuales fueron elaborados con ayuda del Sistema de Información Geográfico. Su utilización como herramientas de prevención proporciona una base importante para la planificación y ordenamiento territorial.

ABSTRACT

The main objective of the study is to contribute to sustainable development in the Pasco region, to improve the living conditions of its inhabitants, providing the authorities and the population in general, basic and thematic information on the problems of geological hazards that affect them.

The geomorphological units in the Pasco region are differentiated into two large units of relief: Geoforms of tectonic-degradational and erosional character and b) Geoforms of depositional and aggradational character. In addition to these geoforms, the slope of the land is an important factor in the classification of the geomorphological units, taking into consideration six ranges or degrees of slope: very low $<1^\circ$ (15,3% of the total), low between $1^\circ - 5^\circ$ (17,6%), average between $5^\circ - 15^\circ$ (23,3%), strong between $15^\circ - 25^\circ$ (19,8%), very strong between $25^\circ - 45^\circ$ (22,8%) and abrupt $> 45^\circ$ (1,2%). The first geoforms are grouped in mountains, hills and slopes, presenting greater distribution in the region, its origin being linked to seismic-tectonic, volcanic and erosive processes occurring throughout its geological history; The other geomorphs of a depositional and aggradational are divided according to their origin: piedmont, fans, moraines, fluvial valleys and glaciers, alluvial terraces, alluvial plain, floodplain, lagoon and bodies of water, bofedales, fluvial island and anthropogenic deposits such as landfills, dumps.

The natural hazards analyzed for the region are based on historical analysis, inventory and field verification, with their own information and other bibliographic sources. 980 events have been identified and inventoried, according to their origin: by mass movements (75,4%); geohydrological hazards (14,5%) and other geological hazards (10,1%). According to the similar typology a greater frequency of: falls (35,9%), landslides (11,0%), debris flows, mud and avalanches (20,6%), complex movements (1,9%) and soil creep (6,0%), fluvial and lagoon floods (4,5%), fluvial erosion (10,0%), and other geological hazards such as slope erosion, subsidence (10,1%).

Completing the geological hazard analysis, seismic hazards are considered. In the region, earthquakes with maximum intensities that oscillated between V and IX (MM) prevail. The historical data available in relation to the seismic events that occurred in Peru indicate intense seismic activity in the central-eastern part

of the region. Some movements in mass were activated by these earthquakes, as is the case of Chontabamba and Chorobamba, sections of the highway to Huancabamba and Paucartambo due to the earthquake of December 24, 1937, as well as soil liquefaction processes. According to the probabilistic seismic study, the areas most prone to withstand major accelerations are found in the eastern sector of the region (Puerto Bermúdez, Iscozacín). It was also determined accelerations that vary between 0,290 g and 0,422 g, corresponding to a category of high to very high seismicity. Previous studies on neotectonics and seismotectonics in Peru have allowed the identification of the presence of active faults in the region and surroundings, many of which produce earthquakes continuously (Cayesh, Atalaya and Huaytapallana).

For the analysis of the susceptibility to mass movements (landslides, flows, falls among others), thematic maps of lithology, slopes, geomorphology, hydrogeology and vegetation cover were prepared. Then, the method of factor weighting (heuristic, indirect and qualitative method) was applied. Five categories were considered, which are mentioned their spatial distribution:

- The zones of very high and high susceptibility, have an important distribution in the region, are found in the western sector of the region: slope slopes of the Tingo (Pallanchacra) and Huallaga (Huariaca, Tlacayán) rivers, San José (Huayllay), hillsides of the Uncush Pucro and Condorcchichi hills; lower slopes of the slopes of Quillán creek (between Caninaco and Tangurpunco), Pancay (Tupac), Buena Vista-Tambo del Sol Viejo central highway 2 km from Ninacaca, hillsides of Cortadera, Andacancha, Hushuccacca and Huchuc Huanca hills. Hills Llantashpunta, Jelgash, Yanachacca, Lomas Lahuacunca, Rumi Cruz and Torioc. Central sector of the region: hillsides in the valleys of the Huachón rivers that descend from Huancash to Tingo del Huallca, Paucartambo and Bellavista from Cuchambra to the town of Yaupi; slopes of mountains located west of Pampacolca and Piscopampa. Hills Sillapta, Maraynioc, Marca Brand. Slopes of the slopes on both banks of the Santa Cruz, Chorobamba and Pozuzo rivers. Eastern sector of the region: Slopes of the slopes of the Chinchihuani River northeast of the Constitución district, bordering the Ucayali region.

- Areas of media susceptibility, with a regular distribution, are found mainly in the alluvial sedimentary plateau, in the center and south west of the region; lower slopes of the Cordillera Callejón, hills and mountains such as Jocco punta, Canchas Punta; Jatun Huagua, Huahurar, Pishua Jirca, Mancan Pucro hills. Land located in the headlands of the region. As well as on the hillsides east of the region.
- The areas of low susceptibility are located in the area of bofedales and pampas Mitocancha and Picón dissected by the rivers Condorconcha, Huascán, Yahuramayo, Maray Chaca, on the surface located on the towns of Yurcaya, Huaylas, Bocan, Pacorán Chico, Paucarcoto ; flat terrains located in terraces of rivers and streams of the region. As well as in the hills and the hills east of the region, on the border with the Ucayali region.
- Areas of very low susceptibility, corresponds to flat land with slopes lower than 1° . They are related to geofoms of medium terraces, low terraces, dissected plains, complex of ancient banks and systems of marshes. They are distributed in the main valleys to the east of the region such as the rivers Nazarategui, Pichis, Ancayali, Apurucayali, Palcazú, Pozuzo, among others. In the center of the region, valley of the rivers Paucartambo, Chorobamba, Huancabamba. To the

west of the region, the valleys of the Chaupihuarango, Huallaga, Mantaro rivers, among others.

In the Pasco region, floods combined with fluvial erosion are those that mainly affect the populations found in the Amazon Plain. These occurrences are caused by overflow and change of water level of the rivers Huaylamayo, Huancabamba, Paucartambo, Chorobamba, Iscozacín, Pichis, Palcazú, Pachitea and its main tributaries, and are areas of high and very high susceptibility to floods and erosions fluvial.

A total of 30 critical zones have been identified due to geological hazards in the Pasco region. The largest number of critical zones to the occurrence of geological hazards is located in the province Pasco (13) followed by the provinces Oxapampa (9) and Daniel A. Carrión (8).

Finally, some alternatives are proposed for the management of the problems generated by mass movements in the region. The general conclusions are given, and the annexes to the technical report are included. The thematic maps were prepared at a scale of 1:50 000 and printed at a scale of 1: 500 000 respectively, which were prepared with the help of the Geographical Information System. Its use as prevention tools provides an important basis for planning and territorial ordering.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PRESENTACIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) en el marco del cumplimiento de sus funciones, efectúa por medio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) el estudio de los peligros geológicos que afectan el territorio nacional. Continuando con un plan sistemático nacional realizó entre los años 2011 y 2012, el estudio “Estudio de Riesgos Geológicos en las regiones Pasco, Junín y Lima” (Proyecto GA25), buscando evaluar los procesos de movimientos en masa y peligros geohidrológicos que la afectan a centros poblados urbanos y rurales y obras de infraestructura, generando información geocientífica importante, que deberá tomarse en cuenta para la planificación de futuras obras de infraestructura y viviendas, contribuyendo además a la política nacional sobre gestión de riesgo de desastres (GRD).

Dentro de la región Pasco se ubican importantes poblaciones como Cerro de Pasco, Paucartambo, Huaríaca, Villa Rica, Oxapampa y asentamientos urbanos con expansión en los últimos años; se encuentran también pequeñas obras de carácter hidroenergético como bocatomas de irrigación, líneas de transmisión eléctrica, carreteras importantes que interconectan la sierra y la selva central del país. Una de las principales actividades económicas en la región es la minería, que se desarrolla desde la Colonia, representada por varias minas polimetálicas como Cerro de Pasco, Milpo, Colquijirca, Atacocha y Huarón; y la mina de oro Quicay; entre otras actividades económicas se tienen actividades agroindustriales, comerciales, industriales y turísticas, que ayudan al mantenimiento económico de la población. En la región también destacan áreas naturales protegidas como el Santuario Nacional de Huayllay en la meseta de Bombón, siendo uno de sus atractivos el Bosque de Piedras de Huayllay; encontrándose otras áreas naturales en el sector oriental ocupando zonas de la selva; además alberga sectores importantes del patrimonio cultural con zonas arqueológicas y tramos importantes del Qhapaq Ñam (camino Inca).

Pasco, debido a sus características geológicas, geográficas y climáticas se ve afectado con cierta periodicidad por la ocurrencia de procesos que ocasionan desastres, comprometiendo en diferente grado a poblaciones, vías de comunicación e infraestructura, generando altos costos en los trabajos de recuperación en las zonas afectadas, pérdida de vidas humanas y económicas, así como también la interrupción de actividades

socioeconómicas. Por estas razones, se considera la gran importancia del conocimiento y evaluación de los procesos de movimientos en masa causantes de la ocurrencia de desastres.

La presente memoria es el resultado de los trabajos de gabinete y campo realizados por profesionales especialistas en la evaluación de riesgo geológico, que INGEMMET pone a consideración de la comunidad científica, profesionales técnicos de la región, autoridades del gobierno regional y municipal, y entidades vinculadas a la GRD y zonificación ecológica-económica (ZEE).

Este trabajo contribuye al conocimiento de los aspectos geológicos del medio físico, la ubicación de las zonas críticas y la susceptibilidad a los peligros geológicos a los que se encuentran expuestos los centros poblados y obras de infraestructura existentes en la región Pasco, lo cual servirá para la implementación de políticas, programas y acciones de prevención ante los peligros naturales, coadyuvando al desarrollo planificado de infraestructuras y al ordenamiento territorial.

1.2 ANTECEDENTES

Existen pocos estudios e investigaciones que muestren la recurrencia de procesos de movimientos en masa e inundaciones que hayan afectado a centros poblados y sectores productivos en la región Pasco, tratándose generalmente de informaciones de carácter periodístico sin utilizar una caracterización estandarizada, adecuada de los peligros.

Sin embargo, si se cuenta con estudios de geología regional efectuados por INGEMMET en la región entre los años 1996-1998 (boletines Serie A Números 76, 77, 78, 80, 85, 88, 95, 98, 104 y 114), realizados a escala 1:100 000 y actualizaciones en el año 2012 (Boletín Serie A Número 144, cuadrángulo de Cerro de Pasco) a escala 1:50 000. Estos informes permiten determinar los tipos de rocas y estructuras geológicas, sus edades y las potencialidades de recursos minerales y energéticos. Desde el punto de vista geodinámico, la base de datos sobre peligros de geodinámica externa, preparada por la antigua Dirección de Geotecnia del INGEMMET (1997), utilizó información de diversos estudios técnicos, tesis de universidades, información del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, reportes periodísticos, entre otros, en donde se tenían registradas 70 ocurrencias de peligros geológicos y geohidrológicos en la región Pasco.

Durante el año 2005, INGEMMET desarrolló el estudio de Riesgos Geológicos del Perú: franja N°4, entre los paralelos 10°00' y 12°00' de latitud sur, evaluando la parte central de la región Pasco. Dicho estudio actualiza la data de ocurrencias de movimientos en masa y geohidrogeológicos registrada en la base de datos geocientífica SISBDGEO, en donde se menciona la existencia de 545 procesos geológicos entre huacos, deslizamientos, derrumbes, inundaciones, entre otros. Además, se tiene seis informes técnicos sobre evaluaciones de peligros geológicos (2003-2013) y tres validaciones de informes técnicos realizados por la DGAR que contemplan la data histórica analizada en el presente estudio.

Adicionalmente, se tomó en cuenta la data de 43 emergencias de peligros reportados por INDECI (1996-2013) así como otros trabajos de investigación en la región Pasco sobre temas de minería, cobertura vegetal, ordenamiento ambiental entre otros. Los más notables son los realizados por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN, actualmente INRENA) del Ministerio del Ambiente.

1.3 ALCANCES DEL ESTUDIO

El alcance principal de este estudio está relacionado al conocimiento de la geología aplicada a la identificación de los peligros geológicos (movimientos en masa) y geohidrológicos (inundaciones y erosión fluvial); a la evaluación de la susceptibilidad del ámbito territorial a los peligros, utilizando métodos heurísticos por lo que es importante la experiencia del evaluador y el uso de los SIG para generar información temática del medio físico, que sea de rápida obtención y útil para la prevención de desastres como para el ordenamiento territorial.

1.4 PARTICIPACIÓN

En el presente estudio participaron profesionales de ingeniería geológica, expertos en la evaluación de peligros geológicos de la DGAR, y profesionales en Sistemas de Información Geográfica (SIG) de la Dirección de Sistemas de Información del INGEMMET:

Ing. Griselda Luque Poma	Jefe de Proyecto Cartografía geodinámica e inventario y evaluación de peligros geológicos, geomorfología y análisis de susceptibilidad
Ing. Malena Rosado Seminario	Asistente en inventario de peligros geológicos y evaluación de la litología
Msc. Fluquer Peña Laureano Bach. Melanie Huamán Nieto	Hidrogeología (capítulo y mapa)

Ing. Walter Pari Pinto	Peligro Sísmico
Ing. Samuel Lu León	Sistemas de Información Composición, preparación e impresión de mapas

1.5 OBJETIVOS

El objetivo general del estudio es contribuir al desarrollo sostenible en la región Pasco, al mejoramiento de las condiciones de vida de sus habitantes, y brindar información temática a las autoridades y a la población sobre los problemas geológicos que los afectan, lo que es de suma utilidad para la gestión del riesgo de desastres.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Brindar información básica sobre el origen, causas y efectos de los peligros geológicos en la región.
- Continuar la cartografía e inventario sistemático de peligros geológicos y geohidrológicos a nivel nacional por regiones y conocer la geodinámica del territorio.
- Evaluar la susceptibilidad del territorio de Pasco a los peligros geológicos (movimientos en masa) y geohidrológicos (inundaciones y erosión fluvial).
- Identificar las zonas críticas a peligros geológicos en la región, como zonas vulnerables de la población e infraestructura, ante la posible ocurrencia de peligros naturales o la generación de desastres futuros.
- Generar información técnico-científica de calidad, que sea tomada en cuenta como instrumento para las políticas de prevención de desastres y Gestión de Riesgo como la ZEE y OT.
- Involucrar, comunicar y sensibilizar a la población en la temática de los peligros naturales, como los pueden afectar y que deben hacer para prevenir o reducir los riesgos a los que están expuestos.

1.6 METODOLOGÍA

La metodología empleada para el presente estudio consta de tres etapas de trabajo: Gabinete I, Campo y Gabinete II.

Gabinete I:

Los trabajos de gabinete I o preliminares consistieron en:

- Recopilación y evaluación de la información bibliográfica siguiente: topográfica, hidrometeorológica, geológica, sísmica, hidrogeológica, uso de suelo, obras de infraestructura y registro histórico de desastres.
- Generación del mapa topográfico base, utilizando hojas topográficas del Instituto Geográfico Nacional. La región

Pasco está comprendida en 16 hojas topográficas del IGN a escala 1:100 000 (Puerto Inca, Panao, Codo de Pozuzo, Río Palcazú, Renepachea, Yanahuanca, Ambo, Pozuzo, Chuchurras, Puerto Bermudez, Bolognesi, Cerro de Pasco, Ulcumayo, Oxapampa, Bajo Pichanaqui y Obenteni) y preparación del modelo digital de terreno (MDT) mediante sistemas de información geográfica (SIG).

- Generación de mapas temáticos preliminares para su respectiva comprobación de campo.
- Composición del mapa litológico a escala 1: 250 000 a partir de la cartografía geológica elaborada y actualizada por INGEMMET.
- Fotointerpretación y cartografiado de peligros geológicos (movimientos en masa) y geohidrológicos (inundaciones y erosión fluvial) mediante el uso de imágenes satelitales Landsat (TM), Google Earth y fotografías aéreas.
- Preparación de base de datos iniciales del inventario de peligros geológicos en la región Pasco.

Campo:

Los trabajos de campo se efectuaron en tres comisiones en el año 2011, haciendo un total de 75 días de trabajo de campo. En dichas salidas se realizaron las siguientes actividades:

- Inventario, caracterización y cartografiado de movimientos en masa, peligros geohidrológicos y otros peligros geológicos en hojas topográficas a escala 1:50 000.
- Evaluación preliminar de la seguridad física de centros poblados, obras de ingeniería no lineal y zonas críticas.
- Caracterización de unidades litológicas y unidades geomorfológicas en campo.
- Comunicación con comunidades (difusión del estudio y sensibilización a la población y autoridades sobre la temática de prevención de desastres). Acompañamiento de autoridades locales en la evaluación de peligros en algunos sectores de la región.

Gabinete II:

Los trabajos de gabinete II o finales consistieron en:

- Procesamiento y depuración de datos en base a la confrontación de la información obtenida en los trabajos de gabinete I y campo.
- Elaboración y preparación de una base de datos de peligros geológicos, geohidrológicos, que permita su incorporación a los SIG y la actualización de la base de datos nacional en el GEOCATMIN.
- Elaboración de mapas temáticos finales: cobertura vegetal (Mapa 1), litológico (Mapa 2), pendientes (Mapa 3), geomorfológico (Mapa 4), unidades hidrogeológicas (Mapa 5), inventario de peligros geológicos (Mapa 6).
- Integración de mapas temáticos a SIG y análisis de susceptibilidad a los movimientos en masa e inundaciones (Mapas 7 y 8).
- Determinación de zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos (Mapa 9).
- Análisis del peligro sísmico.
- Preparación y redacción del informe final.

1.7 AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al gobierno regional, los gobiernos locales en la región Pasco, las instituciones públicas (INDECI, MINAM, entre otras), a los Secretarios Técnicos distritales de Defensa Civil y a todos los profesionales que realizaron estudios anteriores en la región, cuya información ha sido valiosa para la elaboración de este trabajo.

Asimismo, agradecemos a todos aquellos que contribuyeron brindando facilidades para la ejecución de los trabajos de campo.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES

2.1 SITUACIÓN DE LA REGIÓN

El departamento de Pasco se encuentra situado en la zona centro del país entre los paralelos 9° 30' y 11° 00' de latitud sur y los meridianos 76° 45' y 74° (Figura 2.1), tiene una extensión de 25 028.26 km² que representa el 1.97% del área total del territorio peruano. Su capital es la ciudad Cerro de Pasco con altitud de 4338 m s.n.m; es la más alta del país. Limita al norte con Huánuco, al sur con Junín, el este con Ucayali y al oeste con Lima.

De acuerdo con el censo del 2017, Pasco tiene una población de 254 065 habitantes, la cual representa el 0.65 % de la población nacional, distribuidos en tres provincias y 29 distritos; y entre las ciudades más pobladas se tiene a Yanacancha y Chaupimarca.

El clima predominante en la región es cálido y semicálido, muy húmedo y muy lluvioso apreciable al NE del mismo en la Faja Subandina, seguido del clima semifrío, húmedo y lluvioso en la Altiplanicie.

Su economía se circunscribe a la minería, agricultura, ganadería y turismo; en menor porcentaje a la agroindustria y servicios. Esta región es considerada el primer departamento minero del país, los principales minerales extraídos son cobre, plata, plomo y zinc, en operaciones a tajo abierto y subterráneo, siendo las minas Colquijirca, Atacocha, El Porvenir, Colquipucro, Garpo-Puquio, San Gregorio, Huarón, Marcacocha entre otras. Sin embargo, también posee territorios muy ricos en productos orgánicos y ganaderos localizados en la ceja de selva y selva alta. Por otro lado, en Pasco se encuentra uno de los lugares más destacados desde el punto de vista geoturístico es el Bosque de Rocas de Huayllay, Santuario Nacional donde la erosión ha labrado extrañas e innumerables figuras antropomorfas y zoomorfas

sobre rocas volcánicas, entre los 4100 y 4546 m s.n.m. Las vías principales son las rutas interprovinciales, con conexión a provincias de regiones vecinas de Huánuco, Junín, Ucayali y a rutas nacionales, como el caso de la carretera Central en el extremo norte y sur de la región.

Desde el punto de vista morfoestructural, la región presenta zonas geográficas muy diferenciadas entre sí. Al oeste su relieve es muy accidentado, con altas cumbres nevadas las que forman parte de la Cordillera Occidental, al centro se encuentra la meseta andina o Altiplanicie que tiene un territorio ligeramente ondulado poco accidentado ocupado por áreas de punas o altas mesetas y al Este la Faja Subandina que se presenta a manera de una estrecha cadena de montañas, colinas y lomadas cuyas elevaciones varían desde los 400 a 2240 m s.n.m., muy abrupto, con valles estrechos y profundos que tienen laderas con pendientes muy poco pronunciadas, se completa con la Llanura Amazónica conformada por una extensa planicie ondulada de amplio desarrollo, surcada por grandes ríos de aspectos meandriformes, anastomosados y entrelazados, con valles amplios, estando delimitada por colinas de altitud y pendientes variadas. Al sur y suroeste de la capital del departamento se ubica el nudo de Pasco, rasgo morfológico de gran valor hidrográfico, ya que en él se originan ríos como Pozuzo y Perené.

El sistema hidrográfico de la región pertenece a la vertiente del Atlántico, los ríos nacen en su mayoría en el Nudo de Pasco, cuenta con cinco cuencas hidrográficas: la del Huallaga, Perené, Pachitea, Marañón, y Mantaro. Su red hidrográfica tiene un gran potencial hidráulico, destacando las centrales hidroeléctricas de Atacocha y Milpo. Además, existen numerosas lagunas, entre las principales se tiene Shegue y Huarancocha. Ambas se encuentran en el distrito de Huayllay, a 4580 m s.n.m.

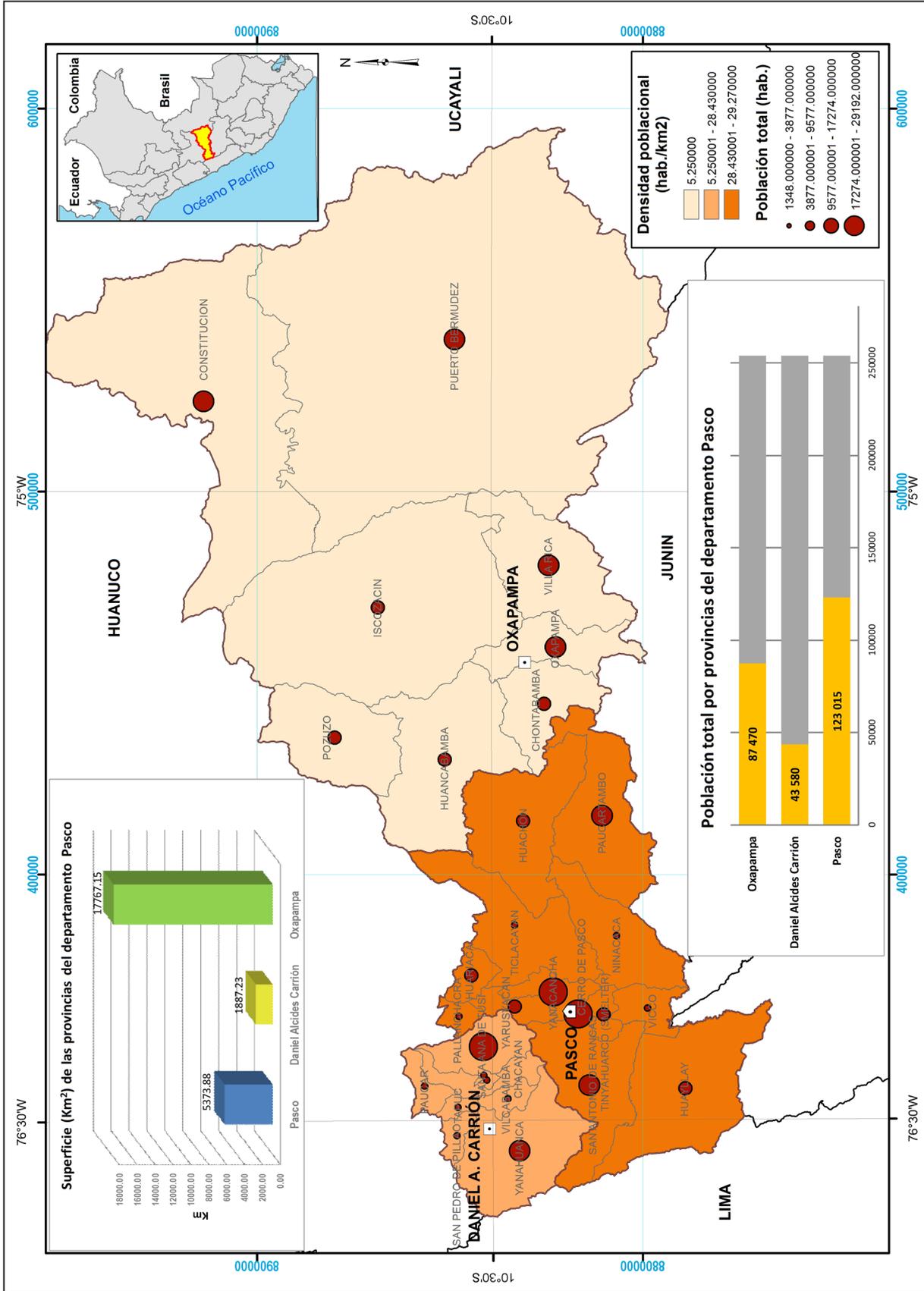


Figura 2.1 Ubicación y características demográficas en el departamento Pasco. Elaboración propia.

2.2 OCUPACIÓN ANTRÓPICA

La agreste geografía, junto a la altura y el clima frío, hizo difícil el establecimiento de grupos humanos en la región. No obstante, se sabe que fueron los pumpus los primeros habitantes de Pasco. Estos pobladores llevaban un estilo de vida primitivo y desarrollaron una ganadería y agricultura de subsistencia. Con el avance del imperio inca, los pumpus se vieron amenazados. Sin embargo, fue muy difícil someter a los pobladores de Pasco debido a su espíritu guerrero. Los yauris, una de las etnias que integraba la población de los pumpus, se resistieron a la dominación inca y dieron lugar más adelante a la actual ciudad de Cerro de Pasco (Atlas geográfico, económico y cultural del Perú, 2009).

El registro de ocupación prehispánica es muy importante en Pasco pudiendo mencionar: el sinnúmero de pictografías y pinturas rupestres, el establecimiento de la población y la domesticación de los camélidos, y el desarrollo de pueblos al norte y este interconectados a través de caminos con restos del Qhapaq Ñam (tramos Huarautambo-Huánuco Pampa al norte o el camino al este que tiene como centro administrativo el Pumpu, a orillas del lago Junín con dirección a Oxapampa, cruzando las faldas del nevado Huaguruncho). Pumpu y Huarautambo conforman parte del Chinchaysuyo, zona norte del gran imperio inca.

Durante los primeros años de la Colonia la selva central no fue un territorio de especial interés para los conquistadores y misioneros. Por eso no se sabe con certeza quienes fueron los primeros colonizadores. La situación cambiaría de manera radical cuando se supo de la existencia de este territorio pródigo en riquezas minerales. Los exploradores en búsqueda de fortuna se sintieron atraídos por la riqueza de Cerro de Pasco, y durante la Colonia la extracción de minerales como plata, zinc, plomo y cobre se convirtió en la principal actividad económica de la región.

Las minas atrajeron a numerosos encomenderos, quienes llegaban a la zona acompañados por religiosos, a mediados del siglo XVI. Estos últimos se encargaban de la conversión de los indígenas al cristianismo; los reunían en comunidades y así poco a poco fundaron los pueblos del departamento del Pasco. Entre las comunidades más antiguas se tiene a San Juan Bautista de Huariaca y Ninacaca.

En las áreas selváticas de Pasco, las misiones contribuyeron para que los demás miembros de la sociedad colonial establecieran haciendas en la zona de la actual Oxapampa, dedicadas principalmente a la agricultura y la ganadería.

En 1709, una misión franciscana logró catequizar y restaurar nuevos territorios como Cuchero y Pozuzo. Paralelamente, la revolución de Juan Santos Atahualpa creó un clima de inestabilidad que propició el inicio de la decadencia de las misiones.

En el año de 1771, se funda la ciudad de Cerro de Pasco por disposición del virrey Manuel Amat y Juniet, quien le concedió el título de Distinguida Villa del Cerro de Pasco. Al año siguiente un grupo de misioneros perteneciente a la orden de los franciscanos llegó a la zona de Pozuzo, habitado en ese entonces por pobladores nativos del lugar, como yaneshas.

2.2.1 Densidad poblacional

El departamento de Pasco está formado en la actualidad por tres provincias, 29 distritos, 2700 centros poblados, 74 comunidades campesinas distribuidos en las provincias de Pasco y Daniel A. Carrión, 120 comunidades nativas de la etnia ashanincas, Asociación de Nacionalidad Asháninka del río Pichis (ANAP) y 31 comunidades nativas Yaneshas (FECONAYA) distribuidos en la provincia de Oxapampa que cohabitan con grupos de colonos austroalemanes.

Pasco es uno de los cinco departamentos menos poblados del Perú, con 254 065 habitantes aproximadamente; su población equivale al 0.65% del total nacional, de acuerdo con datos del XII Censo Nacional de Población, VII de Vivienda y III de comunidades indígenas (CN 2017-INEI). El incremento poblacional en Pasco, con respecto al censo del 2007, tuvo un descenso de -9.4%, bastante inferior al registrado en el resto del país (7.2%) para el mismo periodo. En este departamento viven más hombres que mujeres (50.4% y 49.6%, respectivamente), una característica poco común en el país. La provincia más habitada es Pasco, donde se encuentra la capital departamental que alberga a 123 015 (48.4%) habitantes, casi la mitad de la población del departamento.

La mayor población se encuentra en el distrito de Yanacancha con 29 192 habitantes y, la segunda más poblada es la capital del departamento de Pasco en el distrito de Chaupimarca con 25 627 habitantes, según se muestra en el cuadro 2.1.

Con 10.2 hab/km², Pasco es el quinto departamento con la menor densidad poblacional, la que además se encuentra por debajo del promedio nacional (24.3 hab/km²). Según el censo 2017 (INEI, 2018b), la población censada en área urbana del departamento Pasco es de 160 269 que representa el 63.1%; mientras que en área rural es de 93 796 habitantes, que representa el 36.9%; siendo la provincia de Pasco con mayor cantidad de habitantes que viven en área urbanas (Gráfico 2.1). En cuanto a la composición de la población por edades, el 37.8% es mayor de 35 años, el 33.9% entre edades de 15 a 34 años y el 28.2% es menor de 15 años. La edad promedio es 29.8 años. Según el último censo, indica que 1000 personas (0.6%) de la población total del departamento de 18 años y más años de edad, no tienen documento nacional de identidad (DNI).

Cuadro 2.1
Población total y por área de residencia, según distritos del departamento de Pasco

Provincia	Superficie (km ²)	Población Total	Distrito	Población por Área de residencia	
				Urbana	Rural
Daniel Alcides Carrión	1887.23	123015		14867	28713
			Yanahuanca	8719	2614
			Chacayan	0	2006
			Gollarisquizga	0	1535
			Paucar	0	1776
			San Pedro de Pillao	0	1348
			Santa Ana de Tusi	3871	17346
			Tapuc	2277	149
			Vilcabamba	0	1939
Pasco	5373.88	87470		102168	20847
			Chaupimarca	25600	27
			Huachón	2853	1480
			Huariaca	6426	499
			Huayllay	7157	2420
			Ninacaca	2781	1096
			Pallanchacra	0	1738
			Paucartambo	8138	3078
			San Francisco de Asis de Yarusyacán	0	4459
			Simon Bolívar	11873	790
			Ticlacayán	0	3261
			Tinyahuarco	6681	74
Vicco	3218	174			
			Yanacancha	27441	1751
Oxapampa	17767.15	254065		43234	44236
			Oxapampa	10887	4790
			Chontabamba	2755	2579
			Huancabamba	2986	3675
			Palcazú	0	7130
			Pozuzo	0	4511
			Puerto Bermúdez	6168	11081
			Villa Rica	12915	4359
			Constitución	7523	6111
Total				160269	93796

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI – Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de comunidades indígenas.

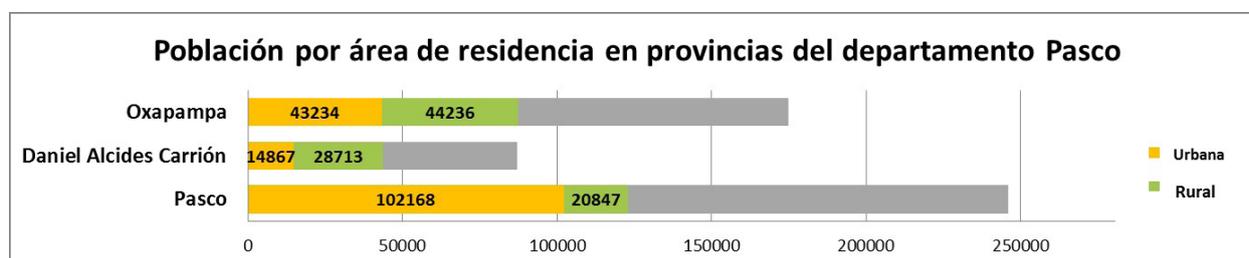


Gráfico 2.1 Población total por área de residencia en provincias del departamento Pasco, según el censo nacional - INEI, 2017.

2.2.2 Crecimiento poblacional

Entre los años 2007 y 2017, la población urbana del departamento de Pasco disminuyó en 2593 habitantes, con una tasa de crecimiento promedio anual negativa de 0.2% (Cuadro 2.2). El mismo comportamiento se presentó en el área rural, que disminuyó en 23 791 habitantes, lo que significa una tasa decreciente promedio anual de 2.2%.

En el periodo intercensal 2007 y 2017 (Cuadro 2.3), se observa que la tasa de crecimiento promedio anual en la provincia de Oxapampa es positiva (0.7%), con un aumento de la población de 6.8%. Por el contrario, en las provincias de Pasco (-18.4%) y Daniel Alcides Carrión (-8.8%) disminuye la población, presentando tasas de crecimiento promedio anual de 2.0% y 0.9%, respectivamente.

Cuadro 2.2 Población censada, urbana y rural, tasa de crecimiento promedio anual y densidad poblacional

Año Censal	Total	Población		Variación intercensal 2007-2017		Tasa de crecimiento promedio anual (%)		Densidad poblacional al (hab./km ²)
		Urbana	Rural	Urbana	Rural	Urbana	Rural	
2007	280449	162862	117587	-2593	-23791	-0.2	-2.2	11.1
2017	254065	160269	93796					10.2

Fuente: Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017, Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI.

Cuadro 2.3 Población censada y tasa de crecimiento promedio anual, por provincia, 2007-2017

Provincia	2007		2017		Valor intercensal 2007-2017		Tasa de crecimiento promedio anual
	Hab.	%	Hab.	%	Absoluto	%	
Total	280449	100.0	254065	100.0	-26384	-9.4	-1.0
Pasco	150717	53.8	123015	48.4	-27702	-18.4	-2.0
Daniel Alcides Carrión	47803	17.0	43580	17.2	-4223	-8.8	-0.9
Oxapampa	81929	29.2	87470	34.4	5541	6.8	0.7

Fuente: Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017, Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI.

2.3 INDICADORES SOCIOECONÓMICOS

2.3.1 Indicadores de pobreza

El estudio Mapa de pobreza provincial y distrital 2007 (INEI, 2009) nos muestra que Pasco se halla en el grupo de los departamentos de pobreza alta, con 181 000 pobres, de los cuales 92 000 se encuentran en condiciones deplorables que requieren atención prioritaria del Estado. A esto debemos considerar la desnutrición crónica de los niños menores de 5 años que supera el 26.4%, tasa que en los últimos años se ha mantenido constante. Asimismo, el porcentaje de mortalidad infantil es de 59.1% manteniéndose constante en los últimos años.

Según dicho estudio se estima que la población departamental en situación de pobreza alcanza el 63.4% (181 927 habitantes) y el de pobreza extrema 31.5% (92 163 habitantes).

Asimismo, el índice de pobreza total ubica a Pasco en el 7° y 4° lugar en extrema pobreza a nivel nacional, respectivamente.

Al interior del departamento de Pasco, el índice de pobreza a nivel provincial es mayor en la provincia Daniel Carrión (82.3%) seguido de Pasco (61.4%) y Oxapampa (61.4%). Los distritos con mayor índice de pobreza son Santa Ana de Tusi (91.4%), San Pedro de Pillao (86.5%), San Francisco de Asís Yarusyacán (84.2%), Vilcabamba – Chacayán (83.1%) y Goyllarisquizga (82.7%). En este ranking siguen los distritos Palcazú, Puerto Bermúdez, Paucartambo y Ninacaca (Figura 2.2).

La población con mayores necesidades básicas insatisfechas se encuentra localizadas en los distritos San Pedro de Pillao, Pallanchacra, Chacayán, Vilcabamba, etc.

Del análisis precedente, se plantea que los espacios provinciales y distritales con índice de pobreza aguda, requieren ser incluidos con prioridad en los planes de desarrollo y asistencia, con el propósito de que mejoren sus condiciones de vida con el acceso a los mercados y su participación en las actividades productivas y de servicios. Ello significa que, para superar gradualmente la pobreza localizada, se precisa contar con vías de comunicación terrestre en mejor estado.

2.3.2 Indicadores de vivienda

El censo de población y vivienda del año 2017 dio a conocer que, de las 93 982 viviendas existentes en Pasco, de las cuales más de la mitad de las viviendas (53.4%) se encuentran en la provincia de Pasco, el 15.3% en Daniel A. Carrión y el 31.3% en Oxapampa (Gráfico 2.2). El 62.7%, se encuentra en áreas urbanas y 35 079 viviendas (37.3%) en áreas rurales. En el área urbana, las casas independientes se incrementaron en 15 745 con respecto al censo 2007 (INEI, 2018b); es decir, presentan un

incremento anual de 1575 viviendas; las viviendas improvisadas aumentaron en 260, mientras que las viviendas de otro tipo decrecieron en su totalidad.

De este total de viviendas en el departamento de Pasco, la mayoría son casas independientes con 93.2% (87670), en tanto que el 2.8% (2593) corresponde a chozas o cabañas y las viviendas en casa de vecindad con 1.3% (1236), mientras que las viviendas que comprenden departamentos en edificio, quinta, viviendas improvisadas y locales no destinados para habitación humana, en conjunto representan el 2.7%. Al comparar los censos 2007 y 2017 (Cuadro 2.4), se observa que existe un incremento intercensal a nivel porcentual de las viviendas improvisadas (141.1%), con un crecimiento promedio anual de 26 viviendas, seguido de las casas independientes (34.3%), cuyo incremento es de 2 mil 237 viviendas. Por el contrario, las chozas o cabañas disminuyeron en 64.2%. El 88.6% (83 272) de viviendas son ocupadas y el 11.4% están desocupadas.

El 42.0% tiene conexión interna con la red pública y el 21.9% tiene conexión externa. El 13.2% obtiene agua de ríos, acequias o manantiales; el 5.9% se abastece de pilón o pileta de uso público para el consumo humano. El abastecimiento de agua por camión-cisterna u otra forma (vecino, agua de lluvia, entre otros), en conjunto representa 17.0%. Esto indica una mejora en el acceso de agua, ya sea por conexión externa o interna al incrementarse en 29.4% y una disminución en 38% de las viviendas que se abastecían de río, acequia, manantial o similar desde el 2007.

Las viviendas que disponen de servicio higiénico conectado a la red pública, dentro o fuera de la vivienda representan el 54.6%, en tanto que el resto cubre esa necesidad por medio de alternativas que representan riesgos para la salud, tales como pozo ciego o negro alcanzan el 16.4%. Cabe señalar que el 12.8% de viviendas utilizan otro tipo de eliminación de excretas (campo abierto, al aire libre, casa abandonada, entre otros) y el 4.5% cuenta con pozo séptico. En cuanto al servicio de alumbrado eléctrico, el 69.0% de las viviendas en Pasco cuentan con conexión (Figura 2.3).

Con respecto a los materiales con que están construidas las viviendas, el 39.5% de ladrillo o bloque de cemento, el 33.8% tiene paredes de adobe o tapia y el 22.4% de madera. El resto tiene paredes de piedra con barro, quincha, etc. Asimismo, el 33.1% de cemento, el 32.4% de viviendas tiene pisos de tierra, el 29.1% de madera o entablados y el resto es de losetas, parquet y entablados, entre otros.

En el departamento Pasco hay 69 197 hogares. De ellos, el 60.0% cuenta con gas, el 44.2% cocina con leña y el resto usa combustible rudimentario como bosta, estiércol o carbón.

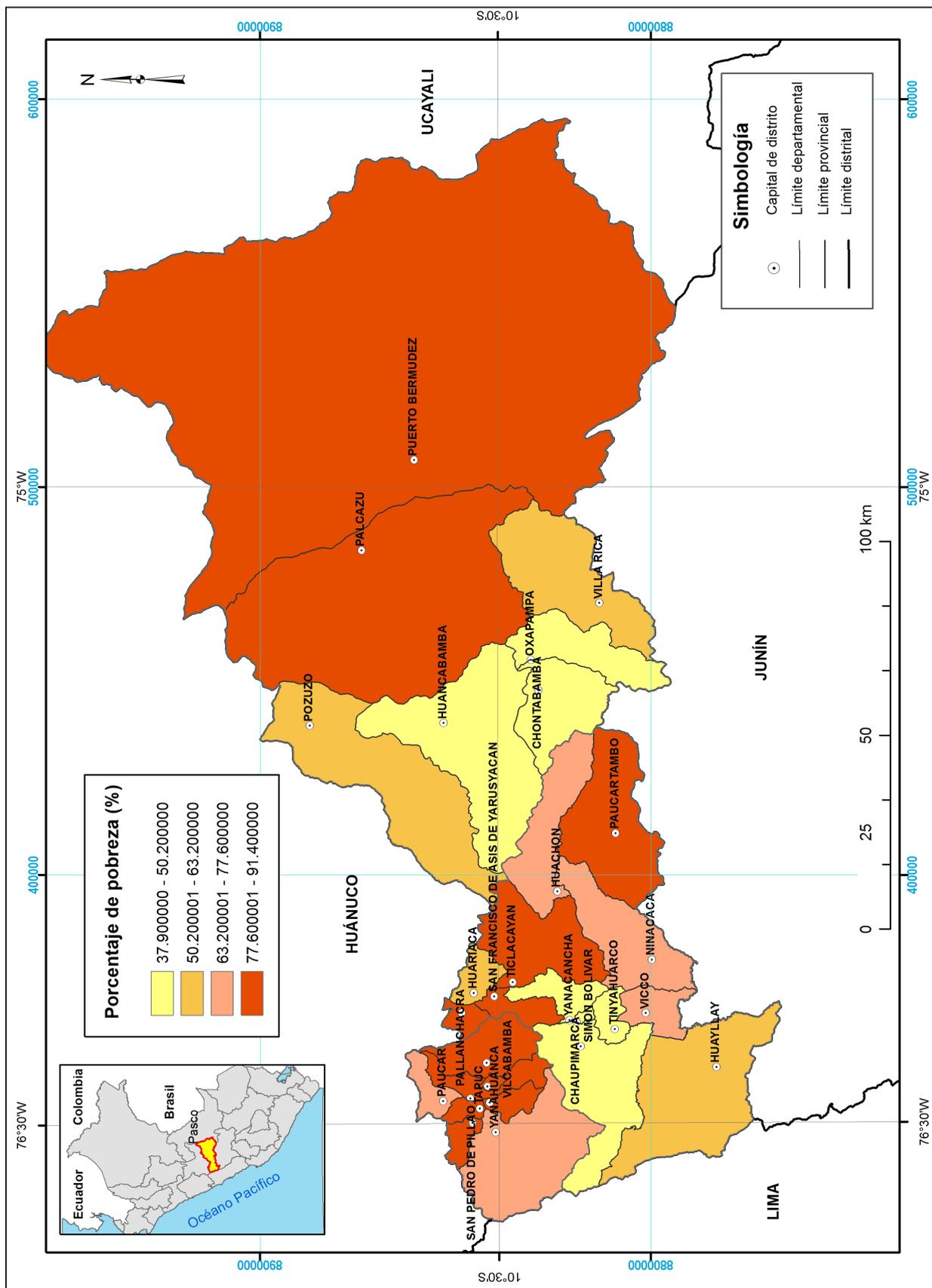


Figura 2.2 Índice de pobreza a nivel de distritos en el departamento de Pasco.



Gráfico 2.2 Viviendas por provincia, según el Censo INEI – 2017.

Cuadro 2.4
Viviendas según tipo de viviendas, 2007-2017

Tipo de vivienda	2007		2017		Valor intercensal 2007-2017	
	Nro. viviendas	%	Nro. viviendas	%	Absoluto	%
Total	77677	100.0	93982	100.0	16305	21.0
Casa independiente	65302	84.1	87670	93.2	22368	34.3
Departamento en edificio	1010	1.3	899	1.0	-111	-11.0
Vivienda en quinta	1804	2.3	1013	1.1	-791	-43.8
Vivienda en casa de vecindad	1966	2.5	1236	1.3	-730	-37.1
Choza o cabaña	7241	9.3	2593	2.8	-4648	-64.2
Vivienda improvisada	185	0.2	446	0.5	261	141.1
Local no destinado para habitación humana	114	0.1	125	0.1	11	9.6
Otro tipo 1/	55	0.1	--	0.0	-55	-100.0

1/ Incluye cualquier estructura no destinada para habitación humana como cueva, vehículo abandonado o refugio temporal.

Fuente: Censos Nacionales de Población y Vivienda 2007 y 2017, Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI.

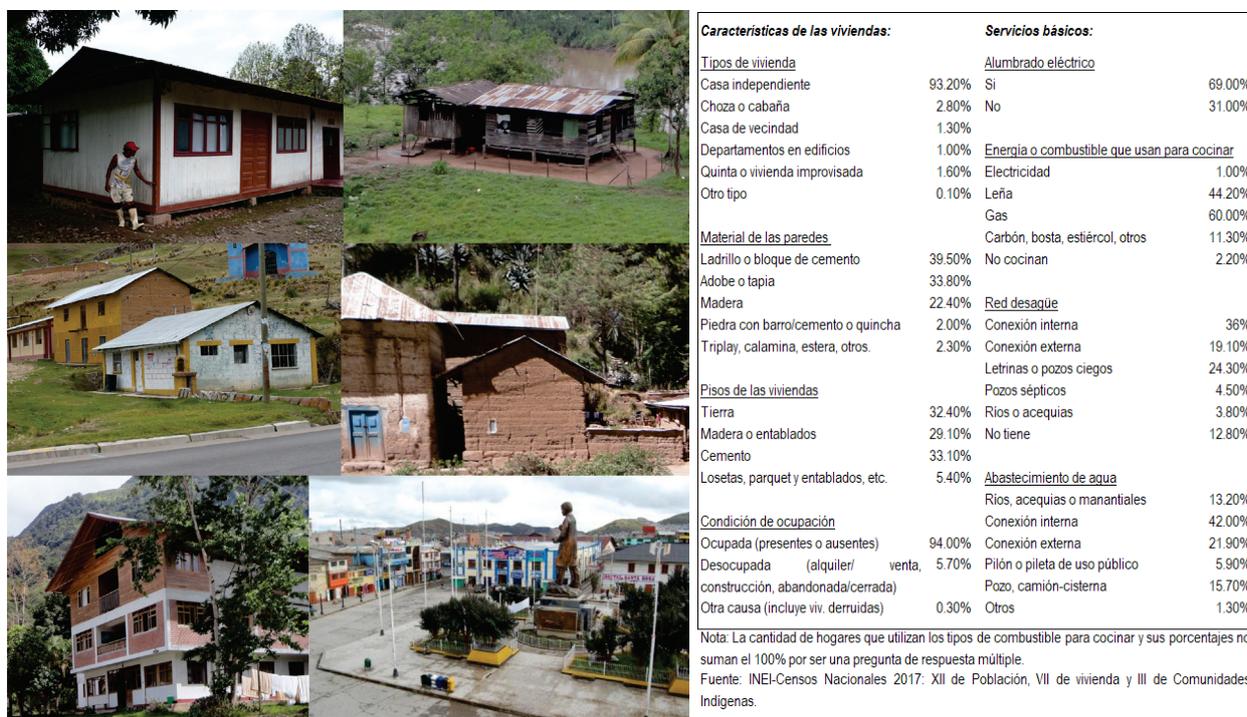


Figura 2.3 Características y servicios básicos en las viviendas y hogares del departamento Pasco (INEI, 2018b).

2.3.3 Indicadores de educación

Con respecto al nivel de instrucción en el departamento de Pasco, según el censo del año 2017, de la población mayor de 15 años (187 853 personas), el 22.0% tenía educación inicial y primaria, el 42.4% había aprobado educación secundaria, en tanto que el 29.2% tenía educación superior universitaria y no universitaria; y el 6.4% no poseía instrucción educativa.

Al comparar los censos 2007 y 2017, se aprecia que la proporción de personas con nivel de educación superior (en mayor proporción la universitaria) ha mejorado en el 2017 (29.2%) con respecto al 2007 (24.1%). De otro lado, el porcentaje de la población que alcanzó algún año o grado de educación primaria disminuyó de 26.5% en 2007 a 21.8% en el 2017. La población sin nivel educativo y la que estudió por lo menos algún año de educación inicial y primaria representó el 28.4%, mientras que en el censo 2007, esta población constituyó el 34.6%.

La población analfabeta representa el 7.3% en los mayores de 15 años, porcentaje que está por encima del promedio nacional (5.8%). La provincia de Daniel Alcides Carrión presenta la tasa más alta de analfabetismo (10.3%), mientras que en la provincia de Pasco se observa la tasa más baja (5.3%). Comparando los censos 2007 y 2017, la provincia de Pasco registra la mayor reducción de población analfabeta (1746

personas), mientras que la provincia de Oxapampa muestra el menor decrecimiento con 188 personas.

Por último, el 93.7% de los niños entre 6 y 11 años asiste al colegio, al igual que el 88.8% de aquellos entre 12 y 16 años de edad.

2.3.4 Indicadores de salud

De acuerdo con el Censo del 2017, el 80.2% de la población en Pasco se encuentra afiliada a algún seguro, porcentaje superior al promedio nacional (75.5%). El 24.6% está afiliado al Seguro Social de Salud (Essalud); el 54.1% al Seguro Integral de Salud (SIS), brindado por el Estado a la población en situación de pobreza y pobreza extrema, y el 1.5% a otros seguros, aunque la información censal no detalla de qué tipo (INEI, 2018a).

En cuanto a infraestructura, según datos del Ministerio de Salud (Dirección Regional de Salud Pasco) y EsSalud (Red asistencial Pasco UIS) al año 2015, Pasco contaba con 274 establecimientos: siete hospitales, así como 31 centros de salud y 236 puestos de salud. Estos establecimientos del MINSA disponían de 449 camas, cifra que equivalía al 47.5% de las existentes en este departamento. En Essalud disponía de 14 establecimientos: 1 hospital II, 2 hospitales I, 1 centro médico y 10 postas; estos establecimientos disponían con 92 camas.

En el 2015, el número de profesionales de la salud que atendieron en los establecimientos del MINSA en Pasco eran 1758, de los cuales 826 corresponde a los profesionales de salud (155 médicos, 288 enfermos, 235 obstetras entre otros profesionales) y 932 técnicos, auxiliares y empleados administrativos. Mientras que en Essalud, cuentan con 341 profesionales de salud, 234 técnicos y auxiliares y 56 administrativos.

2.4 INFRAESTRUCTURA MAYOR

2.4.1 Red vial terrestre

La estructura vial existente en el departamento Pasco tiene una dimensión acumulada en vías de 30 690.77 km de longitud, de los cuales, como podemos apreciar en el Cuadro 2.5, solo el 12.73% se encuentran pavimentadas, el 3.67% está afirmada, el 67.36% se encuentra sin afirmar y el 16.23% son proyectadas.

La ruta nacional, comprende 564.87 km, de los cuales el 44.08% es pavimentada y el 55.92% sin afirmar. Está representado básicamente por siete rutas como: Unish, Dv. Cerro de Pasco–Huariaca (que forma parte de la carretera Central), Puente Paucartambo-Oxapampa-Huancabamba-Pozuzo, Puerto Paucartambo-Villa Rica-Puerto Bermúdez-Ciudad Constitución, entre otras (Cuadro 2.6).

La ruta departamental tiene una longitud de 643.74 km, donde el 5.35% es pavimentada, el 89.52% no pavimentada y el 5.13% proyectada. A estas vías convergen otras rutas de carácter vecinal que en su mayoría son de penetración permitiendo integrar a los centros poblados menores. Conformada por diez rutas como se muestra en el Cuadro 2.7.

La ruta vecinal está representada por 2126.05 km de longitud, de los cuales el 28.50% es afirmada y el 71.50% sin afirmar (Perú. Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2017a).

Cuadro 2.5
Red vial por tipo de red y superficie de rodadura del departamento de Pasco

Tipo de red vial	Número de rutas	Existente por tipo de superficie de rodadura			Sub total existente km	Proyectada km	Longitud total de medición km
		Pavimentada km	No pavimentada km				
			Afirmada	Sin afirmar			
Red vial nacional	7	249.02	0.00	315.85	564.87	0.00	564.87
Red vial departamental	10	34.43	521.16	55.11	610.7	33.04	643.74
Red vial vecinal	230	0.00	605.92	1520.13	2126.05	0.00	2126.05
Total	240	3907.54	1127.08	20674.62	25709.24	4981.53	30690.77

Fuente : Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2015.

Cuadro 2.6
Red vial nacional inventariada del departamento de Pasco

ID	Ruta	Trayectoria	Km Inicio	Km Fin	Longitud km
1	PE-18	Yanahuanca	168.822	257.041	88.219
2	PE-1N C	Abra Antajirca, Emp. PE-20A (Dv. Huallay)	129.711	154.33	24.62
3	PE-20 A	Abra La Cruzada, Huayllay, Emp. PE-3N (Villa de Pasco)	194.834	240.056	45.222
4	PE-3N	Unish (PE-20 A), Dv. Cerro de Pasco, Huariaca	86.987	172.281	85.294
5	PE-5N	Pte. Paucartambo (PE-5N A), Abra Ocunal, Villa Rica, San Miguel de Eneñas, Pte. Cocomas, Dv. Pto. Bermúdez, Pte. Lorencillo 2, Ciudad Constitución, Pte. Palcazu (PE-5N A)	59.957	209.245	150.288
6	PE-5N	Pte. Paucartambo (PE-5N A), Abra Ocunal, Villa Rica, San Miguel de Eneñas, Pte. Cocomas, Dv. Pto. Bermúdez, Pte. Lorencillo 2, Ciudad Constitución, Pte. Palcazu (PE-5N A)	17.759	51.886	34.127
7	PE-5N A	Emp. PE-5N (Pte. Paucartambo), Cantarizu, Oxapampa, Huancabamba, Pozuzo	0.000	137.097	137.097
Total					564.867

Fuente : Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2015.

Cuadro 2.7
Red vial departamental inventariada del departamento de Pasco

ID	Código (Mapa)	TRAYECTORIA	Tipo de superficie km				Longitud km
			Pavimentado	No Pavimentado	Sub total existente	Proyectada	
296	PA-100	Emp. PE-18 (Dv. Uchumarca) - Golac Majada - Pocco - Uchumarca - Gorina Alta - Huangur - Yurac Huanca - Quiulacocha - Cerro de Pasco - Emp. PE-3N (Dv. Cerro de Pasco).	2.17	55.28	57.45	0	57.45
297	PA-101	Emp. PE-3N (Leongasha) - Emp. PA-100 (Cerro de Pasco).	4.81	4.44	9.25	0	9.25
298	PA-102	Emp. PE-18 (Yanahuanca) - Rocco - Chiripata - Culpán - Tambopata - Gorgorin - Antapaca - Emp. PA-101 (Cerro de Pasco).	24.06	40.56	64.62	0	64.62
299	PA-103	Emp. PA-102 (Yanahuanca) - Tapuc - Vilcabamba - Chacayan - Goyllarisquizga - Antagasha - Emp. PA-102 (Dv. Antapaca).	0.70	61.37	62.07	0	62.07
300	PA-104	Emp. PE-3N (Pte. Salcachupan) - Pallanchacra - Chauyar - Chacapampa - Pilar - Emp. PA-102 (Dv. Pilar).	0	42.189	42.19	0	42.19
301	PA-105	Emp. PE-3N (Pariamarca) - Cuchihain - Yanacachi - Huanca - Emp. PA106 (Dv. Huanca).	0.63	23.03	23.66	0	23.66
302	PA-106	Emp. PE-3N (Dv. Ninacaca) - Ninacaca - Huay Huay - Dv. Huanca - Chupana - Huachón - Quiparacra - Florida - Tingo de Hualca - San Carlos - Emp. PE-5N A (Oxapampa).	0.48	109.47	109.95	33.037	142.98
303	PA-107	L.D. Junín (Abra Capillayoc, JU-107 de Mancan) - La Victoria - Acopalca - Paucartambo - Pumarauca - Pucará - Pampamarca - Pte. Milagro - Yaupi - Pte. Loreto - Pusapno - Emp. PA-106 (Sto. Domingo).	1.585	125.67	127.26	0	127.26
304	PA-108	Emp. PE-5N A (Abra Cantarizu) - Emp. PE-5N (Pte. Entas).	0	30.491	30.49	0	30.49
305	PA-109	Emp. PE-5N (Dv. Iscozacín) - Iscozacín - Pte. Alvaríño - Chuchurras.	0	83.766	83.77	0	83.77
Total			34.43	576.27	610.70	33.037	643.74

Fuente : Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2015

2.4.2 Transporte aéreo

El sistema aeroportuario en el departamento de Pasco cuenta con pistas de aterrizaje en la provincia de Oxapampa, cuya operación se encuentra suspendida para los vuelos comerciales. Estas vías integran a las ciudades y centros poblados rurales, permitiendo la comunicación, el transporte y la comercialización de productos. Según la Dirección General de Aeronáutica Civil del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, cuenta con dos aeródromos en Ciudad constitución y Vicco. Son de uso civil y militar, administrados por la Municipalidad distrital de Puerto Bermúdez y el Gobierno Regional de Pasco, respectivamente.

2.4.3 Servicios de telecomunicaciones

Los servicios de telecomunicaciones en la región Pasco han estado evolucionando favorablemente; sin embargo, aún es insuficiente.

El número de líneas en servicio de telefonía fija en la región disminuyó de 5296 líneas en marzo del 2007 a 5000 en el 2017, es decir, un descenso de 5.6%. En el 2017 alcanzó una densidad de 1.6 líneas por cada 100 habitantes, que aún es inferior al promedio nacional que es de 9.2 líneas por cada 100 habitantes.

En cuanto a telefonía móvil, el número de líneas en servicio se incrementó 38 515 líneas en el año 2007 a 212 000 en el 2017, una cifra cinco veces mayor. En el 2017 alcanzó una densidad de 68.7 líneas por cada 100 habitantes, cifra que es inferior al promedio nacional que es de 119.2 líneas por cada 100 habitantes.

En el año 2007, en Pasco se tenían instaladas 725 líneas de telefonía pública. Esta cifra descendió a 416 líneas en servicio en el 2017, alcanzando una densidad de 1.3 líneas por cada 1000 habitantes, que está por debajo del promedio nacional que es de 4.7 líneas por cada 1000 habitantes (Perú. Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2017a).

2.5 ACTIVIDAD MINERA

Esta actividad en Pasco se especializa en minería metálica. Los principales minerales extraídos son cobre, plata, plomo y zinc, con operaciones a tajo abierto y subterráneo. La extracción se remonta a épocas anteriores al imperio inca. Las minas más importantes del departamento (Figura 2.4) pertenecieron hasta fines de la década de 1990 a la estatal Empresa Minera del Centro del Perú (CENTROMIN), pero fueron privatizadas. La mina Cerro de Pasco, colindante con la ciudad, es la más

importante y se ubica a una altura superior de los 4300 m s.n.m. Cuenta con dos concentradoras de minerales, Paragsha, San Expedito y un buen número de prospectos mineros.

Pasco es el principal departamento productor de zinc, plomo y plata en el país. También, posee las mayores reservas probadas de zinc y plomo, y la cuarta más grande en plata. A pesar de su importancia en la economía de Pasco, el número de empresas mineras es relativamente reducido, pues solamente 21 están registradas en el Ministerio de Energía y Minas: 12 pertenecen al régimen general, 07 son artesanales y apenas 02 son pequeñas. Ello se debe a que la actividad está concentrada principalmente en grandes empresas, las que en su mayoría tienen su domicilio principal en Lima.

Un desafío que enfrenta este departamento es la reubicación de la ciudad Cerro de Pasco, pues las operaciones mineras se encuentran literalmente dentro del casco urbano, que además de representar peligro para la salud de la población por los gases tóxicos que emanan de la extracción, sus procesos de remoción y voladura del mineral en el tajo abierto han incrementado el nivel de riesgos por derrumbes.

Las principales minas que corresponden a la región Pasco son las que siguen:

Mina Colquijirca

Está ubicada en el distrito Tinyahuarco, provincia Pasco, a 289 km de Lima, a 4250 m s.n.m. Los principales productos de extracción son, por orden de importancia, zinc, plomo, plata. El método de explotación es a tajo abierto y se extraen 1,2 millones de toneladas de mineral al año. El acceso a la mina se da por dos vías:

- Por vía terrestre: tramo Lima-Pasco a 4.5 horas.
- Por vía aérea: hasta la localidad de Vicco; luego por vía terrestre a Tinyahuarco

Mina Atacocha

Es una mina polimetálica dedicada a la explotación, extracción, refinación y comercialización de plomo, cobre, zinc, plata y oro. Se ubica en la provincia de Pasco a 4050 m s.n.m. La compañía opera las unidades mineras Atacocha y Santa Bárbara en Pasco. Cuenta con dos plantas hidroeléctricas, Marcopampa y Chaprín, con una capacidad instalada de 6.6 MW. Fue fundada en 1936 y es controlada por la connacional Minera Milpo. Extrae 4400 toneladas por día y se estimó que en el 2014 se extraerían 5000 toneladas por día.

Mina El Porvenir

El Porvenir es la primera mina de Milpo, la cual inició sus operaciones en 1949. Es una mina polimetálica subterránea; la extracción se realiza a 1250 m de profundidad y es considerada la mina subterránea más profunda de Perú y una de las más profundas en Latinoamérica. Se ubica en la provincia Pasco, a 321 km de la capital, a 4200 m s.n.m. Produce concentrados de zinc, plomo, cobre con contenidos de plata. A la fecha se está realizando un proyecto de profundización del winche de izaje en dos etapas, la primera llegará a los 1370 m y la segunda a los 1570 m. Tiene un volumen de producción de 5100 toneladas por día y con el nuevo proyecto de instalación de molinos se espera alcanzar las 5600 toneladas por día.

Mina Colquipucro

El Proyecto Colquipucro se ubica en el paraje Yanamachay - Colquipucro, distrito San Pedro de Pillao, provincia Daniel Alcides Carrión. El proyecto se encuentra dentro de los terrenos superficiales pertenecientes a las comunidades campesinas de San Pedro de Pillao y Yanacocha. La propiedad cubre un total de 6679 ha en la provincia Daniel Alcides Carrión, a menos de 30 km de distancia de la mina de plata Uchucchacua, de la Cia. Minas Buenaventura. El acceso al proyecto se efectúa a través de la carretera Lima-Cerro de Pasco-Yanahuanca-San Pedro de Pillao-Colquipucro, 378 km empleando un tiempo estimado de 09 h 30 min.

Mina Garpo – Puquio (Etapa de exploración)

El proyecto de exploración Garpo-Puquio está localizado en el flanco oriental de la Cordillera Occidental (sector norte del cuadrángulo Oyón, 22-j de la carta nacional). Políticamente pertenece a la Comunidad Chinche Tingo, distrito Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión. El centro poblado Chinche Tingo se encuentra al NE del área del proyecto a 8.1 km de Puquio y 8.8 km de Garpo. La zona Puquio se sitúa en el flanco este del cerro Cushuropata y la zona Garpo en el sector sur del cerro Santa Rosa. Estas dos zonas están localizadas en la margen izquierda del río Huascacocha.

Al sur del área de estudio se encuentra el proyecto Pozo Rico, también propiedad de la Cía. de Minas Buenaventura S.A., el cual cuenta con una Evaluación Ambiental aprobada por la DGAAM. Cuenta, además, con instalaciones y facilidades que serán aprovechadas en beneficio del proyecto Grupo-Puquio, con el afán de minimizar los impactos. Para acceder al proyecto se cuenta con dos rutas:

- Lima-Huacho-Sayán-Churín-Uchucchacua-Proyecto Garpo-Puquio con 348 km
- Lima-La Oroya-Cerro de Pasco-Proyecto Garpo-Puquio con 358 km

Mina San Gregorio

El proyecto minero San Gregorio es considerado el mayor proyecto de zinc en Perú. Los trabajos de exploración se retomaron en el 2009 luego de 17 años de intensa negociación con la comunidad. Políticamente se localiza en el centro poblado Vicco, en el distrito Simón Bolívar, provincia Pasco, a 7 km al suroeste del centro poblado Colquijirca. Es propiedad de la Cia. El Brocal S.A.A. Se accede al proyecto desde la carretera Lima-La Oroya-Centro Poblado de Vicco-Proyecto San Gregorio con 307 km y un tiempo aproximado de 7 horas de recorrido.

Mina Huarón

Huarón está ubicada en distrito Huayllay, provincia y departamento Pasco, en la vertiente de los andes, zona central del país, a 4534 msnm. Huarón es un depósito polimetálico (plata, plomo, zinc y cobre); consiste de estructuras mineralizadas probablemente relacionadas a diques de monzonita del Mioceno. Las vías de acceso son las que siguen:

- Carretera central: Lima-La Oroya-Junín-La Villa Pasco (desvío a Huayllay)
- Carretera Lima-Canta-La Viuda-Huarón-Huayllay
- Carretera central: Lima-La Oroya-Junín-Cerro de Pasco-Huayllay

Mina Marcococha

El proyecto de exploración se ubica en el distrito Santa Ana de Tusi, provincia Daniel Alcides Carrión. El proyecto comprende tres concesiones mineras que abarca una extensión total de 692 ha, cuyo fin es determinar reservas de minerales con presencia de oro.

Proyecto Jancapata (etapa de exploración)

El proyecto minero se encuentra ubicado en el paraje Jancapata, distrito Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión. Se desarrolla en la concesión minera metálica Huáscar, la que a su vez forma parte de la Unidad Económica Administrativa (UEA) Marisol de titularidad de la Cia. de Minas Buenaventura S.A.A. El acceso al proyecto desde la ciudad de Lima es la carretera Lima-Huaura-Sayán-Churín-Oyón-Uchucchacua-Proyecto Jancapata a 419 km, con una duración aproximada de 8 horas de viaje.

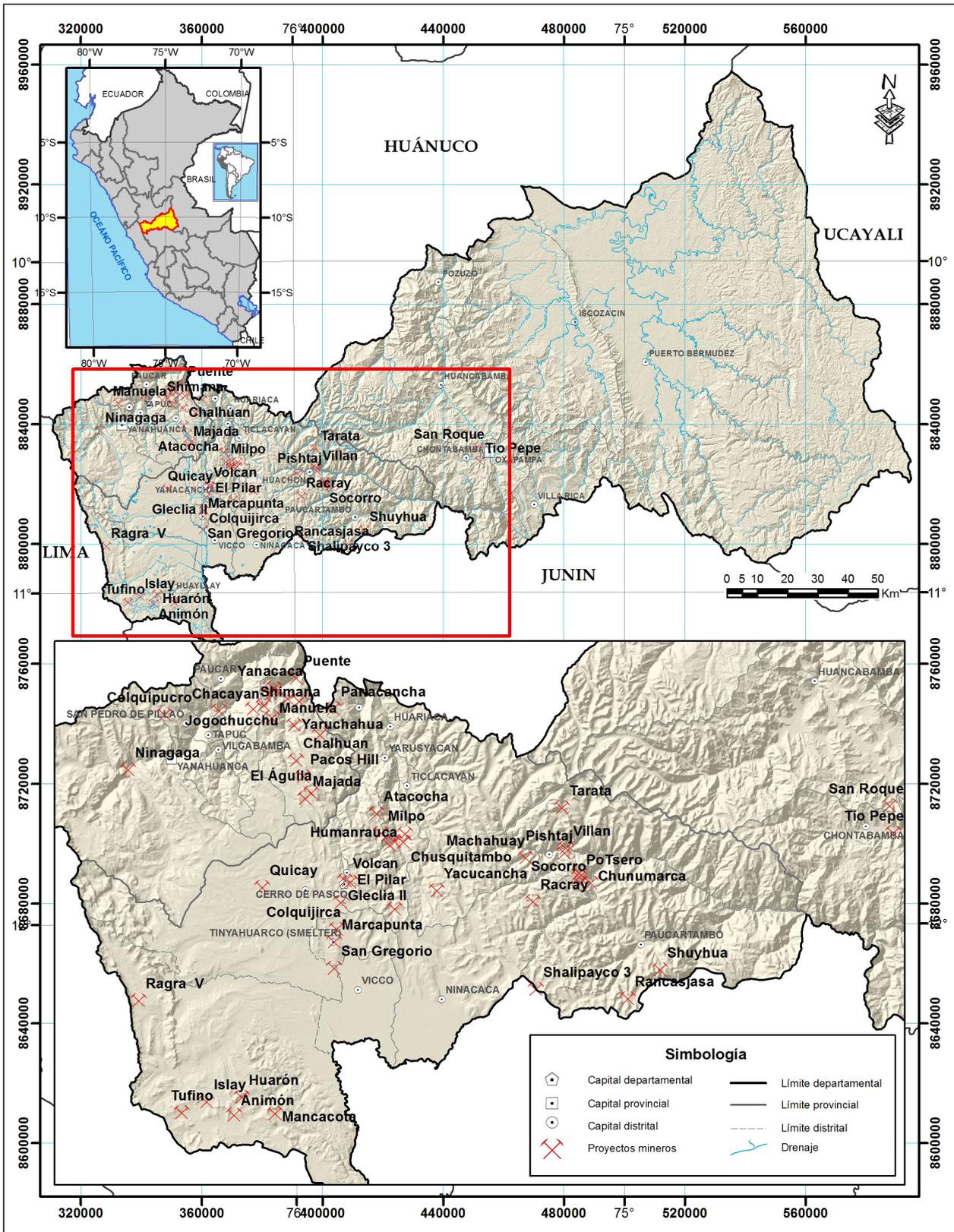


Figura 2.4 Principales minas del departamento Pasco (INGEMMET, 2005).

2.6 CLIMA

El clima en la región Pasco es muy diverso y se ve influenciado por la geografía y relieve con espacios geográficos de diferencias muy marcadas que influyen en su variación. A mayor altitud el clima es frígido, muy seco, con fuertes variaciones de temperatura entre el día y la noche, y con presencia de heladas, hielo y granizo; en zonas de menor altitud el clima es más cálido.

El clima predominante en esta región es cálido y semicálido, muy húmedo y muy lluvioso, representado por el 22% del departamento localizándose al NE de este en la Faja Subandina; en cambio, es semifrígido, húmedo y lluvioso en la Altiplanicie y representa el 18%.

Siendo el mapa de clasificación climática del Perú (Figura 2.5), posee nueve tipos diferentes de clima, de alta variabilidad espacial y temporal (SENAMHI, 2010a), cuyas características se describen a continuación:

- A(r)A'H₄: zona de clima cálido muy lluvioso, con precipitaciones abundantes en todas las estaciones del año, muy húmeda. Corresponde a este tipo de clima, lugares como Puerto Bermúdez, Belén, San José, El Oriente, Selva de Oro, Pachacútec, entre otros.
- A(r)B'₁H₄: zona de clima semicálido muy lluvioso, con precipitaciones abundantes en todas las estaciones del año, con humedad relativa muy húmeda. Corresponde a este típico clima, lugares como Pozuzo, Agua Salada, San Martín, Villa Luis y San Luis.
- A(r)B'₂H₃: zona de clima templado muy lluvioso, con precipitaciones abundantes en todas las estaciones del año, con humedad relativa húmeda. Lugares como Mayán, Carampayo, Villa Rica, Santa Bárbara, Alto Bocaz, poseen este tipo de clima.
- B(r)A'H₄: zona de clima cálido, lluvioso, con precipitaciones abundantes en todas las estaciones del año, con humedad relativa muy húmeda. Sectores Dos de Mayo, Golondrinas, Boca de Chuchurras, San Pedro, Unidad Yanasha, Ciudad Constitución, entre otros, son los más representativos de este tipo de clima.
- B(r)B'₁H₄: zona de clima semicálido, lluvioso con precipitación abundante en todas las estaciones del año, con humedad relativa muy húmeda. Corresponde a este tipo de clima Oxapampa, Huancabamba y Chontabamba, como lo más representativos.

- B(o,i)B'₃H₃: zona de clima semifrío, lluvioso con deficiencia de lluvias en otoño e invierno, con humedad relativa húmeda. Los poblados más representativos con este clima son Santa Rita, Salcachupán, Yanacocha, 8 de Octubre, Misca, Chacayán, entre otros.
- B(o,i)C'H₃: zona de clima semifrío, lluvioso con deficiencia de lluvias en otoño e invierno, calificada como zona húmeda; corresponde a este tipo de clima los sectores de Chinche Rabi, Tapuc, Vilcabamba, Santa Ana de Tusi, Pallanchacra, Ticalacayán, Huariaca, Yanahuanca, Huachon, Paucartambo y el valle del río Chaupihuaranga.
- B(i)D'H₃: zona de clima semifrío y lluvioso, con deficiencia de lluvia en invierno, con humedad relativa húmeda; corresponde a este típico clima, como Huayllay, Cerro de Pasco, San Antonio de Rancas, Ninacaca, Vicco, Yanacancha, Goyllarisquizga.
- B(i)F'H₂: zona de clima polar, lluvioso con deficiencia de lluvias en invierno, con humedad relativa seca, corresponde a este tipo de clima los lugares de nieves perpetua.

2.6.1 Temperatura y humedad

Dos sectores corresponden a la ceja de selva y tres a la zona andina. En zonas superiores a los 4000 m s.n.m., el clima es frío extremo. En Cerro de Pasco, por ejemplo, se calcula una media anual de 4 °C y una temperatura máxima de 10 °C. Generalmente, por las noches la temperatura desciende a los 0°C. En las zonas que comprenden altitudes de entre 3000 y 4000 metros la temperatura oscila de 15 a 0 °C. En la ceja de selva (entre los 1500 y 3000 m s.n.m.) se percibe un clima templado y lluvioso, con una temperatura promedio anual de entre 22 y 25 °C. En la provincia de Oxapampa es habitual el clima semicálido húmedo (entre los 500 y 1500 m s.n.m.) con una temperatura promedio anual de 20.9 y 22,7 °C.

2.6.2 Precipitación

Según el mapa de isoyetas de precipitación anual acumulada (SENAMHI, 2010b), en periodo lluvioso normal (Figura 2.6), en las provincias Pasco y Daniel Alcides Carrión, las lluvias varían entre 400 y 2200 mm y para ceja de selva entre 2200 y 3000 mm. En presencia del Fenómeno El Niño (1997-1998) en las provincias Pasco y Daniel A. Carrión se tuvieron lluvias entre 400 y 1000 mm y para Oxapampa entre 1000 y 2800 mm (SENAMHI, 2010c).

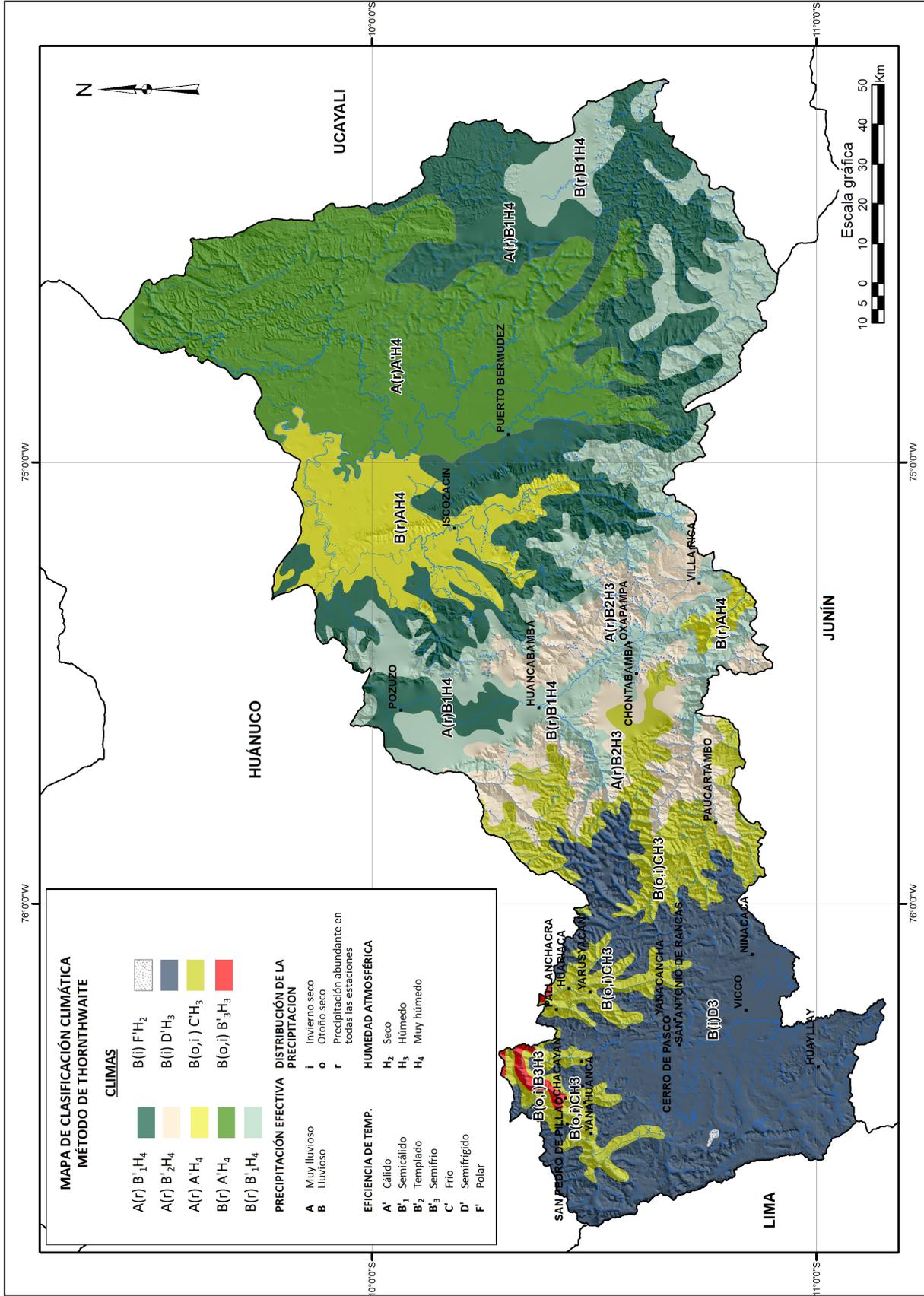


Figura 2.5 Mapa climático del departamento Pasco (SENAMHI, 2010a).

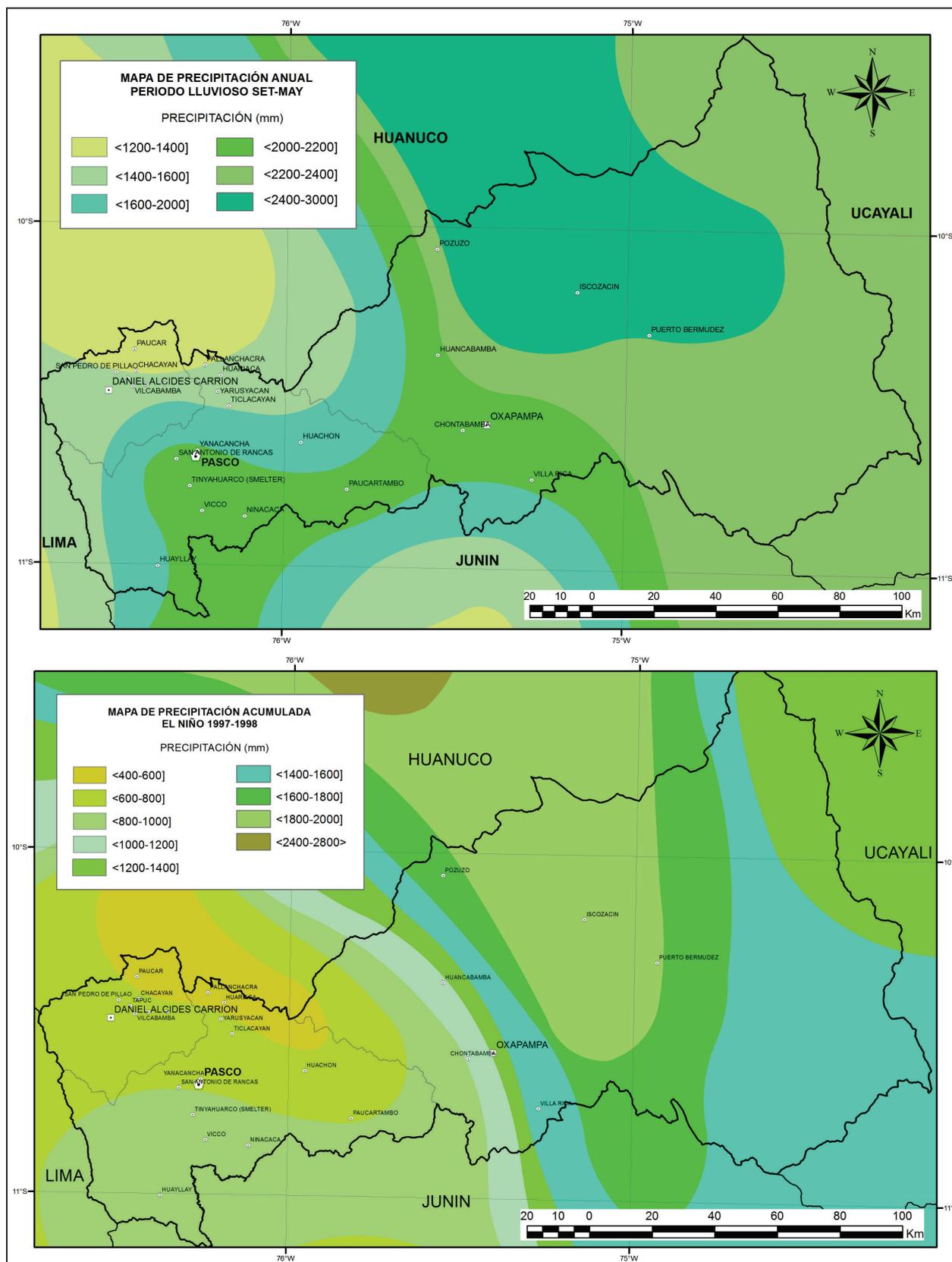


Figura 2.6 Mapa de isoyetas para el periodo lluvioso, setiembre-mayo (arriba) y con presencia del Fenómeno El Niño 1997-1998 (abajo). SENAMHI, 2010b y c.

2.7 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Un Área Natural Protegida (ANP) está definida como un espacio continental o marino del territorio nacional, que sirve para conservar la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico.

En el departamento de Pasco, abarcan una superficie de 978 896.91 ha, cuyo objetivo primordial es conservar la flora y

fauna representativas de la selva baja y así como desarrollar programas de utilización racional de los recursos naturales y paisajísticos (Cuadro 2.8). Entre las ANP destacan: las reservas comunales El Sira, la más extensa con 616 413.41 ha, seguido del Bosque de Protección de San Matías San Carlos, el Parque Nacional Yanachaga-Chemillén y el Santuario Nacional de Huayllay (Figura 2.7), las cuales se describen a continuación:

Cuadro 2.8
Áreas Naturales Protegidas en el departamento Pasco

Área Natural Protegida	Área (Ha)	%	Fecha de Creación	Ubicación Política	Base Legal
Parque Nacional Parque Nacional Yanachaga-Chemillén (PN07)	122 000.00	12.46	8/29/1986	Pasco	D.S. N°068-1986-AG
Santuario Nacional Santuario Nacional de Huayllay (SN01)	6 815.00	0.70	8/7/1974	Pasco	D.S. N°0750-1974-AG
Reserva Nacional Reserva Nacional de Junín (RN02)	53 000.00	5.41	8/7/1974	Pasco, Junín	D.S. N°0750-1974-AG
Reserva Comunal Reserva comunal Yanesha (RC01)	34 744.70	3.55	4/28/1988	Pasco	R.S. N°0193-1988-AG/DGFF
Reserva comunal El Sira (RC02)	616 413.41	62.97	6/22/2001	Huánuco, Pasco, Junín	D.S. N°037-2001-AG
Bosque de Protección Bosque de Protección San Matías-San Carlos (BP04)	145 818.00	14.90	3/20/1987	Pasco	R.S. N°0101-1987-AG/DGFF
Área de Conservación Privada Área de Conservación Privada Sagrada Familia (ACP05)	75.80	0.01	11/23/2006	Pasco	R.M. N°1437-2006-AG

Fuente: SERNANP, 2014a.

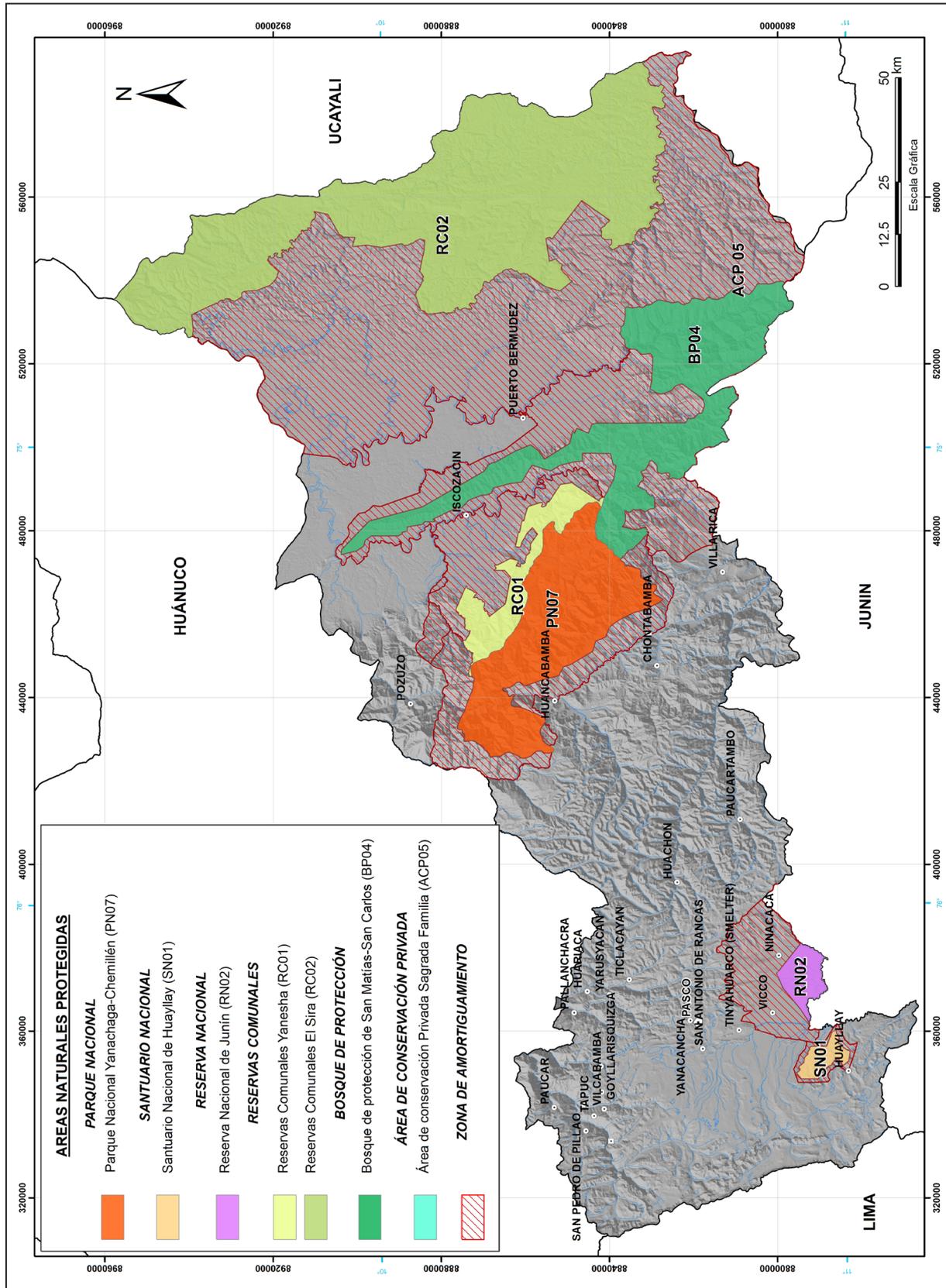


Figura 2.7 Áreas Naturales protegidas en el departamento Pasco (Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado, 2019).

2.8 COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO

La importancia de la cobertura vegetal y uso del suelo en reacción a la ocurrencia de movimientos en masa han determinado tener en cuenta este parámetro, para el cual se ha tomado como base el mapa de cobertura vegetal del Perú (Perú. Ministerio del Ambiente, 2015), a escala 1:2 000 000. Se ha elaborado el mapa de distribución de cobertura vegetal para la región Pasco, habiéndose diferenciado 19 zonas con tipo de vegetación dominante y donde se ha considerado además la densidad o ausencia de vegetación (Mapa 1).

En la región Pasco, la cobertura vegetal que cubre mayor extensión pertenece al tipo bosques húmedos, luego siguen las zonas cubiertas con pajonal altoandino y, finalmente, las áreas deforestadas en colina y montañas. Con extensiones reducidas se tiene vegetación de tipo bofedales, matorrales arbustivos, zonas ocupadas por agricultura andina, plantaciones forestales y, finalmente, bosques relictos.

Las condiciones climáticas que se presentan en la región Pasco, ayudadas por la topografía, han dado lugar a una vegetación variada que se distribuyen en los siguientes tipos de cobertura vegetal natural:

2.8.1 Bosques de zonas húmedas - zonas pluviales

Se considera una macroprovincia de humedad donde se desarrollan bosques densos y lluviosos ubicados en un amplio rango altitudinal, que va desde el nivel de los grandes ríos amazónicos, hasta el límite con los herbazales altoandinos de la vertiente oriental de los Andes, es decir, hasta aproximadamente 3800 - 4000 msnm en la zona sur y central y hasta 3500-3000 msnm en la zona norte del país. De acuerdo con el diagrama bioclimático del Mapa Ecológico del Perú (ONERN, 1976), presentan valores de precipitaciones pluviales anuales mayores de 500 mm y temperaturas medias anuales mayores a 6 °C. Constituyen los siguientes tipos de cobertura vegetal.

Bosque húmedo de terraza baja y media (BHTbm)

Comprende al bosque húmedo ubicado en la llanura aluvial de la selva amazónica, tanto en las terrazas aluviales bajas como medias. Ocupa un 0.73% de la superficie total de la región Pasco.

La cobertura boscosa en la terraza baja se ubica por debajo de los 5 m de altura respecto al nivel de las aguas, con pendiente de 0 a 2%. La inestabilidad de los cursos fluviales va originando porciones de tierras bajas donde se instala una flora pionera en forma secuencial y paralela, originando una colonización primaria en las playas o islas expuestas a base de comunidades de hierbas, sobresalen las especies "chirapa sachá" y algunas

ciperáceas y poáceas. Luego, aparecen especies de mayor porte como "caña brava", "pájaro bobo", "puca varilla", "cético", "punga colorada", etc. Estas dos últimas especies llegan a ser dominantes en muchos sectores, formando bosques paralelos a los ríos. Al transcurrir el tiempo, este bosque con baja diversidad va incluyendo otras especies arbóreas más estables como el "oje" y la "capirona del bajo". En suelos más estables se encuentran especies de mayor edad, tales como la "tangarana", la "capirona", "amasisa", "oje", "shimbillo", entre otras (Kalliola, R. et ál, 1993). La mayoría de los bosques de terrazas bajas son inundados por ríos y quebradas de origen andino y de selva baja.

En la terraza media el bosque se extiende aproximadamente hasta los 10 m de altura respecto al nivel de las aguas, presenta un terreno plano ha ondulado, con pendiente entre 0 y 8%. Tiene mayor estabilidad sucesional que el de terraza baja, observándose un mayor desarrollo de las plantas. Los géneros más comunes son "Catahua amarilla", "Lagarto Caspi", "Yutubanco", "Caucho", "Cumala", "Shimbillo", "Carahuasca", "Oje", Triplaris, Pouteria, "Pashaco", "Pino chuncho", "Quinilla", "Machimango", etc., y algunas palmeras.

En la región Pasco este tipo de vegetación se encuentra en el lado noreste (provincia Oxapampa), específicamente en las terrazas localizadas en ambas márgenes de los ríos Pichis, Palcazú y Pachitea. Ocupa una superficie de 176.5 km².

Bosque húmedo de terraza alta (BHTa)

Se encuentra ubicado en una plataforma de acumulación fluvial antigua con pendiente de 0-15% y aproximadamente sobre los 10 m de altura respecto al nivel de las aguas; también, existen terrazas de origen tectónico, muchas de ellas alejadas de los ríos, estas pueden ser planas, onduladas o disectadas. Entre los géneros arbóreos representativos se tiene a la "Machimango", "Moena", Brosimum, "shambo caspi", Hymenaea, "Cedro", Perebea, Hevea, Yacushapana, "Carahuasca", Manilkara, Trichilia, "Carahuasca", Heisteria, Dipterix, Pseudolmedia, Anaxagorea, Licania, etc. (Perú. Ministerio del Ambiente, 2015).

Este tipo de vegetación se localiza en el lado noreste de la región Pasco, ocupando las terrazas y abanicos aluviales de quebradas que confluyen hacia el río Pichis. Ocupa una superficie de 389.15 km².

Bosque húmedo de colina alta (BHCa)

Se desarrolla en el paisaje dominado por colinas altas, comprendido por debajo de los 300 m de altura respecto al nivel de su base y con pendiente generalmente superior a 50%. Ha sido originado por erosión de la antigua acumulación aluvial (anteriores niveles de terraza).

El bosque se caracteriza por su alta densidad y diversidad florística, con árboles dominantes de hasta 30 m de alto. Las especies que tipifican a este bosque son “tornillo”, “cedro”, “ubos”, “tortuga caspi”, “sapote”, *Cordia* sp., *Ficus* sp., “catahua”, “shiringa”, “caimito”, “peine de mono”, etc. Se incluyen algunas palmeras.

Este bosque reporta un buen potencial forestal; sin embargo, la fuerte pendiente del terreno y la alta pluviosidad lo hace altamente vulnerable a los procesos de erosión del suelo y que existan fuertes limitaciones para el aprovechamiento forestal maderable, aunque se pueden aprovechar los recursos forestales diferentes a la madera. Presenta, además, un buen potencial de servicios ecosistémicos (hidrológico, carbono, conservación del suelo, biodiversidad, etc.). Ocupa una superficie de 328.84 km² equivalente al 1.62% de la superficie total de la región Pasco.

Bosque húmedo de colina baja y lomada (BHCbl)

Involucra los bosques desarrollados en lomadas y colinas bajas que debido a la escala de trabajo no permitieron su discriminación. El bosque ubicado en las lomadas, cuya superficie es menor, se ubica en aquellas formas de tierra originadas por acumulación fluvial antigua, presentando una superficie ondulada con pendiente de 8 a 15% y una elevación topográfica menor de 20 m de altura con respecto a su base. El bosque ubicado en las colinas bajas, cuya superficie es mucho mayor, se desarrolla en tierras originadas por acumulación fluvial muy antigua y que se presenta con diferentes grados de disección o erosión, cuya pendiente varía de 15-75% y una elevación topográfica menor de 80 m de altura con respecto a su base.

En este bosque se reporta entre las más comunes, los siguientes géneros: *Tapiria*, *Oxandra*, *Unonopsis*, *Xilopia*, *Couma*, *Nealchornea*, *Croton*, *Cedrelinga*, *Protium*, *Hirtella*, *Esclerobium*, *Ormosia*, *Inga*, *Endicheria*, *Licaria*, *Nectandra*, *Ocotea*, *Eschweilera*, *Grias*, *Batocarpus*, *Brosimum*, *Perebea*, *Pseudolmedia*, *Comsoneura*, *Otova*, *Virola*, *Pouteria*, *Sterculia*, *Chimarrhis*, *Theobroma*, *Apeiba*, *Crysophyllum*, *Leonia*, *Cybianthus*, etc. Se incluyen palmeras. Cabe anotar la presencia de comunidades de cañas silvestres con diferentes grados de cobertura en algunos sectores de la Amazonía. También, se nota la presencia de “cañas” silvestres con diferentes grados de cobertura, en algunos sectores. En la región Pasco se extiende en 1079.86 km² que representa el 4.48% de la superficie total de la región.

Bosque húmedo de montaña (BHM)

Se extiende a través de todo el flanco oriental andino desde el pie de montaña hasta aproximadamente 3800 m s.n.m., límite

del pajonal altoandino y hasta los 3000 m s.n.m. Presenta una buena distribución y extensión en la región Pasco equivalente al 50.57% del área total regional.

El amplio gradiente térmico y de pluviosidad de los diversos pisos altitudinales permite el desarrollo de una amplia diversidad de especies con el predominio de árboles sobre otras formas biológicas, tales como arbustos, hierbas, epífitas, lianas, cañas, palmeras, etc.

Entre los géneros arbóreos que dominan el piso inferior (< 1500 m s.n.m.) se menciona a la *Unonopsis*, *Couma*, *Protium*, *Inga*, *Eschweilera*, *Miconia*, etc.; en este tipo de bosque se incluyen algunas palmeras como: *Euterpe precatoria*, *Iriartea deltoidea*, etc.

La vegetación del piso medio (1500, 2500 o 2800 m s.n.m.) conocida como “bosque de neblina” debido a su alta humedad ambiental, presenta al igual que el piso inferior una gran diversidad florística, reconociéndose como indicadores las siguientes familias: *Lauraceae* (*Aniba*, *Beilshmiedia*, *Endlicheria*, *Licania* y *Nectandra*), *Rubiaceae* (*Cinchona micrantha* “cascarilla”, *C. officinalis* y *C. Pubescens*), *Podocarpaceae*, entre otras; es común la presencia de helechos arborescentes de los géneros: *Alsophylla* y *Cyathea* con alturas hasta de 8 m de alto, así como cañas. También, se encuentran algunas especies de palmeras andinas.

El bosque del piso superior (> 2500 o 2800 m s.n.m.) se caracteriza por su porte bajo y presencia de abundante epifitismo, muchas de las plantas con follaje coriáceo.

Este tipo de vegetación se localiza de la parte central hasta el lado este de la región Pasco (provincias Pasco y Oxapampa), tapizando las laderas del flanco oriental de la Cordillera Oriental. Ocupa una superficie muy extensa de 12 186.05 km².

Bosque húmedo de superficie plana inclinada (BHSpi)

Esta superficie inclinada antigua presenta una cubierta coluvial con pendiente entre 25% y 50%. La naturaleza propia de su litología le hace resistente a los procesos erosivos causados por la fuerte precipitación pluvial. Presenta una densa cobertura arbórea, y debido a su limitación topográfica y ubicación geográfica poco accesible, no es adecuado desarrollar actividades de aprovechamiento forestal maderable.

No se ha conseguido información sobre las especies vegetales comunes en este tipo de bosque, sin embargo, ha merecido su delimitación por sus singulares características litológicas, geomorfológicas y edáficas. Probablemente parte de su composición florística sea similar a la del bosque húmedo de colina alta aledaño. Ocupa una superficie de 33.04 km² equivalente al 0.14% de la superficie total de la región Pasco.

Bosque relicto mesoandino (Brm)

Este bosque se encuentra distribuido de manera fraccionada en algunas zonas puntuales de la región meso-andina, entre los 3000 y 3800 m s.n.m., ubicándose específicamente en la porción superior de las vertientes montañosas empinadas, tanto de la vertiente occidental andina (zona norte) como de los valles interandinos, coincidiendo muchas veces con las nacientes de algunos ríos y quebradas.

Presenta una fisonomía y composición florística muy similar a la del “bosque húmedo de montaña” en sus niveles altitudinales medio y alto. Originalmente, se extendía sobre mayores superficies; pero hoy se restringe a manera de parches boscosos dispersos en las laderas montañosas inaccesibles y en aquellas donde se ha producido una ampliación de la frontera agrícola.

Entre las familias arbóreas se tienen a las *Podocarpus* sp., “Moena”, *Persea* y *Nectandra*, *Cinchona*, “Cedro”, *Alnus*, *Juglans*, *Weinmania*, *Ficus*, *Eugenia*, etc.

Este tipo de vegetación se localiza en forma dispersa en la margen derecha del río Pampanio, en la provincia Daniel A. Carrión, ocupando un área muy reducida (3.91 km²).

Bosque relicto altoandino (Bral)

Se encuentra distribuido de manera fraccionada en algunas zonas puntuales de la región altoandina del Perú, sobre piedemonte, laderas empinadas y cimas montañosas, así como en monte ribereño de ciertos ríos y quebradas, aproximadamente entre 3600 y 4900 m s.n.m.; tienen una superficie reducida, distribución fraccionada y ubicación poco accesible.

La vegetación está representada por el género *Polylepis*, conocido localmente como “quenual”, el cual está conformado por más de 10 especies. En ciertas ocasiones *Polylepis* se asocia a los géneros “cotoquisuar”, “chachacomo” y “tasta”. Este bosque alcanza alturas máximas de hasta 10 m en sitios con humedad permanente, mientras que, en sitios con largos periodos secos, los bosques son de porte casi arbustivo (3 m).

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 *Bidens*, *Alchemilla*, *Hypochaeris*, *Geranium*, etc. También, se incluye algunas especies arbustivas.

La población rural utiliza las especies vegetales de este bosque principalmente como leña, carbón, cercos y también en trabajos de artesanía. Este tipo de vegetación se localiza de manera muy reducida en la provincia Pasco, principalmente, en los sectores Santa Rosa de Pitic y La Quinoa, ocupan una superficie de 0.45 km².

2.8.2 Matorral de zonas áridas - zonas húmedas

De acuerdo con el diagrama bioclimático del Mapa Ecológico del Perú (ONERN, 1976), estas zonas contemplan valores de evapotranspiración potencial entre 32% y 1%, precipitaciones pluviales anuales hasta de 1000 mm y temperaturas medias anuales mayores a 6° C.

Matorral arbustivo (Ma)

Se encuentra distribuido ampliamente en la región andina central, desde aproximadamente 1500 msnm hasta 3800 m s.n.m. hasta el límite de los pajonales naturales.

La región Pasco se encuentra en el nivel medio, comprendido en los rangos altitudinales de 2000 a 3800 m s.n.m. en la zona norte y valles interandinos de la zona norte-zona central, las condiciones subhúmedas permiten el desarrollo de asociaciones arbustivas tanto de carácter caducifolio como de carácter perennifolio, mostrando una mayor diversidad florística que el piso inferior. Entre las especies más frecuentes se tiene a la “chamana”, “lloque”, “chinchilcuma”, “yaul”, “maguey azul”, “huanhuay”, “marco”, “retama”, etc.; entre las cactáceas más frecuentes se encuentran “anjokishka”, “San Pedro”, etc. Se incluyen en este piso algunas especies arbóreas de porte bajo y de manera dispersa, tales como el “faique”, “molle” y “tara”.

Ocupa una pequeña extensión dentro de la región Pasco en la planicie altoandina, en el lado noroeste de la región. En el sector norte ocupa las vertientes de los valles de los ríos Chaupihuarango, Tingo, Tingoragra, Ushugoya, Huachón y Huallaga. Ocupa una superficie de 385.37 km².

2.8.3 Herbazales de zonas húmedas - zonas pluviales

Se encuentran ubicados en la parte superior de la Cordillera de los Andes (sector central), por encima de los bosques amazónicos y de los matorrales andinos, sobre los 3800 o 4000 m s.n.m. extendiéndose hasta los límites de las áreas periglaciares y glaciares.

Según el diagrama bioclimático del mapa ecológico del Perú (ONERN, 1976), para esta zona con precipitaciones pluviales anuales desde 62.5 hasta 4000 mm y temperaturas medias anuales entre 6 y 1.5 °C, se propicia el dominio de comunidades de hierbas con inclusión de ciertos arbustos de hojas duras.

Pajonal altoandino (Pj)

Conformado por herbazales, entre los 3800 y 4800 m s.n.m. en la zona central del país. Se desarrollan sobre terrenos que van desde casi planos a ondulados en zonas de altiplanicies, en

depresiones y en el fondo de valles glaciares, hasta superficies empinadas o escarpadas en las laderas montañosas y cumbres altoandinas.

El pajonal está conformado por asociaciones de hierbas con dos estratos bien definidos: el estrato dominante constituido por matas de gramíneas de hasta 1 m de alto, cuyas hojas son de consistencia rígida, enrolladas y punzantes “tipo paja” (ichu), donde los géneros más dominantes son *Festuca*, *Stipa* y *Calamagrostis*; el estrato inferior, conocido como vegetación de piso, conformado por hierbas que crecen pegadas al suelo, de hasta 10 cm de altura, con los géneros más dominantes como la *Calamagrostis*, *Aciachne*, *Carex*, *Scirpus*, *Geranium*, *Agrostis*, *Muhlenbergia*, *Eleocharis*, etc. Constituye una fuente de forraje para camélidos sudamericanos y ganado ovino; sin embargo, muchas áreas se encuentran en proceso de degradación debido al sobrepastoreo, la quema periódica y la ampliación de la frontera agrícola.

En Pasco este tipo de vegetación presenta gran distribución desde la parte central hacia el oeste de la región y ocupa una superficie de 5158.05 km² equivalente al 21.4%.

Bofedal (Bo)

Constituye un ecosistema hidromórfico distribuido a manera de parches en la extensa región altoandina, es decir, encima de los 3800 m s.n.m. Se encuentra ubicado en los fondos de valle fluvio-glacial, planicies lacustres, piedemonte y terrazas fluviales. Se alimentan del agua proveniente del deshielo de los glaciares, de manantiales y de la precipitación pluvial. Los suelos permanecen inundados permanentemente con ligeras oscilaciones durante el periodo seco.

La vegetación es densa y compacta siempre verde, de porte almohadillado o en cojín. Las especies más frecuentes son la “champa”, “champa estrella”, *Alchemilla pinnata*, *Werneria caespitosa*, *Hypochoeris* sp. *Calamagrostis rigescens*, etc. El bofedal funciona como eficiente almacén natural de agua. El agua de escorrentía superficial ingresa lentamente y se almacena en el sustrato orgánico para luego escurrir lentamente hacia las porciones inferiores del terreno. Constituyen verdaderos filtros naturales que mejoran la calidad del agua y una importante fuente de forraje permanente para la actividad pecuaria altoandina.

Este ecosistema frágil viene siendo afectado por las actividades antrópicas como el sobrepastoreo (pérdida de la calidad del forraje), obras de drenaje para el desarrollo de actividades productivas, construcción de reservorios de agua, construcción de presas, extracción para leña, y otras. En la región ocupa una superficie de 439.68 km².

2.8.4 Coberturas antrópicas

Plantación forestal (PF)

Se incluye las áreas reforestadas ubicadas en tierras con aptitud forestal en la región andina, desde aproximadamente 3000 a 3700 m s.n.m.

Se siembran árboles que conforman una masa boscosa y que tiene un diseño, tamaño y especies definidas para cumplir objetivos específicos como plantación productiva, fuente energética, protección de zonas agrícolas, protección de laderas, protección de espejos de agua, detener la erosión del suelo y regular el agua de escorrentía. Las especies que se utilizan son pinos y eucaliptos.

En la región Pasco se presentan en forma dispersa y en pequeñas áreas, principalmente en las provincias Daniel A. Carrión y Pasco, en los sectores Huariaca, Tapuc, Yanahuanca, Chipipata. Ocupa una superficie de 7.29 km².

Agricultura andina (Agri)

Son áreas donde se realiza actividad agropecuaria, actualmente activa y en descanso, ubicada en los fondos y laderas de los valles interandinos hasta el límite del pajonal altoandino. Comprenden los cultivos bajo riego y en secano, tanto anuales como permanentes. También, se incluye en esta cobertura, la vegetación natural ribereña que se extiende como angostas e interrumpidas franjas a lo largo de los cauces de los ríos y quebradas como el sauce, huarango y molle. Ocupa una superficie de 113.51 km².

Áreas deforestadas en terraza (Det)

Esta unidad de cobertura se encuentra ubicada en la región amazónica y comprende las áreas que fueron desboscadas y hoy convertidas en áreas agropecuarias, es decir, actualmente con cultivos agrícolas y pastos cultivados; asimismo, comprenden todas las áreas cubiertas actualmente con vegetación secundaria (“purma”) y que están en descanso por un determinado número de años hasta que retorne la fertilidad natural del suelo, para ser nuevamente integradas a la actividad agropecuaria.

Estas áreas deforestadas, tanto en actual uso como en descanso (“purma”), se encuentran ubicadas en terrazas aluviales. Ocupa una superficie de 663.26 km² equivalente al 2.75% de la superficie total de la región Pasco.

Áreas deforestadas en colinas y montañas (Decm)

Son áreas deforestadas, tanto en actual uso como en descanso (“purma”), se encuentran ubicadas en colinas y montañas. Ocupa una superficie de 2707.88 km² equivalente al 11.24% de la superficie total de la región Pasco.

2.8.5 Otras áreas

Comprende aquellas áreas sin cobertura vegetal como son los glaciares, los periglaciares, áreas con actividad minera y cuerpos de agua.

Periglaciario (Ap)

Este término fue introducido por Lozinski (1909), en sustitución de circunglaciario. Inicialmente, se refería a ambientes y zonas circundantes a los grandes casquetes glaciares remanentes del Pleistoceno; finalmente, al extenderse su uso, acabó generalizándose para denominar cualquier ambiente o proceso sobre la superficie terrestre, regulado por fenómenos de hielo-deshielo. Dentro de esta zona se pueden encontrar tres ambientes característicos:

Permafrost: suelos permanentemente helados, es decir, cementado por hielo, ya que sus espacios intergranulares y discontinuidades están ocupados por agua solidificada.

Ciclos de helada: o ciclos térmicos con hielo-deshielo son cambios de fases rítmicos que tienen lugar en las aguas superficiales y subsuperficiales del suelo, y dependen de la humedad y las oscilaciones térmicas ambientales.

Coberturas nivales: áreas con nieve más o menos perenne, que no llegan a formar hielo policristalino capaz de fluir. Es un protector contra los descensos térmicos que pueden afectar al suelo; para otros fenómenos, actúa como fuente de humedad que posibilita el flujo en los materiales o favorece las roturas al aportar agua.

En Pasco estas zonas se ubican en el lado oeste de la región las cuales forman parte de la Cordillera Occidental como, por ejemplo, en las cordilleras Rumi Cruz y Callejón; los cerros cuyas cimas conforman el límite regional con Lima, entre ellos se tiene a los cerros Lulicocha, Puyhuancococha, Rachacancha, Piruro, Chuspe, Jahui, Yanamachay, Cañónpunta, San Antonio, Santa Rosa, en las provincias Daniel A. Carrión y Pasco. Ocupa una superficie de 254.35 km².

Glaciario (Gi)

Conformado por masas de hielo originado mediante la diagénesis o transfiguración de nieve reciente. Este proceso denominado también metamorfismo de baja temperatura, consiste en una compactación-recristalización, expulsando el aire intergranular y variando la geometría cristalina. Así la nieve reciente sufre una notable metamorfosis, que la transforma en nieve compactada, luego a neviza o firn, hasta llegar a hielo glaciario. El tiempo necesario para alcanzar este último estado entre uno o varios

años, depende del tipo de glaciario; es muy rápido en aquellos que abunda fusión-recongelación y muy lento cuando apenas existe ese fenómeno.

Todos estos cambios ocurren en la zona de acumulación, donde se apila la nieve según capas a lo largo del tiempo. Desde esos centros el hielo inicia un desplazamiento que, a través de la zona de descarga, lo conduce hacia unos bordes o frentes, y allí tiene lugar su desaparición o ablación total.

Estas zonas se ubican en el lado oeste de la región Pasco como, por ejemplo, en las cimas de las cordilleras Rumi Cruz y Callejón. Ocupa una superficie de 21.5 km².

Lago, laguna, ríos y reservorios de agua (Lag/R)

Son cuerpos de agua que se encuentran estancados o de movimiento lento, pueden tener un origen natural o artificial. Se les puede dar diferentes usos: recreacionales, agropecuarios, piscícola, para generación de energía, para abastecimiento de agua y riego. Algunas áreas de esta zona se encuentran ocupadas por obras hidráulicas como presas o reservorios.

En la región Pasco se tienen grandes cuerpos de agua que conforman lagunas entre estas se tiene las lagunas de Aucocha, Punrún, Alcacocho, Shegue, Huaroncocha, Huataycocha, Pomacocho, Yanacocho, Aguascocho, etc. En conjunto los cuerpos de agua ocupan una superficie de 149.27 km².

Áreas urbanas o de expansión urbana (Au)

También denominada zona urbana, es la porción de territorio donde actualmente se desarrollan las ciudades importantes de la región Pasco; estas áreas se desarrollan sin control urbano. Incluye zonas de expansión urbana que aún no están construidas, potencialmente urbanizables y que hoy son campos que deberían incorporarse a la ciudad sobre la base de un plan previamente elaborado que establezca las pautas para su desarrollo urbano y prevea la forma en que se le brindarían los servicios necesarios de manera de crear nuevas urbanizaciones habitables.

Áreas con actividad minera (Aam)

Son áreas degradadas correspondientes a estas geoformas artificiales pueden originar inestabilidad de laderas y hasta problemas de carácter ambiental, principalmente relacionados con la destrucción del paisaje, por lo que se debe de considerar su delimitación. Está conformada por canteras de agregados, rellenos sanitarios; botaderos de desmonte y depósitos de relaves.

CAPÍTULO III

CONTEXTO LITOLÓGICO ESTRUCTURAL

3.1 GENERALIDADES

En la evaluación y agrupación de las unidades litológicas se ha usado la información geológica disponible en los boletines de la serie A, números: 26, 76, 77, 78, 80, 85, 88, 95, 98, 104 y 114 de la Carta Geológica Nacional, a escala 1:100 000 (Cobbing, 1973; Cobbing et al., 1996a; Cobbing et al., 1996b; Monge et al., 1996; De la Cruz, 1996; S & Z Consultores Asociados, 1997; CGS Consultores Asociados, 1997; LAGESA-C.F.G.S., 1997; De la Cruz et al., 1997; Jaen et al., 1997 y Guzmán & Núñez, 1998), las memorias descriptivas de la revisión y actualización de cuadrángulos a escala 50 000 (Quispesivana & Navarro, 2003; De la Cruz, 2003; Rodríguez, 2003a; Rodríguez, 2003b; Romero et al., 2003; Zapata & Rosell, 2003) y el estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja No. 4 (Fidel et al., 2006), acompañado de trabajos de revisión en campo que sirvieron para caracterizar las rocas.

Para la delimitación de las diferentes unidades litológicas se tomó como patrón la especificación técnica DGAR-ET-004 2012: Leyenda y simbología de mapa litológico, elaborado por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2012). Se consideró el grado de homogeneidad de sus propiedades geomecánicas que indican su resistencia y susceptibilidad a procesos de erosión y remoción en masa. Las características tomadas en cuenta, para la clasificación de las unidades de roca y suelos han sido el tipo de roca, la presencia de fracturas, fallas, grado de meteorización, presencia de agua subterránea y origen del suelo.

De acuerdo con lo mencionado, los principales grupos de suelos y rocas fueron agrupados en dos grandes unidades de clasificación: depósitos inconsolidados y substrato rocoso (Mapa 2).

3.2 UNIDADES LITOLÓGICAS

3.2.1 Unidad I: Depósitos inconsolidados

Esta unidad está conformada por depósitos de materiales poco consolidados de edad reciente, de extensión y grosor variables, conformados por materiales de litología heterogénea y heterométrica, constituida por arenas, limos, arcillas y gravas, depositados desde el Pleistoceno hasta la actualidad y agrupados por su origen.

En la región Pasco se han diferenciado seis tipos de materiales no consolidados, que son producto de la meteorización, erosión y posterior acumulación, ocupando el 9.43% del área total de la región.

Presentan morfologías que van desde planas y plano-onduladas hasta acumulaciones de piedemonte con cierto declive. De acuerdo con su origen se clasifican en:

Depósitos fluviales (I-2)

Los depósitos fluviales constituyen los materiales ubicados en el cauce o lecho de los ríos o quebradas, terrazas bajas inundables y llanura de inundación constituidos por arenas gruesas a finas, cuarzosas, subredondeadas. Por su localización son susceptibles a erosión fluvial e inundación fluviales. Abarca una extensión de 233.09 km². En los ríos Pichis, Palcazú, Azupizú y Nazarategui quedan expuestos estos depósitos en periodos cuando baja el nivel de las aguas (Fotografía 3.1).

Depósitos deluviales (I-4)

Conformado por capas de suelo fino y arcillas arenosas con inclusiones de fragmentos rocosos pequeños a medianos, que se depositan y cubren las laderas de los cerros, a manera de pequeñas a moderadas acumulaciones de depósitos de vertiente, con taludes suaves a moderados que han sido removidos por agua de lluvia. Se le encuentra al pie de laderas y formando pequeños abanicos en su confluencia con valles principales. Su origen está asociado generalmente a flujos no canalizados (avalancha de detritos) y también a movimientos complejos (derrumbe-flujos o deslizamiento-flujos). Abarca una extensión de 10.68 km². Estos depósitos se observan en el puerto Orellana, en ambas márgenes del río Pachitea.

Depósitos coluvio-deluviales (I-5)

Escombreras, acumulaciones en la base de las laderas de los cerros compuestos de bloques angulosos con bastante matriz areno-limosa generados por desprendimientos. En algunos casos, por la escala no se puede diferenciar ambos depósitos. Estos depósitos se encuentran en ambos flancos este y oeste de las cordilleras San Matías, en los sectores Victoria, Buenos Aires, Alto Iscozacín, Miraflores, Villa Alegre, Quirishari. Asociados a deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos.



Fotografía 3.1 Depósitos fluviales en la confluencia de los ríos Huancabamba y Santa Cruz, provincia de Oxapampa.

Depósitos lacustrinos (I-6)

Conformados por limos, arcillas y material orgánico, con intercalaciones de gravas. Son depósitos que se encuentran en las orillas de las lagunas Pomac, Condorcocha, Huagalayoj, y se interdigitan con los depósitos aluviales. Abarca una extensión de 114.76 km² que limita con la laguna Junín. Asociado a inundaciones lagunares, reptación de suelos y derrumbes.

Depósitos glaciares (I-7)

Están constituidos por bloques, gravas, arena y limo en matriz areno-limosa pobremente clasificados, a veces con leve pseudoestratificación y lentes como testigo de fusiones estacionales durante el período glacial. Estos depósitos son productos de la última glaciación y se ubican sobre los 4100 m s.n.m., al suroeste y oeste de la región Pasco.

Los depósitos fluvio-glaciales se encuentran conformados por materiales de morrenas que han sufrido removilización por acción fluvial o por gravedad, compuestas generalmente por material heterométrico. Consisten en gravas subredondeadas en matriz arenolimosa, de profundidad y permeabilidad variable, medianamente compactos. Se localizan ocupando las laderas de montaña en zonas periglaciales, rellenando los valles glaciales y en frentes de montañas, generalmente en forma de talus

de detritos. En algunos lugares son susceptibles a erosión de laderas por acción de aguas superficiales y de infiltración. En la parte central de la región Pasco se pueden identificar algunos reconocidos en las laderas de los nevados Nausacocha, Huagriuncho, Tarat, Auaguruncho, Anilcocha, Quiulacocha, y en los valles glaciares del río Antacancha, Pilcocancha, entre otros. En conjunto, ocupan el 608.43 km², por su naturaleza son susceptibles a flujos de detritos y derrumbes.

Depósitos aluviales (I-14)

Son depósitos inconsolidados constituidos que han sido acumulados por procesos torrenciales y fluviales. Están ubicados principalmente en las márgenes de ríos y quebradas principales formando terrazas a diferentes niveles ligeramente más elevados, utilizadas como terrenos de cultivo, así como abanicos antiguos de gran dimensión. Abarca una extensión de 1136.94 km².

Litológicamente, están compuestos por gravas, arenas y limos, escasamente compactados. Los clastos son subredondeados a redondeados, como los que se observan en los ríos Andacancha, Mantaro y Blanco. Son susceptibles a flujos de detritos, a la erosión fluvial (socavamiento en el pie de terrazas) se producen algunos derrumbes y hasta deslizamientos pequeños en márgenes de ríos y quebradas.

3.2.2 Substrato rocoso

Las unidades del substrato rocoso han sido divididas de tal forma que las diferentes litologías se agrupan según su naturaleza, diferenciándose en la región: rocas intrusivas (II), rocas volcánicas (III), rocas volcánico-sedimentarias (IV), rocas sedimentarias (V) y rocas metamórficas (VI). Estos símbolos pueden estar acompañados de un número según el tipo de litología particular en cada una de ellas.

a) Unidad II: Rocas intrusivas

Las rocas intrusivas que afloran en la región Pasco tienen una notable presencia, ocupando el 10.76% del área total de la región y se clasifican en cuatro subunidades de acuerdo con sus características litológicas importantes:

Granitos y monzogranitos (II-1)

Se caracterizan por afloramientos de granitos de topografía moderada a fuerte, de grano grueso y moderadamente fracturados, amplia distribución dentro de la región Pasco a manera de macizos (San Rafael, San Ramón, Paucartambo)

y el Complejo Marca. Tienen sus mayores exposiciones al lado norte y sureste en la parte central de la región, al norte de la hoja Ulcumayo (22-l), al extremo nororiental de la hoja Cerro de Pasco (22-k) en el nevado Quiulacocha, al extremo sur de la hoja de Ambo (21-k) y desde el límite sur de la hoja de Pozuzo (21-l) hasta alrededores de la localidad de Chaglla. También, se pueden encontrar pequeños afloramientos de monzogranitos en otros sectores en forma de stocks (Ranyac). Esta subunidad ocupa el 7.42% de la superficie total de la región. Los peligros geológicos que se presentan en esta unidad son los derrumbes, erosión de laderas y erosión fluvial.

Adamelitas, granodioritas (II-2)

Afloramientos de topografía moderada a manera de plutones (San Antonio, Vilcabamba, Azul Huanca) y complejos granodioríticos, afectados por procesos de meteorización que generan suelos arenosos. Son de reducida distribución dentro de la región, ocupa el 1.71%, cuyas mayores exposiciones ocurren en la parte sur centro de la región (Fotografía 3.2). Generalmente, están asociados a derrumbes, deslizamientos, erosión de laderas y erosión fluvial.



Fotografía 3.2 A) Talud de carretera Paucartambo-Carhuamayo, en granodioritas, mostrando un suelo de meteorización; B) derrumbes en talud superior de carretera con bloques originados por fracturamiento y meteorización del macizo granodiorítico.

Dioritas, tonalitas, gabrodioritas, gabro (II-3)

Constituyen intrusiones de dimensiones menores con relación a las anteriores. Se exponen de manera aislada y dispersa, siendo los más representativos los afloramientos en los sectores Marapata, Anana y Santa Rosa, al noreste de la hoja Ulcumayo (22-I); morfológicamente, conforman montañas con laderas de moderada pendiente y ocupan el 1.28% del área total de la región.

Pórfidos, hipabisales (II-4)

Constituido por pequeños cuerpos subvolcánicos como el de Huanyan, Antavago, Taya, entre otros y en el extremo sureste de la hoja Pozuzo (21-I) y al oeste de la hoja Cerro de Pasco (22-k). Morfológicamente, aparecen como montañas de moderada pendiente y colinas o inselberg (como el cerro Raco), ocupando el 88.31 km² equivalente al 0.36% de la superficie de la región. Están asociados a peligros geológicos como caídas y derrumbes.

b) Unidad III: Rocas volcánicas

Esta unidad consiste en una reducida exposición, siendo su distribución aislada y dispersa. Sus afloramientos de poca dimensión que abarcan el 1.89% de la superficie total de la región Pasco. Esta unidad se presenta muy meteorizada. Se les ha subdividido en dos grupos de acuerdo cómo se presentan:

Tobas o piroclastos y brechas piroclásticas (III-1)

Constituido por ignimbritas volcánicas, generadas en cinco episodios volcano-clásticos asociados al “Centro Volcánico

Pariamachay” que se distinguen entre el suroeste de Ondores (Santa Bárbara de Carhuacayán) y la laguna a Punrún, al norte (Quispesivana & Navarro, 2003), su litología consiste de tobas con bloques y pómez conocidos como Formación Huayllay (Fotografía 3.3). Tienen gran exposición y formas pétreas características en los alrededores del poblado de Huayllay (Fotografía 3.4), ocupando una superficie de 161.01 km². Por sus características son susceptibles a caídas y avalanchas de rocas debido a las fuertes pendientes que caracterizan a este sector y a la disyunción columnar en las ignimbritas.

Secuencia lávica (III-2)

Este subgrupo está representado por el volcánico Huarón; está compuesto por afloramientos reducidos y dispersos. El mayor afloramiento se encuentra al oeste en el límite con la región Lima y consiste en lavas andesíticas, abarcan una extensión de 136.66 km². Dado el tipo de litología de esta subunidad pueden ser susceptibles a la ocurrencia de aludes, derrumbes, avalanchas y caída de rocas. Morfológicamente, se encuentran formando montañas, montañas glaciales y colinas.

Lavas y piroclásticos (III-3)

Este subgrupo está representado por secuencias de lavas andesíticas púrpuras y piroclastos gruesos del Grupo Calipuy. Abarca un área de 171.38 km². Dado el tipo de litología de esta subunidad pueden ser susceptibles a la ocurrencia de aludes, derrumbes, avalanchas y caída de rocas, morfológicamente se encuentran formando montañas, montañas glaciales y colinas.



Fotografía 3.3 Afloramiento de ignimbritas de la Formación Huayllay (A y B) localizados en los alrededores del poblado del mismo nombre.



Fotografía 3.4 Formas pétreas en ignimbritas de la Formación Huayllay en el Santuario Nacional de Huayllay, que muestra la figura de “el elefante”.

c) Unidad IV: Rocas volcánico-sedimentarias

Agrupan una serie de formaciones entre las cuales sobresale el Grupo Mitu, las Formaciones Lantorache y Rumichaca. Ocupan aproximadamente 2.79% del área de la región. Por las características litológicas encontradas esta unidad se limita a una sola subunidad:

Tobas y lavas andesíticas intercaladas con areniscas, limolitas, lutitas y conglomerados (IV-2)

Dentro de esta subunidad se ubica el Grupo Mitu, constituido de andesita púrpura y flujos de lava, andesita piroclástica, conglomerados de guijarros de andesita y areniscas rojas. Afloran al noroeste de la región en el sector sur de la hoja Ambo (21-k) y norte de la hoja Cerro de Pasco (22-k).

Forma parte de esta unidad la Formación Lantorache, que aflora al noreste del cuadrángulo de Pozuzo. Está compuesta en su base por una secuencia de conglomerados con matriz arenosa semiconsolidada, intercalados con sedimentos tobáceos de naturaleza riolítica; también, se observan brechas y aglomerados con fragmentos angulosos y redondeados de

naturaleza andesítica; la parte superior presenta areniscas limosas en la base, limoarcillitas y horizontes tobáceos. Abarca una extensión de 692.43 km². Estos afloramientos se encuentran en el sector de Lantorache al norte de Huancabamba, este de la hoja Pozuzo (21-l) y al suroeste de la hoja Iscozacín (21-m), similares afloramientos sólo se han reconocido hacia la parte alta del río Chontabamba, al noreste de la hoja Ulcumayo (22-l).

Las secuencias volcánico-sedimentarias se encuentran formando montañas y colinas de moderada a fuerte pendiente, sus valores de resistencia a la compresión son variables, debido a estar constituidos por diferentes litologías. Su susceptibilidad a los movimientos en masa se relaciona a la ocurrencia de derrumbes de grandes magnitudes, derrumbes-flujos y erosión de laderas.

d) Unidad V: Rocas sedimentarias

Las rocas sedimentarias conforman una importante extensión en la región Pasco, encontrándoseles en el sector este y sureste, cuyos afloramientos representan el 72.1% de la superficie del departamento y suelen presentarse estructuralmente plegadas y falladas. Esta unidad ha sido dividida en seis subunidades tomando en cuenta la litología predominante de cada subunidad.

Calizas, lutitas carbonosas, limoarcillitas y margas (V-1)

Esta subunidad está constituida por secuencias de calizas micríticas, bituminosas; calizas con intercalaciones de lutitas; calizas con niveles margosos; calizas nodulares alternadas con margas y areniscas calcáreas; intercalaciones de limoarcillitas, lodolitas y delgadas capas de calizas; calizas silicificadas con limoarcillitas carbonosas y niveles de areniscas rojizas. Las formaciones representativas que pertenecen a esta subunidad son Chulec, Pariahuanca, Pariatambo, Chonta y el Grupo Pucará (Formaciones Condorsinga, Aramachay, Chambará). Ocupan el 20.73% equivalente a 5142.09 km² del territorio de la región. Afloran principalmente al oriente de la región Pasco, entre San Ramón (Junín) y Oxapampa, al sureste de las hojas Yanahuanca (21-j) y Ambo (21-k), límite con Huánuco, al este de la hoja Cerro de Pasco (22-k). (Fotografía 3.5).

Por su composición litológica, las calizas son rocas duras y resistentes, algunas presentan acanaladuras (superficies rugosas y paralelas) en las caras expuestas; en el caso de las margas al tener más arcilla son más blandas que las calizas. Son susceptibles a derrumbes, caída de rocas, deslizamientos y avalancha de rocas.

Areniscas y lutitas (V-2)

Esta subunidad está constituida por secuencias de areniscas cuarzosas blanco amarillentas con intercalaciones de limos y areniscas calcáreas de la Formación Farrat; areniscas y lutitas carbonosas de la Formación Cachiyacu; areniscas gruesas a conglomerádicas, y niveles de carbón que fueron explotados en las localidades de Goyllarisquizga y Yaucancho de la Formación Chimú; areniscas cuarzosas blancas con intercalaciones de lutitas grises, limos rojos y niveles de carbón del Grupo Goyllarisquizga, que presenta sus mejores afloramientos en el poblado Goyllarisquizga, lugar donde proviene el nombre de esta formación (Fotografía 3.6). Abarca una extensión de 303.74 km².

Los afloramientos están dispuestos en colinas y montañas en pequeñas extensiones y suelen ser susceptibles a derrumbes, vuelcos, caída de rocas, flujos de detritos y erosión de laderas.

Conglomerados, areniscas, lodolitas, limoarcillitas y lutitas (V-5)

Conformada por secuencias de areniscas de grano medio a grueso y canales de microconglomerados con intercalaciones de lutitas, limolitas en estratos medios intercalados con areniscas de las formaciones Chunomaja, Buena Vista, Yanac del Grupo Ambo; areniscas cuarzosas con intercalaciones de limolitas y areniscas feldespáticas rojizas del Grupo Oriente; conglomerados polimícticos intercalados con areniscas y limolitas de la Formación Pocobamba; lutitas y limolitas rojas

y areniscas semiconsolidadas de la Formación Casapalca; limoarcillitas rojas intercaladas con lodolitas con lentes de areniscas de grano fino de la Formación Chambira; areniscas de grano medio a grueso y limolitas rojas de la Formación Ipururo; limolitas y lutitas grises a rojizas alternando con areniscas y margas de la Formación Cercapuquio; areniscas conglomerádicas rojas, lodolitas y limolitas de la Formación Sarayaquillo (Fotografías 3.7 y 3.8).

Se exponen extensamente al oeste del Santuario Nacional de Huayllay, en los alrededores de Huayllay y La Calera, carretera a la mina Huarón en el sector Azulmina, en las hojas Ambo (21-k), Cerro de Pasco (22-k) y en todo el sector oriente de la región Pasco, en las hojas Puerto Bermúdez (21-n) y Bajo Pichanaqui (22-n). En extensión ocupan una superficie aproximada de 38.46 % de la región equivalente a 9541.35 km².

Por su composición litológica, resistencia a la erosión, grado de meteorización y su morfología escarpada, es susceptible a derrumbes, flujos de lodo, deslizamientos, reptación de suelos y erosión de laderas.

Areniscas cuarzosas y cuarcitas (V-6)

Los afloramientos de esta subunidad se ubican en el lado oriental de la región, en el flanco este de los valles de los ríos Pichis y Palcazú. Esta unidad está constituida por areniscas cuarzosas de grano fino a medio de la Formación Vivian. Se encuentra en reducidas extensiones y abarca 443.85 km², asociados a derrumbes y flujos de detritos.

Calizas masivas (V-8)

Esta subunidad está constituida por calizas grises masivas en bancos medios a gruesos de las formaciones Jumasha y Cajamarca, muy resistentes a la erosión (Fotografía 3.9). En algunos sectores se encuentra muy plegado, se ubican al oeste de la región. Ocupan 335.11 km². Por su composición litológica es susceptible a derrumbes, caída de rocas, avalancha de rocas y deslizamientos.

Areniscas, lodolitas, limolitas y limoarcillitas (V-10)

Conformado por secuencias de areniscas rojizas, lodolitas y limoarcillitas del Grupo Huayllabamba; limolitas, arcillitas rojizas y areniscas blanquecinas de grano fino de la Formación Yahuarango; limolitas grises a blanquecinas y areniscas de grano fino de la Formación Cachiyacu.

Sus afloramientos se distribuyen en el sector oriente de la región, entre las hojas Puerto Bermúdez (21-n), Iscozacín (21-m) y Oxapampa (22-m). Ocupa una superficie de 2120.46 km² que equivale al 8.55% del área total de la región. Esta subunidad es susceptible a deslizamientos, derrumbes y flujo de detritos.



Fotografía 3.5 Calizas gris claras (A). Lutitas intercaladas con limoarcillitas carbonosas, calizas micríticas gris claras, limoarcillitas verdes y niveles de areniscas rojizas (B) de la formación Chonta, en el sector Centro Bocaz, carretera Puente Paucartambo-Río Pescado-Iscozacán.



Fotografía 3.6 Areniscas con intercalaciones de lutitas del Grupo Goyllarisquizga en la carretera a Yanahuanca, con presencia de caída de rocas y vuelcos en el talud de corte.



Fotografía 3.7 Areniscas rojizas de la Formación Sarayaquillo en un talud superior de la carretera Puente Paucartambo-Oxapampa, en el km 02+050.



Fotografía 3.8 Areniscas semiconsolidadas con niveles de lutitas y limolitas rojas de la Formación Casapalca en el km 206+200 de la carretera Canta-Huayllay.



Fotografía 3.9 Calizas de la Formación Jumasha, expuestos en la carretera nueva Yanahuanca-Pampamarca.

e) Unidad (VI): Rocas metamórficas

Están expuestas en forma restringida en el sector centro-occidental de la región Pasco por afloramientos del Complejo Marañón con una orientación NO-SE. En algunos sectores se pueden observar algunos alineamientos, formados por la esquistosidad de las rocas, constituyendo laderas escarpadas. Esta unidad ocupa el 3.02% del área total y ha sido dividida en tres subunidades en donde se ha tomado en cuenta el tipo de litología que las constituye:

Esquistos y esquistos micáceos (VI-1)

Se encuentran conformando un relieve accidentado e irregular con abundante material de escombros en los flancos y laderas. La unidad se compone de esquistos de color verde con lentes de cuarzo, esporádicamente presencia de gneis bandeados de los Complejos Marañón y Maraynioc. Se observan principalmente en los extremos sur de las hojas de Ambo (21-k) y Ulcumayo (22-l), así como en el sector noreste de la hoja Cerro de Pasco (22-k).

Su susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa es alta, generándose derrumbes, deslizamientos, erosión de laderas y flujos de detritos. En algunos sectores por meteorización, generan suelos de espesor potente, suelos residuales de características permeables.

Gneis (VI-2)

Estos cuerpos en forma de remanentes se encuentran al noreste de la hoja Ulcumayo (22-l), generalmente en el fondo de los valles, donde la erosión ha logrado cortarlos. Consisten en gneis con biotita muy abundante de la Unidad Huacapistana, morfológicamente se encuentran conformando montañas de fuerte pendiente. La susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa en esta unidad es baja. Esta subunidad puede aparecer afectada por procesos de flujo de detritos.

Filitas y pizarras (VI-3)

En el sector occidental del Complejo Marañón, entre los cerros Atahuanca, Vicupampa (límite con Huánuco), en los sectores Paucar, Yacán, se presenta una franja de filitas y pizarras grises a marrón rojizas por efectos de la meteorización, con algunos niveles de cuarzo; pizarras con intercalaciones de cuarcitas y lutitas esquistosas, bastante replegados del Grupo Excelsior; pizarras esquistosas bien laminadas con limoarcillitas rojizas y verdosas con esquistosidad moderada y presencia de núcleos de pirofilita de la Formación Contaya.

Esta subunidad es susceptible a la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes, flujo de detritos generados por erosiones de laderas y reptación de suelos.

3.3 ELEMENTOS ESTRUCTURALES

En este acápite se mencionan en forma general, los aspectos estructurales que se distinguen en la región Pasco, formados durante la tectónica Hercínica y Andina en sus diferentes fases. Existen estructuras importantes que en la Cordillera Occidental afectan las diferentes unidades geológicas que van desde el Paleozoico al Mesozoico.

En la hoja Cerro de Pasco, se identifican fallas regionales, que se prolongan al norte y sur de la hoja, y forman parte de sistema de fallas que controlaron y controlan la evolución geodinámica de cuencas sedimentarias, el emplazamiento de magmatismo y la mineralización. Por lo general, son fallas que se originaron desde el Paleozoico superior y han sido descritas por Rodríguez et ál (2011), las cuales se detallan a continuación:

Falla Cerro de Pasco ha sido denominada como "Falla Longitudinal. Tiene dirección promedio N-S y sus mejores afloramientos se encuentran en el tajo Raúl Rojas de la mina Cerro de Pasco en la carretera antigua Cerro de Pasco-Yanamate. Hacia el sur, en las inmediaciones de Colquijirca, está cubierta por depósitos cuaternarios, donde al parecer cambia de dirección a N 120° hasta llegar a Ninacaca, en donde se une a la Falla Tlclacayán. Las características de las unidades estratigráficas y magmáticas evidencian que estuvo activa desde el Pérmico superior.

Falla Atacocha-Milpo-Ninacaca se trata de un sistema de fallas de dirección preferentemente N-S a N 165°, con algunos cambios a N 140°. El buzamiento es mayor a 70° al oeste, con excepción de un ramal que se encuentra en el flanco este del sinclinal de Milpo-Atacocha y Paraíso que buza al este. Este sistema de fallas se proyecta al sur hasta llegar a Ninacaca, en donde se unen con las fallas Cerro de Pasco y Tlclacayán. Se cree que tuvo comportamiento tectónico desde el Triásico.

Falla Tlclacayán se encuentra en el sector este de la zona de estudio. Tiene dirección promedio N 170° y buzamiento mayor a 70° hacia el Este. En el sector Norte, pone en contacto las rocas del Complejo Metamórfico del Maraón con el Grupo Pucará, Goyllarisquiza y Formación Chulec. Está cubierta por depósitos cuaternarios hasta llegar a Ninacaca. Aparentemente, se ha originado desde el Carbonífero y solo se tiene dos ciclos tectónicos.

Falla Huayllay en el sector norte tiene dirección N 145°, en el sector central a la altura de la mina Quicay cambia a N-S y es el principal control estructural de la mineralización. En el sector sur, entre Quicay y Huayllay cambia ligeramente a N 15°, y hacia el sur de Huayllay cambia bruscamente a N 155°. El buzamiento de la falla es mayor a 70° al este. La actividad de esta falla está determinada a partir del Permo-Triásico. Al parecer ha tenido influencia durante la sedimentación de capas rojas de la Formación Pocobamba.

Corrimientos de la Faja Fallada del Maraón se trata de la proyección al sureste de tres fallas del cuadrángulo Oyón (22-j). Estas fallas en la parte norte tienen dirección N 130°, y al sur forma una sola falla de dirección N-S a N 20°, con ángulo de buzamiento aparentemente menor a 45° al oeste. Los corrimientos de la faja fallada del Maraón afectan a rocas del Cretacio Inferior o más jóvenes y aparentemente el nivel de despegue es la base del Grupo Goyllarisquiza. La actividad tectónica se inició en el Terciario.

En la hoja Ambo existe un sobrecurrimiento importante denominado Chaulán-Rondoní que involucra terrenos mesozoicos y paleógenos.

En la hoja de Ondores, destacan estructuras de plegamientos en calizas y cuarcitas formando anticlinales y sinclinales en el basamento Paleozoico debido a la Tectónica Hercínica.

En las hojas Ulcumayo, Cerro de Pasco y Ambo, al noreste de Cerro de Pasco, se distingue la Falla Ulcumayo-San Rafael. Se trata de una falla inversa, que atraviesa las hojas mencionadas, con rumbo noroeste-sureste, poniendo en contacto al Complejo de Maraón con rocas paleozoicas.

En las hojas de Oxapampa y Chuchurras, se distinguen las Fallas Ulcumayo, Utcuyacu, Paucartambo, Chorobamba-Santa Cruz, Tolerani, Cacazú, San Matías y Sal. Estas han generado levantamientos y hundimientos de bloques estructurales que ponen en contacto rocas paleozoicas con mesozoicas.

En la Faja Subandina existen estructuras muy bien diferenciadas denominados Bloque Plutónico y Bloque Yanachaga-Tarma; el primero de ellos se encuentra en la parte central y occidental de la hoja de Pozuzo y está constituido por rocas graníticas y granodioríticas del Permo-Triásico con sistema de fallas longitudinales de dirección de levantamiento andino y noreste-suroeste; el segundo comprende un macizo estructural limitado por fallas normales de alto ángulo emplazadas en el Grupo Mitu y cortadas por una gran falla de rumbo norte-sur.

En las hojas de Chuchurras, Ulcumayo, Oxapampa y La Merced, León et ál (1996) reconocen cinco zonas estructurales; los bloques Maraynioc, Paucartambo, Chanchamayo-Marancocha, Carhuamayo-San Vicente-Oxapampa y Yanachaga. La primera de estas corresponde a un bloque metamórfico levantado con dirección noroeste-sureste, individualizado por fallamientos regionales. Las dos siguientes corresponden a agrupaciones de rocas plutónicas falladas denominadas granodiorita de Tarma y sienogranito de San Ramón, ambos afectados por fallas normales con rumbo noroeste-sureste. Los bloques Carhuamayo-Oxapampa y Yanachaga están constituidos por sedimentos del Paleozoico y secuencias de las calizas del Grupo

Pucará y forman pliegues; finalmente, se reconoce en la montaña de Yanachaga, un macizo estructural tipo horst limitado por fallas normales cuyo núcleo lo conforman secuencias del Grupo Mitu.

En las hojas de Oxapampa y Chuchurras se encuentran una gran faja plegada con pliegues amplios y simétricos afectados por fallas inversas y normales, reconociéndose estructuras de tipo anticlinal y sinclinal, cubiertos por sedimentos paleógenos como el anticlinal de San Matías, en cuyo núcleo se encuentra la Formación Sarayaquillo.

El patrón geológico-estructural regional de las grandes estructuras y lineamientos estructurales descritos tiene estrecha relación con algunos de los principales deslizamientos o avalanchas de rocas identificados en la región Pasco (por ejemplo, Huarantambo, Maray, entre otros); sin embargo, muchos obedecen a características estructurales locales de asociación de discontinuidades: estratificación, esquistocidad, disyunción columnar en rocas volcánicas; alineamientos de valles o quebradas con laderas orientadas en forma favorable o contraria donde actúan otros factores de susceptibilidad, locales.

CAPÍTULO IV

CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO

4.1 GENERALIDADES

La geomorfología es una disciplina científica que se ocupa de la descripción, análisis e interpretación espacio temporal de las formas del relieve y los depósitos recientes asociados. La geomorfología actual es el resultado de la necesidad de contar con una cartografía geológica de superficie, útil y necesaria en investigaciones relativas a las ciencias de la tierra y con muchas de las actividades humanas. El reciente interés por la geomorfología es una derivación específica de esa necesidad y utilidad, pues, como consecuencia de la expansión demográfica entran en consideración todos aquellos problemas relacionados con la geología superficial, como es la agricultura, riego, erosión, obras públicas, urbanismo, medio ambiente, riesgos naturales, etc., (Martín et al., 2004).

Los estudios sobre geomorfología en nuestro país han tenido gran interés especialmente por el estudio de los valles fluviales (a nivel nacional) y recientemente por el actual cambio climático que afecta a la Tierra. Los mapas geomorfológicos como herramientas para el análisis de los peligros naturales se consideran indispensables al estar relacionados con procesos geodinámicos.

En general, desde el punto de vista morfoestructural regional el área de estudio está ubicada en parte de la Zona Interandina, Cordillera Oriental, Faja Subandina y Llano Amazónico, la cual se encuentra disectada por los ríos: Lauricocha, Chaupihuaranga-Huariaca (Huallaga), Pozuzo, Pichis y Palcazú. Las unidades geomorfológicas son muy variables, producidas por agentes tectónicos, deposicionales y erosivos, ocurridos a lo largo de su historia geológica. El origen de estos ambientes geomorfológicos está muy ligado al proceso del levantamiento andino (profundización y ensanchamiento de valles), asociado a eventos de glaciación y deglaciación, procesos de movimientos en masa, etc.

4.2 PENDIENTE DE LOS TERRENOS

La pendiente es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2002).

Es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa como factor condicionante y para el análisis de la susceptibilidad a estos procesos. Asimismo, aparte del relieve, la pendiente de los terrenos es considerado un aspecto importante en la clasificación de las unidades geomorfológicas.

Se puede decir que es más fácil que ocurran movimientos en masa, en laderas y cauces cuya pendiente principal varía entre media a fuerte; también, es más alta la erosión de laderas (laminar, surcos y cárcavas) en colinas o montañas, ya que a mayor pendiente se facilita el escurrimiento superficial y, por ende, la erosión hídrica o pluvial. Sin embargo, algunos procesos lentos como la reptación de suelos y ocasionales deslizamientos ocurren con un mínimo de pendiente. En el caso de las inundaciones y erosión fluvial, además de influir otros factores netamente geomorfológicos y dinámicos, también es usual en terrenos de muy baja a baja pendiente.

El mapa de pendientes para la región Pasco fue elaborado en base a los planos topográficos del Instituto Geográfico Nacional del Perú (IGN), a escala 1:100 000, con espaciado de curvas de nivel cada 50 m, las cuales fueron procesadas con ayuda del software ArcGis 10.1, obteniendo para ello un modelo de elevación digital y a la vez polígonos que presentan igual pendiente o inclinación en diferentes sectores de la región¹.

Se tomaron en consideración seis rangos o grados de pendiente: muy baja, baja, media, fuerte, muy fuerte y abrupta (como se muestra en el Mapa 3), las cuales se describen a continuación:

Pendiente muy baja (<1°)

Son terrenos llanos que se distribuyen a lo largo de las zonas de planicies: disectadas o elevadas, y valles fluviales o glaciares. Comprende el 15.29% del área de la región, las principales zonas que se ubican dentro de estos terrenos son Ramas, Sagragugo, Casacancha, Vicco, Cruzpata, Ciudad Constitución, Puerto Ocopa, Puerto Bermúdez, Nuevo Porvenir, Iscozacín, Lagarto Seco, entre otros. Estos terrenos

¹ Algunos sectores por no tener recubrimiento topográfico presentan superficies vacías.

están sujetos a erosiones fluviales e inundaciones de tipo fluvial y pluvial; este último por deficiencia de drenaje o escurrimiento.

Pendiente baja (1° - 5°)

En los terrenos ligeramente inclinados con baja pendiente se encuentran planicies antiguas y terrazas altas, conos deyeativos y numerosas laderas de lomadas y colinas bajas del Llano Amazónico, morrenas y depósitos fluvio-glaciares, localizándose en las localidades de Cerro de Pasco, Aco, Ninacaca, Hacienda Racra Cancha, Ricrán, Maray, Huancabamba, Villa Rica y Oxapampa. En estas tres últimas zonas se desarrollan ampliamente las zonas agrícolas. Comprende el 17.63% del área total. Estos terrenos también están sujetos a la ocurrencia de erosión fluvial e inundaciones.

Pendiente media (5° - 15°)

Comprende el 23.25% del área total, presentan mayor extensión en la región y buena distribución en zona de montañas y colinas de la Zona Interandina y Cordillera Oriental. Dentro de este rango de pendiente se encuentran ubicados los poblados de Goyllarisquizga, Quillca, Carhuac, Chontabamba, Pozuzo, Alto Cacazú, Huachón, etc. Sujetos a reptación de suelos, deslizamientos, derrumbes, movimientos complejos.

Pendiente fuerte (15° - 25°)

Los terrenos con pendiente fuerte ocupan una amplia distribución y están distribuidos indistintamente en las laderas de la Cordillera Oriental, Faja Subandina, así como alineamientos en valles tributarios o también en la zona de montañas, conformando las laderas superiores de los cerros. En este rango de pendiente se han desarrollado por ejemplo los poblados de Huayllay, Mito, Chacayán, Santa Ana de Tusi, entre otros. Ocupa el 19.79% del área total de la región. Estos terrenos con pendiente fuerte son susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos, movimientos complejos.

Pendiente muy fuerte (25° - 45°)

Distribuidos principalmente en las laderas de montañas de la Cordillera Oriental y a lo largo de laderas de valles encañonados como los ríos Neguachi y Nazaratégui al sureste de la región. Conforman también las laderas superiores del cerro de Huayllay, límite con Lima, Cordillera Callejón, laderas de los valles San Juan Baños Rabi, Chaupihuaranga, Paucartambo, Huachón, etc. Comprende el 22.84% del área total. Los deslizamientos, movimientos complejos, avalancha de rocas, huaicos y erosión de laderas ocurren en terrenos con pendiente muy fuerte.

Pendiente abrupta (> 45°)

Presentan una distribución muy reducida equivalente al 1.20% del área total y se encuentran localizados indistintamente a lo

largo de las zonas más altas de las cordilleras Yanachaga y San Matías; y nevados Tarata, Yanacocha, Añilcocha y Ñausacocha, entre otros. Las caídas de rocas, avalancha de rocas y derrumbes se inventariaron en terrenos con pendientes abruptas.

4.3 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

El reconocimiento y la clasificación de las unidades geomorfológicas en la región Pasco son muy importantes para el análisis de la susceptibilidad.

Las unidades geomorfológicas diferenciadas en la región se han producido por agentes tectónicos, erosionales y depositacionales, ocurridos a lo largo de su historia geológica.

Para la elaboración del mapa geomorfológico de la región Pasco, a escala 1:250 000 (Mapa 4), se utilizó la información litológica de la Carta Geológica Nacional, donde se ha tenido en cuenta los límites de las unidades geológicas (substrato rocoso y depósitos superficiales); fotografías aéreas; imágenes satelitales Landsat TM5 y datos geomorfológicos recopilados en campo. Las unidades geomorfológicas agrupadas según su origen son los siguientes:

4.3.1 Unidades de carácter tectónico-degradacional y erosional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005).

Los paisajes morfológicos resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas. Ocupan el 85.19% del área total en la región. Dentro de este grupo se tienen las siguientes unidades:

Unidad de montañas

Las montañas presentan mayor distribución en la región Pasco (43.14%), se considera dentro de esta unidad a las geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local, se reconocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, etc.). Sus laderas presentan un pendiente promedio superior al 30% (como se cita en Villota, 2005, p. 63).

En el contexto general se encuentran conformadas por alineamientos alargados, constituidos por rocas de tipo metamórfica, intrusiva, volcánica, volcánico-sedimentaria y sedimentaria, con un moderado a fuerte estado de meteorización superficial y de erosión.

Dentro de esta unidad se tienen las siguientes subunidades:

Relieve montañoso en rocas intrusivas (RM-ri)

Esta subunidad está conformada por laderas y crestas de topografía abrupta, con elevaciones que alcanzan los 4200 y 5723 m s.n.m. Se distribuyen en la parte central de la región Pasco; en esta unidad se desarrollan poblaciones como Santa Rosa, Pampa Hermosa, San Jacinto, Mayan, Chinche, Chilcas, Ricran, Talenga, Chuquimayo y Tingocancha.

Los cuerpos ígneos intrusivos que afloran en la región se ubican en los cuadrángulos de Ambo, Pozuzo y Ulcumayo, se disponen como stocks y plutones de formas irregulares a alargadas. Se encuentran constituidas por rocas intrusivas de composición intermedia a ácida tipo monzogranito, granodiorita de los plutones San Rafael y Azul Huanca, granito de Paucartambo. Por su naturaleza litológica se originan geoformas con laderas subredondeadas a cóncavas hasta escarpadas por erosión pluvial. El drenaje característico es de tipo dendrítico, rectangular por la presencia de fracturas o diaclasas; presentan valles profundos en forma de V como los ríos Quiparacra, Paucartambo (Fotografías 4.1 y 4.2). En zonas húmedas se encuentran muy meteorizados, originando suelos arenosos y arcillosos por lo que geodinámicamente se asocian a procesos de erosión de laderas, derrumbes, deslizamientos y flujos de detritos.

Relieve montañoso en rocas volcánicas (RM-rv)

Geoformas o paisajes de este tipo destacan al este de la región, en los cerros Puntachaca (límite con la región Lima), Pacush, Puntachacra, Chalhuayoc, Llamapaca y Atalaya (Figura 4.1).

Dentro de esta subunidad se consideran afloramientos de rocas volcánicas (derrames lávicos andesíticos), litológicamente corresponden a los volcánicos Calipuy, sus elevaciones alcanzan los 5000 m s.n.m. Presentan laderas con pendientes medias a fuertes. Son susceptibles a derrumbes y caída de rocas.

Relieve montañoso en rocas volcánico-sedimentarias (RM-rvs)

Dentro de esta subunidad se consideran afloramientos de rocas volcánico-sedimentarias del Neógeno, pertenecientes a la Formación Lantorache y Grupo Mitu. Presentan crestas altas e irregulares, con pendientes que pueden superar los 25°, sus elevaciones alcanzan los 3550 m s.n.m. También, se tienen montañas con laderas empinadas y cimas redondeadas.

Se encuentran distribuidas en la parte suroeste del cuadrángulo Pozuzo en ambas márgenes del río Huaylamayo (sectores Lanturachi y La Suiza). Geodinámicamente, se encuentran asociadas a derrumbes y deslizamientos. (Fotografías 4.3 y 4.4).



Fotografía 4.1 Montañas en rocas intrusivas, en la margen izquierda del río Paucartambo, frente al poblado Yaupi.



Fotografía 4.2 Montañas constituidas por rocas intrusivas en el sector El Milagro, margen izquierda del río Paucartambo.

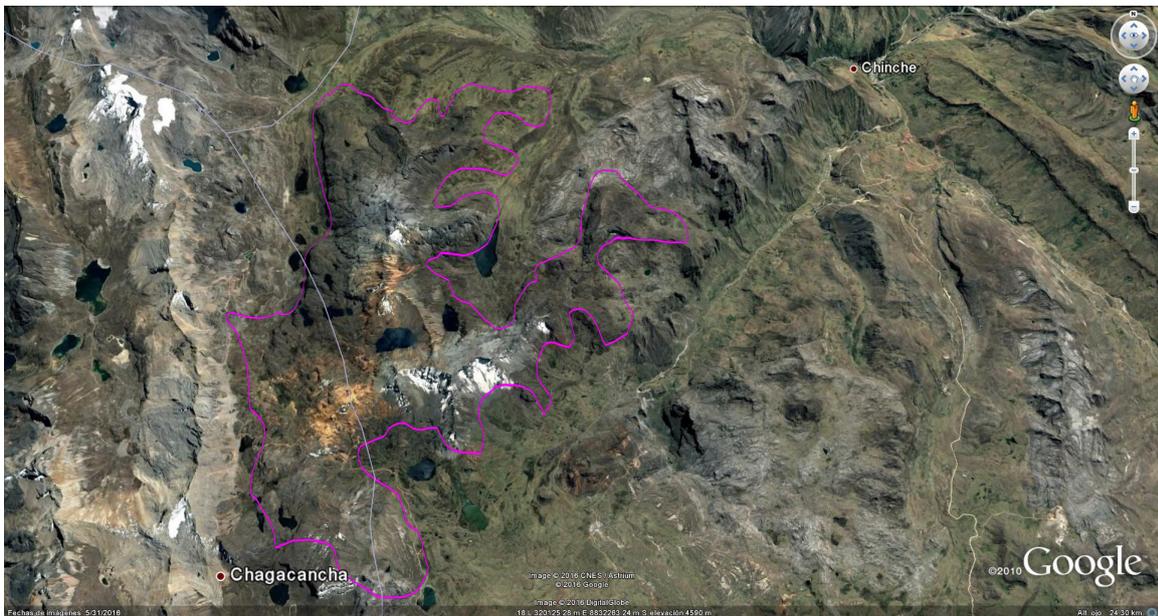


Figura 4.1 Imagen del Google Earth, se aprecia el relieve de montañas modeladas en roca volcánica del Grupo Calipuy en la zona delimitada de color magenta, límite con la región Lima.



Fotografía 4.3 Vista de montañas modeladas en rocas volcánico-sedimentarias, cerca de la confluencia de los ríos Huaylamayo y Chorobamba, sector Lanturachi.



Fotografía 4.4 Montañas en rocas volcánico-sedimentarias del Grupo Mitu, margen derecha del río Tingo.

Relieve montañoso en rocas sedimentarias (RM-rs)

Corresponde a afloramientos de roca sedimentaria, afectados por procesos tectónicos y erosivos, conformados por rocas de tipo conglomerados, areniscas, lutitas, limolitas, lodolitas, calizas, de edad Cretáceo, litológicamente corresponde a las Formaciones Chonta, Sarayaquillo y Casapalca; y Grupos Goyllarisquizga, Ambo, Oriente y Pucará.

Presentan laderas con pendientes medias a fuertes, que se localizan en el sector noroeste y central (Cordillera Yanachaga) de la región Pasco, entre los sectores de Maral, Tangor, Cabracancha, Huirahuillan Chunquipata, Vinchos y Cochacharao (Fotografías 4.5 y 4.6). Geodinámicamente, se asocian a erosión en cárcavas, derrumbes, deslizamientos, reptación de suelos y flujos de detritos.

Relieve de Montañas y colinas estructurales en rocas sedimentarias (RMCE-rs)

Amplia zona de distribución de relieve en la región, expuesta en el lado oeste y centro (Cordilleras Yanachaga y San Matías). Incluye laderas de montañas y colinas estructuralmente plegadas

donde aún se conservan rasgos de las estructuras originales, a pesar de haber sido afectadas por procesos de denudación (anticlinales y sinclinales). Las pendientes de las laderas varían desde moderadas hasta abruptas (subverticales) y erosionadas.

Su asociación litológica es principalmente sedimentaria de las Formaciones Jumasha, Cajamarca, Celendín, Pariatambo, Casapalca, Cercapuquio, Huayabamba, Vivian, Grupos Oriente, Goyllarisquizga y Pucará; localmente pueden reconocerse alineamientos montañosos compuestos por secuencias estratificadas plegadas y/o con el buzamientos de las capas de roca que controlan la pendiente de las laderas; se encuentran conformando anticlinales, sinclinales, cuevas y espinazos, que le dan una característica particular en las imágenes satelitales, tienen un alineamiento de dirección NO-SE (Fotografías 4.7 y 4.8).

Se presentan en los cerros Cruzpunta, Rachacancha, Puntachacra, Nazareno y nevados Raura; sectores Coyas, Huarautambo, Shincarabi, Yanamarca, San Pedro de Pillao, entre otros. Geodinámicamente, se asocian a erosión de laderas, derrumbes, avalancha de rocas, deslizamientos y flujo de detritos.



Fotografía 4.5 Vista de montañas modeladas en rocas sedimentarias conformadas por secuencias de la Formación Chonta frente al sector Chunquipata.



Fotografía 4.6 Montañas en rocas sedimentarias del Grupo Ambo, margen izquierda del río Huallaga, en el sector Torocochoa.



Fotografía 4.7 Calizas estratificadas plegadas constituyen montañas y colinas estructurales en el cerro Rachacancha.



Fotografía 4.8 Vista de montañas y colinas estructurales en el Cerro Ventanilla, sector Yacucancha.

Relieve montañoso en rocas metamórficas (RM-rm)

Corresponde a cadenas montañosas antiguas, expuestas en el lado central y noroccidental de la región Pasco, que se encuentran en los sectores de Condorbamba, Curucha, Parihuanca, Vilcabamba, Tapuc, Paucar al noroeste de la región Pasco, límite con Huánuco; en los cerros Shushungaga, Yanapampa, Misca Masca, Anaspampa (Fotografía 4.9). Su morfología está relacionada a procesos denudacionales, con elevaciones que alcanzan los 4300 m s.n.m.

Litológicamente corresponden al Complejo Marañón; originan superficies moderadas a ligeramente abruptas, superficies de cimas redondeadas y alargadas, drenajes dendríticos muy densos con valles en V. Se presentan muy erosionadas, asociadas a procesos de erosión en cárcavas, derrumbes, deslizamientos y flujos de detritos (huaicos).

Unidad de Colinas y lomadas

Están representadas por colinas y lomadas de relieve complejo y en diferentes grados de disección, de menor altura que una montaña (menos de 300 metros desde el nivel de base local) y con inclinación de laderas promedio superior a 16% (como se cita en Villota, p. 64), conforman alineamientos de carácter estructural y denudativo, que en conjunto ocupan un área de 42.05% dentro de la región. Está unidad se ubica próxima a la unidad de montañas y viene a formar parte de las estribaciones andinas.

Se asocian litológicamente a rocas de tipo intrusivo, volcánico, volcánico-sedimentario, sedimentario y metamórfico, cuyas edades varían desde el Neoproterozoico al Neógeno.

Dentro de este grupo se diferenciaron cinco subunidades:

Relieve de colinas en rocas intrusivas (RC-ri)

Se disponen de manera discontinua y muy reducida al lado oeste de la región, corresponde a afloramientos de rocas intrusivas de tipo granitos y granodioritas de la Unidad Vilcabamba; se disponen como stocks y pórfidos, de formas irregulares, con cimas algo redondeadas en algunos casos, con laderas de pendientes bajas a medias.

Esta unidad es susceptible a la ocurrencia de erosión de laderas, derrumbes, caída de rocas y deslizamientos.

Relieve de colinas en rocas volcánicas (RC-rv)

Geoformas de este tipo corresponden a afloramientos de rocas volcánicas (tobas, piroclásticos y derrames lávicos) al suroeste de la región. Litológicamente comprenden al volcánico Calipuy y Formación Huayllay con rocas del Mioceno y Plioceno, que aún a pesar de los procesos de erosión mantienen rasgos originales. Las morfologías más características y desarrolladas en la región son superficies plano-onduladas y colinadas hasta sectores plano-elevados o mesetas volcánicas amplias fuertemente disectadas, con frentes escarpados a abruptos, resultantes de la deposición de flujos piroclásticos. Presentan formas irregulares, cimas agudas y laderas con pendientes medias a altas, los cuales muestran grados de erosión y meteorización originando formas pétreas en el Santuario Nacional de Huayllay (Fotografía 4.10). Asociados a derrumbes, caída de rocas, movimientos complejos.

En ambas formaciones su disposición geográfica ha condicionado una mayor erosión relacionada a procesos glaciares durante el Pleistoceno.

Se encuentra conformando las laderas de los cerros Cahuan,



Fotografía 4.9 Montañas modeladas en roca metamórfica; cerro Shuchungaga, en el sector de Tapuc, margen derecha de quebrada Ushugayo.

Tactapata, Jatunpata hacia ambos márgenes del río Chiuric, cerro Cuyoc en la margen derecha de la quebrada Yanahojsha y el cerro Jarachuco, sector Pamacancha.

Relieve de colinas en rocas metamórficas (RC-rm)

Corresponde a relictos de cadenas de colinas antiguas expuestas de forma muy reducida en el lado occidental de la región Pasco cuya morfología está relacionada a procesos denudacionales. Litológicamente, corresponden al Grupo Excélsior y Complejo Maraón. Presentan laderas con pendientes moderadas a abruptas, cimas agudas y alargadas. En esta unidad se han desarrollado importantes poblados como Cerro de Pasco, Colquijirca, Pucagaga, Cochabamba, Jailapampa (Fotografías 4.11 y 4.12). Se encuentran muy erosionadas, asociadas a procesos de erosión en cárcavas, derrumbes, deslizamientos, reptación de suelos y flujos de detritos (huaicos).

Relieve de colinas en rocas sedimentarias (RC-rs)

Relieve conformado por rocas sedimentarias de tipo areniscas, lutitas carbonosas, limoarcillitas, calizas, areniscas cuarzosas y lodolitas. Litológicamente corresponde a las Formaciones Chonta, Ipururo, Chambira, Huayabamba, Cachiyacu, Vivian, Casapalca y Grupos Oriente, Goyllarisquizga y Pucará. Se distribuye discontinuamente en la Cordillera Oriental y en el Llano Amazónico posee una cadena de colinas cuyas altitudes fluctúan entre 331 y 490 m s.n.m. con pendientes moderadas a suaves,

alineadas en dirección NE-SO, en el noreste de la región.

Dentro de esta unidad se desarrollan poblaciones como Buenos Aires, Nuevo Progreso, Raya, Huamantana, Ucrucancha, Yuracgaga (Fotografía 4.13). Están asociados a derrumbes, reptaciones de suelo, deslizamiento y erosión fluvial.

Relieve de colinas estructurales en rocas sedimentarias (RCE-rs)

Corresponde a afloramientos de rocas sedimentarias, que se presentan con un alineamiento de dirección NO-SE. El drenaje de esta geoforma es paralelo y su disposición está controlada por la estructura geológica regional conformada por pliegues y fallas. La inclinación de las laderas es controlada por el buzamiento de las capas, también se presentan espinazos. Litológicamente, está constituido por areniscas, calizas, limoarcillitas, lutitas de las formaciones Casapalca, Cercapuquio, Jumasha, Chonta, Vivian y los Grupos Goyllarisquizga, Pucará y Oriente. Estructuralmente, se asocia a una zona compuesta por anticlinales y sinclinales con dirección N-S y lineamientos con dirección NO-SE.

En la región Pasco, se desarrollan en esta unidad poblaciones como Calzada, Animas, Azulcocha, Languasco, Mancacota, Garachacpa, Puntacocha, Ishcaycocha en el lado oeste de la región (Fotografías 4.14 y 4.15). Su morfología se asocia a derrumbes, caída de rocas y flujos de detritos.



Fotografía 4.10 Colinas en rocas volcánicas de la Formación Huayllay, en el sector Machay.



Fotografía 4.11 Colinas en rocas metamórficas y sedimentarias en los alrededores del poblado Cerro de Pasco.



Fotografía 4.12 Colinas metamórficas en el sector Jallapampa, distrito de San Francisco de Asís, provincia de Pasco, Pasco.



Fotografía 4.13 Colinas en rocas sedimentarias, calizas de la formación Casapalca, atrás se encuentran colinas en rocas volcánicas, sector Huayllay.



Fotografía 4.14 Colinas estructurales en los cerros Ballena constituidos por calizas, al oeste de la región Pasco.



Fotografía 4.15 Colinas estructurales en rocas sedimentarias de la formación Jumasha y Cajamarca, Cerro Tucocancha, sector Curpa Curpa.

Relieve de colinas y lomadas estructurales en rocas sedimentarias (RCLE-rs)

Su asociación litológica es principalmente sedimentaria (calizas, conglomerados, limoarcillitas, lutitas) de las formaciones Casapalca y Jumasha y el Grupo Pucará. Estructuralmente se presentan como alineamientos de colinas y lomadas compuestos por secuencias estratificadas plegadas y/o con buzamientos de las capas que controlan la pendiente de las laderas. Varían en pendiente desde bajas a medianas.

Se distribuyen al suroeste de la región (Tingo, Huay Huay, Mina Ragra, Chochón, Huarón) con alineamientos andinos NO-SE (Fotografía 4.16). Geodinámicamente, se asocian a caída de rocas, derrumbes, erosión de laderas y reptación de suelos.

Relieve de colinas y lomadas disectadas en rocas sedimentarias (RCLD-rs)

Superficies onduladas a suaves ubicadas al este de la Faja Subandina que se presentan disectadas por quebradas formando un drenaje paralelo. Están constituidas por conglomerados, calizas, lutitas, limoarcillitas y margas de las formaciones Tarma, Copacabana y Grupo Oriente, distribuidos

al este de la región Pasco, límite con la región Ucayali. Algunos sectores con pliegues abiertos desarrollados sobre calizas originan colinas y lomadas de topografía suave. Asociados a reptación de suelos y derrumbes.

Relieve de lomadas en rocas sedimentarias (RL-rs)

Superficies onduladas y planas ubicadas entre la Faja Subandina, la Cordillera San Matías y el Llano Amazónico. Presenta un paisaje bastante monótono, formando lomadas desarrolladas sobre sedimentos arcillosos, conglomerados, areniscas, limoarcillitas y lodolitas profundamente meteorizados de las formaciones Ipururo, Yahuarango, Cachiyacu, y Huayabamba. En esta unidad geomorfológica discurren los ríos Pichis, Palcazú y se ubican los centros poblados Puerto Bermúdez, Iscozacín, Loma Linda y Chuchurras y aldeas nativas como Nuevo Progreso, Puerto Laguna, Shiringamazú, Puerto Clemente (Fotografías 4.17, 4.18).

Los peligros frecuentes están relacionados a reptación de suelos, flujos de detritos, inundaciones y erosión fluvial, donde los factores desencadenantes son la deforestación y ocupación del suelo como actividad antrópica, así como la alta pluviosidad en la zona.



Fotografía 4.16 Vista de Colinas y lomadas estructurales en la mina Runtococha, sector Huarón.



Fotografía 4.17 Lomadas en sector Loma Linda.



Fotografía 4.18 Lomadas en sector Pampacocha.

4.3.2 Unidades de carácter depositacional y agradacional

Son el resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los glaciares, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados. Dentro de la región, ocupa el 14.81 % de área.

Unidad de Piedemontes

Para delimitar los depósitos de piedemonte, se reconocieron aquellas características que los conforman, como el depósito y acumulación de material y las rupturas de pendiente. En conjunto ocupan un porcentaje inferior al 5.39%

Abanicos de Piedemonte (Ab)

Son conos o abanicos de baja pendiente hacia el valle (2° - 15°), formadas por acumulaciones de material acarreado por flujos excepcionales, en la desembocadura de quebradas y ríos tributarios; muchos de estos depósitos están asociados a cursos individuales de quebradas secas.

Ejemplos representativos de esta subunidad se tiene en las quebradas que descienden de los cerros Loma Lanuacuna, Huanturo y Torroc entre los poblados Ninacaca y Ricra, en la pampa Vicco, así como los valles del río Tingo, Chaupihuarango (Fotografías 4.19 y 4.20). Sus cauces pueden estar sujetos a huaicos periódicos a excepcionales.

Morrenas (Mo)

Esta unidad comprende a geoformas convexas suaves y alargadas producidas por la acumulación de materiales depositados por acción glacial durante el Pleistoceno-Holoceno.

Existen varios tipos de morrenas de acuerdo con su posición frente a un glaciar: morrena de fondo, la que se sitúa bajo en contacto con el lecho; morrena lateral, cuando se sitúa en las orillas o bordes del lecho glacial; morrena central, formada por la unión de morrenas laterales en la confluencia de dos glaciares en un mismo valle; y morrena frontal o terminal, cuando se sitúa en la zona de deshilo del glaciar. Ejemplos de esta unidad se presentan principalmente en el lado oeste de la región Pasco. Están asociados a la ocurrencia de flujos, derrumbes, reptación de suelos.

Piedemonte o vertiente coluvio-deluvial (P-cd)

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa del tipo deslizamiento, derrumbe, avalancha de rocas y/o movimiento complejo. Generalmente su composición litológica es homogénea; son depósitos de corto recorrido relacionados a las laderas superiores adyacentes. Su morfología es usualmente convexa y su disposición es semicircular a elongada en relación con la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

Se relacionan con vertientes rocosas de diferente naturaleza litológica, destacando las sedimentarias, volcánico-sedimentarias e intrusivas en las cuencas de los ríos Chaupihuarango, Yanahuanca, Tingo, Andachaca, Pozuzo, Santa Cruz, Huancabamba, Chorobamba y Paucartambo (Fotografía 4.21). Están asociados a la ocurrencia de deslizamientos, derrumbes y movimientos complejos.

Vertiente o piedemonte aluvial (V-al)

Planicie inclinada extendida al pie de estribaciones andinas o los sistemas montañosos, formada por la acumulación de corrientes de agua estacionales de carácter excepcional. Ejemplos de estos depósitos se tienen en las faldas de la loma Huamantianca. En esta unidad se desarrollan los poblados de Malqui, Tambo de Sol y Los Angeles. Los peligros frecuentes están relacionados a flujos, reptación de suelos.

Vertiente coluvial de detritos (V-d)

Son depósitos inconsolidados acumulados al pie de las laderas de montañas, colinas o acantilados, en forma de talus de detritos de origen coluvial, de edad reciente, que descienden hacia los valles principales o quebradas tributarias, no presentan una geoforma característica.

Por encontrarse cerca de su fuente de origen, presentan una naturaleza litológica homogénea; sin embargo, su granulometría es variable, con fragmentos angulosos (de manera caótica o aislada) y su grado de compacidad es bajo, no consolidado.

Están asociados a caída de rocas, vuelcos, derrumbes y deslizamientos superficiales. Los depósitos de vertientes de detritos son de difícil representación en la escala de trabajo empleada. Se localizan al pie de acantilados de la geoforma de llanura disectada (Fotografía 4.22).



Fotografía 4.19 Abanico en quebrada Talenga, sector Huachón.



Fotografía 4.20 Abanico antiguo en la margen izquierda del río Chaupihuarango, sector Maral, distrito Paucar. Se observa además montañas modeladas en rocas sedimentarias.



Fotografía 4.21 Depósito de deslizamiento, en la margen izquierda del río Chaupihuarango, el poblado Yacán se encuentra asentado en dicho depósito.



Fotografía 4.22 Vertiente coluvial de detritos en el valle del río San Juan Baños de Rabi.

Vertiente glacial o de gelifracción (V-gl)

En la región existen acumulaciones de sedimentos de formas irregulares que bordean zonas montañosas de diferente litología. Se han originado por procesos de deglaciación durante el Pleistoceno. Su distribución en la región está restringida a altitudes superiores a los 4400 m s.n.m. al oeste de la región, pudiendo apreciarse en muchos casos por el proceso de deglaciación más reciente como depósitos sueltos susceptibles a generar flujos o avalanchas de detritos.

Unidad de Planicies, depresiones y otros

Están asociadas a depósitos aluviales, aluviales antiguos y fluvio-glaciales, limitados en muchos casos por depósitos de piedemonte y laderas de montañas o colinas. Ocupan una superficie de 9.42 % del área de la región. Para una mejor descripción se individualizaron las siguientes subunidades:

Llanura o planicie inundable (PI-i)

Son superficies bajas, con pendientes suaves adyacentes a los fondos de valles principales y el mismo curso fluvial, sujetas a inundaciones recurrentes, ya sean estacionales o excepcionales en máximas avenidas. Provocan en los terrenos aledaños a los cauces de ríos, al divagar a través del tiempo, se formen cauces abandonados, cochas y aguajales como es observable en los ríos que cruzan la meseta altiplánica o en los ríos modernos que descienden al llano amazónico. Morfológicamente, se distinguen como terrenos planos compuesto de material no consolidado, removible.

En la región Pasco, sus mejores exposiciones se encuentran en las márgenes de los ríos Palcazú, Pichis y Huancabamba, pero también en los ríos que descienden hacia el lago Junín. Estas

áreas inundables son ocupadas por terrenos de cultivo, están sujetas a inundaciones fluviales periódicas y erosión fluvial en sus márgenes o terrazas bajas (Fotografías 4.23 y 4.24).

Valle glacial con laguna (VII-g/l)

Depresiones existentes en las cabeceras de los valles principales y tributarios de ambientes glaciales, con formación de lagunas de diferentes dimensiones. Las formas más características son depresiones alargadas tales como las lagunas Chacacancha, Lulicocha, Ccochachuyco y Angascancha. Suelen presentarse también valles con perfil típico en U, circos glaciares y lagunas adyacentes cerradas por morrenas frontales o lagunas desarrolladas sobre el lecho rocoso.

Laguna y cuerpos de agua (Lag)

Dentro de esta unidad se reúne a todo el cuerpo de agua de origen natural (lagunas) y artificial (represamientos), los cuales tienen dimensiones representables a la escala de trabajo. Como ejemplos se tienen las lagunas Punrún, Yunacocha (Fotografía 4.25).

Altiplanicie aluvial (Ap-al)

Forma plana muy extensa constituida por depósitos aluviales pleistocénicos y sedimentos lagunares donde se emplaza la meseta del Bombón y el lago Junín, alrededores de Huayllay; el agua subterránea aflora muy superficialmente, con presencia de bofedales (Fotografías 4.26 y 4.27). La altiplanicie es surcada divagantemente por ríos que desciende hacia el lago Chinchaycocha.

Geodinámicamente, se asocian a procesos de erosión de laderas a manera de cárcavas, con avance retrogresivo, también se presenta erosión fluvial e inundaciones.



Fotografía 4.23 Áreas sujetas a inundaciones en la margen derecha del río Palcazú, sector Iscozacín.



Fotografía 4.24 Llanura inundable en la margen izquierda del río Chuchurras, sector San Juan de Chuchurras.



A



B

Fotografía 4.25 Lagunas Yunacocha, sector Acopalca (A) y Raracocho Chico (B).



Fotografía 4.26 Altiplanicie aluvial y cauce-llanura inundable en el río Colorado, sectores Colorado, límite con la región Junín.



Fotografía 4.27 Vistas de la altiplanicie en las alturas de Huayllay.

Altiplanicie aluvial sedimentaria (Ap-al-s)

Se encuentra conformando un terreno plano-ondulado, localizado a diferente altitud y constituido por una secuencia de conglomerados, areniscas, lodolitas y limoarcillitas del Grupo Ambo, que están sometidas al ataque de procesos degradacionales, incluida una fuerte meteorización, erosión de laderas y algunas formas de movimientos en masa. Todo esto ha cambiado su morfología original.

Bofedal (Bo)

Son superficies planas a moderadamente onduladas muy localizadas y ubicadas aproximadamente a 4088 m s.n.m., en las inmediaciones de ríos, lagunas y lagos. Forman zonas inundables por precipitaciones pluviales intensas. Un ejemplo de esta unidad la podemos encontrar en los terrenos que circundan al lago Junín, donde se forman extensas pampas con abundante presencia de totorales (Fotografía 4.28).

En esta unidad también se encuentran aguajales y lagos pequeños circundados por vegetación pantanosa como el caso del Oconal en Villa Rica (Fotografía 4.29).

Isla (I)

Esta unidad comprende superficies planas a semiplanas con pendientes inferiores al 2%. Se han identificado dos tipos de islas. En primer lugar, se encuentran las que resultan de la dinámica del río y de sus efectos migratorios. El río al buscar nuevos cauces erosiona las terrazas conformadas por materiales poco compactos como arenas, limos, conglomerados y arcilla, dejando porciones de terreno rodeadas por agua y separadas de las terrazas.

En segundo lugar, están las islas que se forman por la dinámica de transporte y sedimentación de los ríos, al perder este su capacidad de carga. Estas islas están conformadas por materiales poco resistentes tipo arenas, limos y algo de arcillas, que pueden desaparecer al producirse una subida del caudal del río, los cuales movilizan estos sedimentos con la consecuente desaparición de las islas.



Fotografía 4.28 Bofedal en ambas márgenes del río Chiuric.

Se localizan en los cauces o cerca de los ríos Chinchihuani, Chuchurras, Pichis (Fotografía 4.30). Estas geoformas son afectadas por procesos de erosión o inundaciones de tipo fluvial².

Ladera en roca sedimentaria (L-rs)

Esta geoforma predomina al sureste de la región, a lo largo de laderas de valles encañonados como los ríos Neguachi y Nazarategui que cortan secuencias horizontales de calizas. Está constituida por zonas encajonadas y profundas, con paredes verticales y laderas abruptas, labradas en rocas de las formaciones Tarma y Copacabana, muchas de estas geoformas no son representativas debido a la escala como el caso del valle del río Pozuzo.

Terraza aluvial (T-al)

Planicies adyacentes diferenciadas de la llanura de inundación principal, con altura relativamente marcada; se encuentran en los valles de los ríos Masanque, Iscozacín, Palcazú, Pichis, Chorobamba y Huancabamba (Fotografías 4.31 y 4.32). Sobre estos terrenos se desarrollan extensas zonas de cultivo y redes viales. Están sujetos normalmente a erosión fluvial.

Terrazas indiferenciadas (T-i)

Valles tributarios de cauce angosto, que discurren cortando la Cordillera Occidental de los Andes, donde no ha sido posible diferenciar el fondo de valle, las terrazas y llanuras de inundación, debido a la escala de trabajo. Entre ellos se tienen cursos de los ríos Tingo, Chaupihuarango (Fotografía 4.33).

Área con actividad minera (A-am)

Está conformada por botaderos de desmonte, depósitos de relaves, remoción de tierras, tajo abierto y zona industrial minera (Fotografías 4.34 y 4.35), destacando las zonas de Colquijirca-Tinyahuarco, Cerro de Pasco, Huarón, entre otros.

² Las islas constituyen geoformas que caracterizan o se encuentran dentro de la unidad de llanura de inundación fluvial.



Fotografía 4.29 El Oconal a 500 m del sector Villa Rica (mayo, 2011).



Fotografía 4.30 Isla con vegetación en el río Omaíz, sector Pampacocha.



Fotografía 4.31 Terraza aluvial en ambas márgenes del río Masanque, sector Pampacochas.



Fotografía 4.32 Sector Dos de Mayo, se observa terrazas en ambas márgenes del río Oxapampa.



Fotografía 4.33 Valle fluvial del río Tingo, sector de Jarritas.



Fotografía 4.34 Vista del Botadero de Rumillana de la empresa minera Volcán.



Fotografía 4.35 Depósitos de la Mina Colquijirca, sector Colquijirca.

CAPÍTULO V

ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

5.1 GENERALIDADES

El sistema hidrológico de la región Pasco se encuentra ligada a tres ríos principales, Palcazú, Pachitea y Huallaga, que conforman las nacientes del río Ucayali y el río Alto Huallaga, los mismos que pertenecen al sistema hídrico del Amazonas y vierten sus aguas al océano Atlántico. La configuración hidrogeológica de la región Pasco, se encuentra ligada a los materiales geológicos de su entorno.

En la región Pasco el 75% de persistencia, alcanza el valor de 9 257.94 MMC, mientras que la oferta promedio anual es de 14 976.03 MMC, estimaciones realizadas en el curso del río Marañón, concentrando cerca del 0.7 % de la oferta nacional (ANA, 2009). Los volúmenes generados en la región Pasco, se concentran en los pisos altitudinales de menor altura, a los que conocemos como selva baja, mientras que, en las cuencas o partes altas, la oferta hídrica es considerablemente menor, muchas veces generando conflictos sociales por su utilización.

El mapa hidrogeológico de la región Pasco (mapa 5), representa la caracterización hidrogeológica que se desarrolló a partir de la necesidad de representar cartográficamente las características de las diferentes formaciones geológicas que afloran en la región, estos distintos tipos de materiales geológicos, son el resultado de procesos de formación muy diversos, configuran características muy variables del territorio, desde zonas agrestes en altura, hasta zonas planas en la parte baja de la región.

Desde el punto de vista morfológico, la región Pasco se encuentra ubicado en la Cordillera Oriental, la Altiplanicie Interandina y hacia el este la Cordillera Occidental.

La caracterización hidrogeológica es el resultado del análisis geológico detallado por litología y estructuras, de su comportamiento permeable o impermeable, clasificando las unidades geológicas en unidades hidrogeológicas como acuíferos y acuitardos. Estas unidades hidrogeológicas se ubican en el Mapa Hidrogeológico de la región Pasco.

La caracterización hidrogeológica se realizó en base a un análisis de lito-permeabilidades, cuyo objetivo es zonificar las formaciones geológicas más favorables para el almacenamiento y circulación de aguas subterráneas.

5.2 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS DE LA REGIÓN PASCO

Los acuíferos principales en la región Pasco, se distribuyen en acuíferos fisurados, seguida de depósitos porosos no consolidados y en menor proporción los acuíferos sedimentarios y fisurado-kársticos. La secuencia estratigráfica que presenta la región Pasco comprende rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas con rangos cronológicos del Proterozoico al Cuaternario reciente.

Las propiedades físicas de las rocas se vieron influenciadas por la edad de las formaciones rocosas las cuales fueron clasificadas de la siguiente manera:

5.2.1 Acuíferos

Corresponde a unidades geológicas con capacidad para el almacenamiento y transmisibilidad de agua subterránea, cuya evidencia se manifiesta en pozos, manantiales fuentes termales y otros. Las propiedades físicas de las formaciones varían de una formación a otra, y su magnitud puede variar con la estructura geológica, de unos cuantos km² a miles de km². El movimiento lento del agua subterránea se produce en acuíferos porosos no consolidados mientras que en acuífero fisurados y kársticos el movimiento es más rápido, principalmente desde las zonas de recarga natural hacia las zonas de descarga como manantiales fuentes termales, pozos etc.

Considerando las formaciones geológicas como unidad de análisis, para la región Pasco se realizó la siguiente clasificación hidrogeológica de los acuíferos:

- a) Acuíferos porosos no consolidados (APNC)
- b) Acuíferos sedimentarios (AS)
- c) Acuíferos fisurados sedimentarios (AFS)
- d) Acuíferos fisurados kársticos (AFK)

a) Acuíferos porosos no consolidados (APNC)

Conforman aquellas formaciones cuya litología está compuesta por materiales granulares sin cementar, formado por un agregado de gravas entre los cuales existen espacios vacíos que pueden ser ocupados por un fluido. La conductividad hidráulica de estos

medios esta condicionada por la magnitud y disposición de su porosidad. En la Región Pasco, se realizó la caracterización hidrogeológica de estos medios y se llegó a zonificar dos grupos importantes de acuíferos porosos no consolidados:

Acuíferos porosos no consolidados aluviales y fluviales

Corresponden a formaciones detríticas no consolidadas, porosas y permeables. En el mapa hidrogeológico de la región Pasco, se agrupan los depósitos aluviales, fluviales y fluvio-aluviales, tomando en cuenta su litología y las características de su matriz. Litológicamente constan de gravas redondeadas a subredondeadas, con matriz de arenas y limo mal seleccionadas, las mismas que permiten la circulación y almacenamiento de las aguas subterráneas, dentro de estos depósitos se observan también horizontes esporádicos limo arcillosos y bancos de arcilla. Este tipo de acuífero se considera heterogéneo, aunque existen sectores de circulación constante donde su litología es homogénea. Esta variabilidad de materiales se observan en los distritos de Vicco y Ninacaca ubicados en la cuenca del río Mantaro y en el sector noreste de la cuenca del río Pachitea al norte del distrito de Palcazo, sectores donde afloran los más grandes depósitos porosos no consolidados aluviales de la región Pasco, también se encuentran en forma puntual en los alrededores de los distritos de Paucartambo, Huachón, Oxapampa, Huancabamba y Chontabamba al sureste de la cuenca del río Pachitea y en las nacientes de los ríos Paucartambo, Palcazú y Pozuzo. Estos acuíferos presentan formas alargadas, debido a su ubicación en el cauce o lecho de los ríos y/o quebradas. Geomorfológicamente están asociados a las llanuras de inundación, y son susceptibles a la erosión fluvial e inundación. Por sus características litológicas y disponibilidad de clastos presentan condiciones favorables para la circulación y almacenamiento de las aguas subterráneas.

Estas formaciones geológicas se clasifican como acuíferos porosos no consolidados heterogéneas e isotrópicas de extensión regional y altamente productivas. Estos acuíferos en la región Pasco, por lo general son del tipo libre, la recarga o alimentación proviene de las aguas superficiales que circulan en la parte superficial de los acuíferos, como ríos, canales y zonas agrícolas bajo riego.

Acuíferos porosos no consolidados morrénicos

Son acuíferos de reducida extensión y productividad moderada, son permeables, detríticos y no consolidados. Su litología principal lo conforman bloques, gravas con fragmentos angulosos a subangulosos de diámetro variable envueltos en matriz limo arenosa. Esta unidad corresponde a depósitos morrénicos y fluvio glaciares, del Pleistoceno, los cuales se observan en las partes elevadas de las cuencas, poseen pseudo

estratificación y matriz de material fino, como testigo de fusiones estacionales durante el período glaciario. Estos depósitos son productos de la última glaciación y se ubican sobre los 4100 m s.n.m., afloran al suroeste y oeste de la región Pasco, se observa en la parte alta de la cuenca del río Alto Huallaga, en las nacientes del río Huertas y el río Pilcomayo; en la cuenca del río Mantaro afloran en la cabecera de cuenca al este y oeste del distrito Tinyahuarco. También estos acuíferos se observan en la parte alta, al suroeste de la cuenca del río Pachitea, en las nacientes de los ríos Santa Cruz y Huancabamba, cuyo reservorio acuífero están compuestos por gravas angulosas que tienen elevada porosidad y moderada permeabilidad.

b) Acuíferos sedimentarios (AS)

Conformado por materiales heterogéneos, incluye a todas aquellas formaciones de origen detrítico que hayan sido afectados por un proceso de litificación, caracterizándolos hidrogeológicamente como medios poco consolidados. Están compuestas de conglomerados con clastos redondeados a subredondeados envueltos en una matriz de arenas, limos y arcillas. La presencia de limos y arcillas en la matriz reduce la permeabilidad en muchos sectores de estos acuíferos, se distinguen también clastos de areniscas, arenas y pequeños horizontes de lutitas y limoarcillitas. Estos materiales sedimentarios cubren una moderada proporción de la zona de la región Pasco. La formación geológica considerada dentro de esta clasificación es:

Acuífero sedimentario Oriente (AS-o)

El Grupo Oriente, aflora ampliamente al noreste de la región Pasco, hacia el sureste de la cuenca del río Pachitea, en las nacientes de los ríos: Apurucayali, Nana, Anacayali, Neguachi y Nazaratégui, todos ubicados al este del distrito Puerto Bermúdez, en la Cordillera San Carlos, se observa también al noreste, en la parte alta de los distritos de Huancabamba y Oxapampa. En la cuenca del río Perene aflora puntualmente en las nacientes del río Paucartambo al suroeste del distrito Villa Rica. Esta formación muestra grandes afloramientos, diferenciando dos secuencias importantes que varían en su litología, las que están relacionadas con su origen paleo geográfico y tectónico, las mismas que muestran correlaciones regionales: 1) Secuencia San Matías – Gran Pajonal, expuesta a lo largo de la carretera hacia Puerto Bermúdez, litológicamente consta de areniscas cuarzosas blanco rosadas deleznable, en estratos gruesos a masivos con laminaciones; también presenta niveles conglomerádicos con cantos de cuarzo, seguido por limolitas laminares gris oscuras a negras, en estratos delgados bastantes fracturados; 2) Secuencia Pichanaqui, expuesta en las proximidades de Paucartambo, compuesta por areniscas

friables, que permiten la fácil formación de suelos que cubren el talud de los afloramientos, debido a que la matriz está compuesta por arcillas y feldespatos, intercaladas con estratos aislados de limolitas. El Grupo Oriente, se ha depositado en ambiente continental con desarrollo de planicies de inundación, así como áreas lagunares. Su espesor promedio varía de 600 a 1000 m. Morfológicamente, forman lomadas alargadas e irregulares con suelos arenosos de colores blanquecinos, que le da al suelo naturaleza ácida, debido al buzamiento horizontal de las capas, se genera un drenaje irregular. Son materiales con porosidad primaria de moderada permeabilidad, por lo tanto, en el mapa hidrogeológico de la región Pasco, se clasifican como acuíferos sedimentarios de extensión regional.

c) Acuífero fisurado sedimentario (AFS)

Están compuestos por rocas sedimentarias, principalmente por areniscas, calizas, areniscas cuarzosas y dolomitas, las cuales se encuentran fuertemente fracturadas, plegadas y falladas, producto de la intensa actividad tectónica del lugar, proporcionándoles una porosidad secundaria importante por fisuras, al mismo tiempo al estar interconectadas tiene una continuidad hidrogeológica que favorece al almacenamiento y circulación del agua subterránea. En la región Pasco se presentan ampliamente distribuidos en la parte media y baja principalmente, formando parte de la cuenca del río Pachitea y Alto Huallaga en mayor proporción y localmente en las cuencas de los ríos Mantaro y Perene. Las formaciones geológicas que fueron consideradas como acuíferos fisurados sedimentarios son las siguientes:

Acuífero fisurado sedimentario Goyllarisquizga (AFS-go)

El Grupo Goyllarisquizga, se presenta en forma alargada y en estratos medianos. Litológicamente, está compuesta en la base por areniscas blanquecinas, en estratos medios con niveles delgados de conglomerados, presenta estratificación cruzada y sesgada, de grano medio a fino de aproximadamente 90 m de espesor. Continúa una secuencia de lutitas bituminosas con niveles de carbón, con estratificación laminar aproximadamente de 40 m de potencia, donde se ubican las minas de carbón de Goyllarisquizga. Le siguen aproximadamente 25 m de areniscas rojas de grano medio con capas delgadas de microconglomerados y al tope se tiene una alternancia entre areniscas blanquecinas y amarillentas, la textura es sacaroide por lo general presentan granos de medios a gruesos, subangulosos a redondeados de origen netamente fluvial, el cemento puede ser sílice, limolita, calcita o arcillas en menor cantidad. El espesor total de esta formación se estima en 600 m, ocasionalmente se encuentra escasos y delgados horizontes de caliza de 1 m, así como ocasionales flujos de basalto. Estructuralmente se encuentra afectada intensamente por la

falla Ulcumayo San Rafael, de dirección NO-SE, que marca el contacto del Complejo Metamórfico del Marañón con unidades estratigráficas más recientes. Este sistema de fallas ha tenido actividad aparente desde el Triásico superior, el segundo sistema de fallas Atacocha–Ninacaca, las cuales tienen una dirección N-S. Estas condiciones favorecen la circulación de las aguas subterráneas principalmente a través de las fracturas, diaclasas y planos de estratificación que presentan las areniscas, por lo cual se clasifica a esta formación como acuífero fisurado sedimentario permeable de extensión regional. Afloran en la parte alta de la cuenca del río Alto Huallaga, en las nacientes de los ríos Huertas y Huallaga.

Acuífero fisurado sedimentario Sarayaquillo (AFS-sa)

La distribución de estos afloramientos de la Formación Sarayaquillo, se extienden paralelamente al río Perené, entre los poblados de Santa Ana, Maranquiari, La Esperanza y en el río Amarillo. Está conformada por rocas continentales que consiste en areniscas arcósicas y lodolitas con limoarcillitas finamente estratificados, los estratos de esta formación conforman superficies suaves a manera de colinas y cerros bajos, con abundante generación de suelos arcillosos y fenómenos de deslizamiento, se estima un espesor de 600 m aproximadamente, estructuralmente se encuentra sometida a muchos esfuerzos, por lo cual la encontramos fuertemente fracturada, adquiriendo una permeabilidad secundaria importante, por sus características litológicas, estructurales e hidráulicas, se clasifica como acuífero fisurado sedimentario de extensión local y baja productividad.

Acuífero fisurado sedimentario Vivian (AFS-vi)

Conformada por areniscas cuarzosas de grano grueso y fino, hacia el contacto con la Formación Chonta contiene areniscas cuarzosas blancas y gris verdosas de grano fino en estratos tabulares, hacia la parte superior se incrementa el contenido de areniscas de grano grueso con textura sacaroidea a areniscas conglomerádicas con abundantes guijarros de cuarzo, ocasionalmente es posible encontrar dentro de esta secuencia niveles de carbón. Estructuralmente, se encuentra a manera de franjas alineadas circundando mayoritariamente por sinclinales, anticlinales (cañón del río Iscozacín) y monoclinales (montaña de San Matías, al noreste de Chuchurras), presentando débil deformación en este último sector. La Formación Vivian, posee un espesor aproximado entre 150 a 250 m, incrementándose hacia el Oriente, pudiendo sobrepasar los 300 m. Este acuífero aflora en el cañón del río Iscozacín, los cuales se prolongan con una dirección NO–SE, cortando los ríos Chuchurras, Camporachimas y Lagarto, similares afloramientos se reconocen en las quebradas Cerveza y Sol, afluentes del río Cacazú y en el flanco oeste de la montaña San Matías, siguiendo

una dirección paralela al río Palcazú. Su importancia para la exploración de aguas subterráneas radica en la buena porosidad primaria que presentan las areniscas, además de presentar una intensa actividad tectónica evidenciada por mostrar plegamiento apretado y fallamiento intenso, incrementando considerablemente las condiciones iniciales de porosidad y permeabilidad primaria, por estas características litológicas, estructurales e hidráulicas, se considera a esta unidad acuífero fisurado sedimentario de buena productividad.

d) Acuífero fisurado kárstico (AFK)

Los acuíferos kársticos presentan, por un lado, características comunes a la red hidrográfica superficial (drenaje organizado, heterogéneo, debido a procesos de karstificación) y, por otro, características propias de la roca bicarbonatada (disolución de calizas). Es decir, y en términos generales, los acuíferos kársticos presentan a la vez una función transmisiva, que gobierna el flujo, y una función capacitiva, que gobierna el almacenamiento. Lo específico del acuífero kárstico es su heterogeneidad organizada: los espacios vacíos y el propio flujo, se van jerarquizando, por efecto del proceso evolutivo de la karstificación, desde la superficie hasta la surgencia. Esta heterogeneidad explica las dificultades que suelen aparecer en la explotación de estos acuíferos. Los pozos próximos entre sí pueden presentar rendimientos totalmente diferentes, según la posición que ocupen respecto a la estructura interna de drenaje. En la región Pasco, se destacan las formaciones Condorsinga, Pucará, Jumasha y Celendín, como acuíferos fisurado kársticos.

Acuífero fisurado kárstico Condorsinga (AFK-co)

Está compuesto principalmente por intercalaciones de calizas y dolomitas con calizas grises, areniscas rojizas, hacia la base se presenta conglomerados con clastos de cuarcitas y areniscas gruesas a microconglomerádica y limolitas calcáreas. Ocasionalmente contiene nódulos de chert e insipiente estratificación cruzada, indicando deposición poco profunda es decir somera y sometidos a condiciones de energía. Esta formación se encuentra fuertemente fracturada y fallada por estructuras regionales de dirección andina, como ocurre en Ninacaca y Carhuamayo y en algunos sectores se puede observar sinclinales asimétricos limitado en los flancos por la Formación Aramachay, característica que aporta una permeabilidad secundaria importante, incrementando la transmisibilidad de las aguas subterráneas. Morfológicamente presenta una pendiente suave ondulada, el espesor de la formación varía de 500 m en el área de Cerro de Pasco a más de 1500 m al SE de Ondores disminuyendo en el domo de Malpaso. Esta formación suprayace en concordancia a las calizas de Formación Aramachay e infrayace a las areniscas del Grupo Goyllarisquizga. Esta

formación aflora en el sector al NE en la parte alta de la cuenca del río Mantaro en ambos márgenes de las quebradas Marigo, Asunamachay y Huaricolca, que conforman parte de las nacientes del río Mantaro, también aflora puntualmente en las cuencas de los ríos Perene y Pachitea a lo largo del río Pozuzo entre los distritos de Huancabamba abarcando hasta el oeste de Villa Rica. Por sus características litológicas, estructurales e hidrogeológicas, se caracteriza a esta formación como acuífero fisurado kárstico de extensión local y moderada producción.

Acuíferos fisurado kárstico Pucara (AFK-pu)

Esta formación aflora en los alrededores de los distritos de San Pedro, Yanahuanca, Vilcabamba, Santa Ana de Tusi y Pallanchacra, todos ubicados en la cuenca del río Alto Huallaga. También, aflora puntualmente en los distritos de Simón Bolívar, Huancabamba y Pozuzo. El acuífero Pucará, está compuesto principalmente por calizas y dolomitas tabulares y masivas, las calizas presentan un espesor mayor en relación a las dolomitas, continuando la secuencia, está presente una intercalación entre calizas oscuras y lutitas negras fosilíferas en estratificación ondulada, se presentan calizas al techo de esta formación con abundante chert, con lentes esporádicos de areniscas cuarzosas. Este acuífero se presenta en forma alargada en dirección norte sur, estructuralmente se presentan falla inversa en dirección NO a SE, y fallas menores en dirección NE a SO, las mismas que se interceptan, creando una permeabilidad importante en este tipo de litologías, condiciones necesarias para almacenar y transmitir aguas subterráneas, en el mapa hidrogeológico de la región Pasco, esta formación se clasifica como acuífero fisurado kárstico de moderada productividad.

Acuífero fisurado kárstico Jumasha (AFK-ju)

Se encuentra en el dominio Occidental, la parte inferior de la Formación Jumasha, está compuesta por calizas grises intercaladas con limoarcillitas negras en estratos delgados, hacia la parte media se presentan calizas grises bituminosas en estratos delgados a medios, de espesor aproximado de 8 m, con presencia de venillas de calcita, finalmente, la parte superior está compuesta por calizas en estratos delgados tabulares. La sedimentación de la Formación Jumasha corresponde a una plataforma poco profunda en la base y más somera al techo. Por sobreyacer a la Formación Pariatambo del Albiano medio, se asume una edad Albiano superior-Turoniano. Esta formación aflora al este de la región Pasco, en la Cordillera Occidental, se presenta en forma alargada en dirección NO a SE, en las nacientes del río Pilcomayo y Yanahuanca, afluentes del río Huertas en la cuenca del río Alto Huallaga. Estructuralmente, la Formación Jumasha está afectada por un intenso tectonismo, que ha dado lugar a fallas regionales como el Sistema de

Corrimiento del Marañón y el sistema de fallas Huayllay, que están compuestas por fallas inversas mayoritariamente, las cuales al estar interconectadas crean una porosidad y permeabilidad secundaria, que además junto a la porosidad primaria y la capacidad de disolución que tiene las calizas (rocas carbonatadas) al estar en contacto con el agua creando grandes cavernas, tiene una gran capacidad de almacenar y transmitir aguas subterráneas, se tiene evidencias de campo que en la Formación Jumasha, se están formando constantemente dolinas y existen manantiales perennes de buen caudal. Por las características litológicas, químicas, estructurales, se caracterizó a esta formación, como acuífero fisurado kárstico de buena productividad.

Acuífero fisurado kárstico Celendín (AFK-ce)

Está compuesto por margas grises a pardas con intercalaciones de calizas en capas delgadas, presentan buena porosidad secundaria obtenida por las fracturas y diversas fallas que atraviesan este acuífero. Por las características litológicas y estructurales, se caracterizó esta formación como acuífero fisurado kárstico de moderada productividad.

5.2.2 Acuitardos (AT)

Son formaciones geológicas que tiene la capacidad de almacenar mínimas cantidades de aguas subterráneas, pero la circulación es lenta o en forma localizada, en términos económicos son materiales improductivos. En la región Pasco conforman unidades hidrogeológicas con mayor extensión y se ubica principalmente en la parte central, aflorando también hacia el oeste y este de la región, donde se intercalan con los acuíferos, constituyendo en muchos casos la base de los acuíferos y propiciando las surgencias de aguas subterráneas. En general, comprenden rocas sedimentarias (acuitardos sedimentarios), ígneas (acuitardos intrusivos), volcánicas (acuitardos volcánicos) y metamórficas (acuitardos metamórficos), los cuales se describen a continuación:

a) Acuitardo sedimentario (ATS)

De acuerdo con el componente litológico, estas unidades hidrogeológicas están compuestas por rocas que pueden tener una porosidad primaria; sin embargo, sus poros no están interconectados entre sí, teniendo baja o casi nula permeabilidad, careciendo de interés hidrogeológico. Las formaciones geológicas de este tipo de acuitardo, están constituidas principalmente por lutitas, limolitas, limoarcillitas, conglomerados, en algunos sectores intercalados con estratos de areniscas y calizas en estratos delgados, los cuales favorecen a la infiltración mínima de aguas de precipitación, pero la percolación es mínima. En la región Pasco, afloran estas formaciones en mayor proporción en la cuenca del río Pachitea, donde se presentan en forma

alargada con dirección preferente N-S, alineándose con algunas estructuras regionales que forman parte de la Cordillera Oriental, en donde se ubican los acuitardos sedimentarios: Huayabamba (ATS-hu), Mitú (ATS-mi), Ipururo (ATS-i) y Chonta (ATS-cho), son unidades hidrogeológicas de extensión regional, litológicamente conformadas por una secuencia de lutitas, limoarcillitas y conglomerados con algunos niveles de areniscas de coloración rojiza (formaciones Huayabamba y Mitú) y una secuencia compuesta por una estratificación delgada de margas y calizas (Formación Chonta), materiales que, al estar sometidos a esfuerzos tectónicos, generan una leve permeabilidad secundaria generando la infiltración del agua muy lentamente. También este sector afloran localmente los acuitardos sedimentarios: Pozo (ATS-po), La Merced (ATS-lm), Chambira (ATS-ch), Yahuarango (ATS-y) y Cachiyacu/Huchpay (ATS-ca,hu).

Al sur de la región Pasco, en la parte alta de las cuencas de los ríos Mantaro y Alto Huallaga, se encuentran otro grupo importante de esta unidad hidrogeológica, compuesto por los acuitardos: Ambo (ATS-ambo), Aramachay (ATS-a), Mitú (ATS-mi), Casapalca (ATS-ca), depósitos palustres y coluviales, dentro de los cuales destaca el acuitardo sedimentario Casapalca, que aflora ampliamente sobre el geosinclinal del Marañón. Está constituido por lutitas, limolitas, areniscas de color rojo ladrillo, hacia la base presenta niveles de conglomerado con clastos de caliza, areniscas rojas, intrusivos y esquistos subangulares; al tope se observa predominancia de calizas con intercalación de areniscas conglomerádicas rojizas, su potencia es variable, pudiendo sobrepasar los 1000 m, la porosidad primaria que presenta este tipo de materiales varía entre 1% y 10% (Llamas & Custodio, 2002); sin embargo, los poros de estos materiales, no están interconectados, dándonos valores bajos de permeabilidad. Se observa también en esta formación anticlinales y sinclinales con rumbos NNO, los cuales generan la surgencia de algunos manantiales en este acuitardo. Las posibilidades que tiene de almacenar agua subterránea se restringen a fracturas mayores y fallas regionales a las que están sometidas estas formaciones geológicas, en lugares donde se tiene alimentación y recarga por la precipitación.

b) Acuitardo volcánico (ATV)

Los materiales volcánicos impermeables están compuestos principalmente por rocas piroclásticas, lavas ácidas e ignimbritas, tufos finamente estratificados, basaltos, riolitas y dacitas. Estos materiales presentan una porosidad eficaz que varía entre 1% y 5% (Llamas & Custodio, 2002), la que disminuye por efectos de la edad y es variable de acuerdo al grado de fracturamiento al cual está sometido, estos poros se saturan de agua subterránea y por la baja permeabilidad que presentan, las transmiten muy lentamente, pudiendo en algunos sectores tener surgencias

de manantiales de bajo caudal condicionados a los meses de mayor precipitación. Presentan una morfología agreste, a veces se encuentran cubierto de nieve. En la región Pasco, afloran localmente en las cuencas de los ríos Mantaro y Alto Huallaga, los acuitardos volcánicos Calipuy (ATV-ca), Huarón (ATV-pu/a), Huayllay (ATV-hu) y Punrun (ATV-da), los cuales están ubicados en la Cordillera Occidental. Sus afloramientos se ubican en la zona de alimentación y recarga. Presentan fracturas y fallas poco profundas y que no están interconectadas entre sí. De acuerdo a la clasificación hidrogeológica, estos materiales son de muy baja permeabilidad, por lo tanto, son formaciones con pocas posibilidades de almacenar y transmitir aguas subterráneas.

c) Acuitardo volcánico sedimentario (ATVS)

Este tipo de acuitardo está conformado por rocas volcánicas intercaladas con rocas sedimentarias. Están compuestos principalmente por rocas piroclásticas variando a conglomerados de matriz arenosa intercalada con tobas. Las cuales se encuentran ubicados en la parte alta de la cuenca del río Pachitea y en el sector noreste de la cuenca del río Mantaro. Constituye este tipo de unidad hidrogeológica el acuitardo volcánico sedimentario Lantorache (ATVS-la), compuesta por una secuencia de rocas piroclásticas, sedimentos tobáceos y aglomerados con fragmentos angulosos y subredondeados de naturaleza andesítica, riolitas porfídicas de color crema con presencia de cuarzo hialino, envuelto en una pasta fina mayormente feldespática, que afloran en el área de Lantorache al norte del poblado de Huancabamba y en la parte alta del río Chontabamba. La expresión morfológica de esta formación se encuentra representada por colinas bajas con crestas subredondeadas de extensión reducida. Su espesor aproximado es de 200 m, presenta una leve deformación, moderada consolidación de los sedimentos y composición litológica que al parecer corresponde al evento vulcano-clástico producido en el Mioceno. También, encontramos afloramientos muy localizados en la parte alta de la cuenca del río Mantaro que corresponde a la Formación Rumichaca. Las propiedades hidrogeológicas que tienen estos materiales indican que pueden llegar a saturarse de aguas subterráneas, pero que las transmiten muy lentamente, por lo tanto, se clasifican como acuitardos volcánico-sedimentario.

d) Acuitardo Intrusivo (ATI)

Este acuitardo se encuentra conformado por rocas ígneas, su litología consta de granitos, granodioritas, monzonitas, monzogranito, diorita, pórfidos de plagioclasas y cuarzo, riolita y dacita porfídica, las mismas que se encuentra alteradas, fracturadas y diaclasadas hacia la superficie disminuyendo en gran parte en profundidad, donde son rocas compactas e impermeables. En la región Pasco, los acuitardos ígneos, tanto intrusivos como volcánicos están distribuidas en dirección NE-SO, a lo largo de los Andes Orientales particularmente en la parte alta de la cuenca del río Perené y al suroeste de la cuenca

del río Pachitea, en los cuadrángulos de Ulcumayo, Oxapampa y La Merced. Estas rocas están asociadas específicamente al Complejo Metamórfico en el lado occidental y en las cuencas mesozoicas al oriente de esta faja intrusiva. Los acuitardos intrusivos más importantes por su extensión son: Manto (ATI-ma/mzgd), Marca (ATI-ma/Qzmzdi), Paucartambo (ATI-pa/gb.mzgr) y Ranyac (ATI-ra/mzgr). De estos acuitardos destaca el Complejo Marca por su extensión, está compuesto por tonalitas, granodioritas y cuarzo-monzodioritas, estas rocas se encuentran alteradas y fracturadas en superficie; se puede evidenciar algunos manantiales de muy bajo caudal y de frecuencia temporal. También está presente el acuitardo Paucartambo, que tiene una extensión de más 2000 m²; se ubica en la parte central de la región Pasco en dirección NE-SO. Sus afloramientos presentan una coloración gris clara, conformado principalmente por granodioritas y monzogranodioritas, de grano medio. Estas rocas se encuentran alteradas, fracturadas y diaclasadas, con porosidad secundaria importante, pero superficial; hacia la parte interior se reducen hasta llagar a desaparecer haciendo que la roca en interior sea maciza e impermeable, lo que obstruye la circulación de las aguas subterráneas.

e) Acuitardo Metamórfico (ATM)

Están conformados por las formaciones Contaya, Excélsior; complejos Marañón y Huacapistana, que son parte de la Cordillera Occidental y Oriental. Son materiales de muy baja permeabilidad principalmente por fisuración. Tienen capacidad de almacenamiento a través de los poros, los que normalmente no están interconectados; pero por esfuerzos tectónicos, estas adquieren una permeabilidad secundaria baja y pueden transmitir aguas subterráneas muy lentamente. Están compuestas por lutitas, limoarcillitas con esquistosidad moderada, pizarras con intercalación de filitas, areniscas pizarrosas y cuarcitas de grano fino y gneis de color gris con esquistos micáceos, los cuales han sufrido leve metamorfismo regional. Están ubicados en las cuencas de los ríos Mantaro y Alto Huallaga donde aflora el Complejo Marañón. Sus bloques están contralados por fallas regionales de dirección NO-SE, caracterizados en las áreas de Paucar (occidental) y del río Huallaga (oriental), consta principalmente por gneis bandeados con cristales de cuarzo-feldespatos y esquistos de textura granoblástica, donde se observa numerosas fases de plegamientos con abundantes venillas y lentes de cuarzo probablemente producto de la segregación del metamorfismo regional de bajo grado. En el mapa hidrogeológico se caracterizó a esta unidad como acuitardo metamórfico regional. Por sus características litológicas y estructurales, en donde se pueden evidenciar algunas surgencias de aguas subterráneas de muy bajo caudal, probablemente con alto contenido de sales disueltas en su contenido.

CAPÍTULO VI

PELIGROS NATURALES

6.1 GENERALIDADES

A lo largo de la historia, las mayores catástrofes de origen natural han estado asociadas a fenómenos geodinámicos, cuyas principales consecuencias están relacionadas a grandes pérdidas de bienes y vidas humanas. Estas consecuencias se deben, en gran parte, al carácter, muchas veces, impredecible y a la dificultad de control de dichos fenómenos. Las pérdidas producidas por los peligros geológicos fueron tan elevadas en la década de los noventa que esto generó preocupación en todo el mundo. La manifestación más evidente fue la declaración de Naciones Unidas, llamada Década Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (DIRDN).

En los últimos decenios del siglo XX se han producido episodios naturales de rango extraordinario de consecuencias funestas para la población mundial. Se ha creado la impresión de una mayor ocurrencia de eventos excepcionales, cuando lo que realmente ocurre ha sido el incremento de la exposición de las poblaciones del mundo a los peligros naturales. Los umbrales de tolerancia ante los riesgos de la naturaleza han disminuido por el propio crecimiento de la población mundial y la ocupación intensiva del territorio (Ayala, 2002).

Nuestro país tiene múltiples amenazas que pueden afectar a la población, sus medios de vida y la capacidad de producción de bienes y servicios públicos. En la primera década del presente siglo, los sismos del 2001 y 2007 o las lluvias excepcionales del 2008 y 2009 han causado desbordes de ríos y movimientos de remoción en masa, que a su vez ocasionan daños en carreteras, puentes, instituciones educativas y de salud, etc. Como resultado final se generó la interrupción de los servicios, pérdidas de beneficios en los usuarios y gastos en reconstrucción (Ministerio de Economía y Finanzas, 2010).

Es importante que los sistemas nacionales no solo funcionen bien, sino que puedan sobrevivir durante los períodos en los que los hechos catastróficos son relativamente escasos, y que resulten viables aún durante y después de acaecidos dichos peligros. Para ser sustentables, los sistemas nacionales deben funcionar eficazmente y contar permanentemente con recursos políticos y financieros. En el caso de Perú, el seguimiento y monitoreo de las condiciones ambientales en el territorio

nacional, para el caso de peligros naturales, está a cargo de diferentes instituciones en nuestro país, integrantes del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD). Este sistema creado en el 2011 tiene entre sus objetivos la identificación de los peligros, el análisis de las vulnerabilidades y el establecimiento de los niveles de riesgo para la toma de decisiones oportunas en la Gestión de Riesgo de Desastres (artículo 8 de la Ley No. 29664). Los estudios que realiza cada institución científica como INGEMMET conllevan a tener esquemas de pronóstico, seguimiento o monitoreo y el inventario nacional de los eventos naturales dañinos.

Debido a su ubicación geográfica, la región Pasco, está expuesto a la ocurrencia de peligros geológicos y sismos. En este contexto, es comprensible la necesidad de contar con información para realizar trabajos de prevención eficaces, que no solo permitan ahorrar sino también salvar vidas: los costos se verán en el presente y los beneficios se verán en el futuro. Estos trabajos de prevención se inician con la identificación y conocimiento de los peligros naturales. Cabe mencionar que la mitigación de los efectos de estos peligros solo puede ser exitosa si existe un buen conocimiento de la frecuencia, carácter y magnitud del proceso en un área. Incluso si el riesgo no puede evaluarse con suficiente precisión, siempre es más eficaz tratar de prevenir y no simplemente responder ante la crisis o emergencia de desastres.

Para tal efecto, la información que se consigna en este capítulo se basa en la recopilación de información de peligros existentes (informes técnicos, boletines, tesis, etc.), así como información tomada en campo basada específicamente en un inventario de peligros geológicos de movimientos en masa, peligros geohidrológicos y cartografiado geodinámico a escala 1:50 000, sobre una base topográfica actualizada del IGN. Además, se interpretaron fotografías aéreas e imágenes satelitales. Toda esta información temática sobre peligros, generada como cartografía básica para cualquier análisis integral del medio físico en la región, se expresa en términos de susceptibilidad y zonas críticas, y tienen como objetivo ayudar a las autoridades nacionales, regionales, provinciales, distritales y otros, en el conocimiento de los peligros geológicos existentes en la región Pasco.

6.2 REGISTROS HISTÓRICOS DE EVENTOS DESASTROSOS EN LA REGIÓN

Todo análisis de peligro en cualquier lugar, parte del conocimiento previo de los eventos peligrosos o desastres ocurridos en el pasado. La cronología de procesos geológicos y geohidrológicos de gran magnitud son los más importantes; sin embargo, también, resulta importante conocer eventos pequeños sobre todo aquellos de recurrencia periódica³. (Zavala & Vilchez, 2014).

A lo largo de su historia, la región Pasco ha sido afectada muchas veces por fuertes precipitaciones pluviales, las que causan serias

destrucciones materiales y en muchas ocasiones han cobrado vidas humanas, La información sobre eventos desastrosos ocurridos en la región fue recopilada de los compendios estadísticos del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), en sus programas de planificación y atención de desastres en el Perú (1995-2013), donde se registra la ocurrencia de inundaciones fluviales, deslizamientos, derrumbes, huaicos, entre otros. También, se tomó en cuenta la información bibliográfica de los informes técnicos realizados por INGEMMET (1962-2014), empresas públicas y privadas, toda la información se consigna en forma resumida en el Cuadro 6.1.

Cuadro 6.1
Principales peligros geológicos ocurridos en el departamento Pasco

Fecha	Evento y descripción
03/1962 03/2003	Deslizamiento y erosión retrogresiva en Chango. Se registró un deslizamiento que se ubica al noreste del pueblo de Chango, en los barrios Ascensión y San Sebastián ubicado en la provincia Daniel A. Carrión. Presenta erosión retrogresiva en la cabecera de la quebrada Golga. Se producen daños en las viviendas a partir de la reactivación de una parte del cuerpo del deslizamiento antiguo. Presencia de puquiales en toda el área del pueblo, formación de grietas con saltos pequeños en áreas de terrenos agrícolas y zonas urbana. Afectó 20 viviendas y podrían incrementarse en temporada de lluvias extraordinarias, se perdió 20 ha de cultivos. En el año 1962, se realizó una inspección por la aparición de grietas y pequeños derrumbes debido a la presencia de puquiales y lluvias intensas. Se recomienda para evitar un posiblemente deslizamiento realizar el drenaje de los puquios y evitar la escorrentia natural (Carrillo, 1962). En el año 1997 el pueblo fue declarado en emergencia por INDECI, a causa de un flujo de lodo que descendió de las laderas superiores y llegó hasta la plaza principal (Valenzuela & Vilchez, 2003).
21/03/1963	Deslizamiento en Huariaca. El 21 de marzo de 1963 se originó un deslizamiento de tierras en las proximidades del Hospital Obrero de Huariaca y en el flanco noroccidental del cerro Martín Capasha, ubicado en la margen izquierda del río Huallaga. Quedó interrumpida la carretera Cerro de Pasco-Huánuco y las aguas de dicho río anegaron algunas de las instalaciones del hospital. En el flanco noreste del cerro Martín Capasha, margen izquierda del río Huallaga, al sureste de Huariaca a unos 200 m se han distinguido tres corrimientos de masa detrítica acaecidos en diferentes tiempos, siendo este último el producido el 21 de marzo de 1963, en las inmediaciones del hospital Obrero las plantaciones de eucaliptos han resultado insuficientes para impedir la reptación de suelos. Los sectores de las quebradas de Mosqueta y Santa Rosa son las zonas consideradas de mayor peligro por los numerosos movimientos de tierras como deslizamientos, derrumbes, flujos. Se registró 110 m de carretera afectada (Mendivil, 1963).
1970	Deslizamiento en Tangor. Comienzo del año 1970 se produjeron deslizamientos de tierras en el cerro Raya-Paco, debido a la sobresaturación de material arcilloso por las filtraciones de precipitaciones pluviales, lo que ocasionó la pérdida de estabilidad de terrenos y su desplazamiento por acción de la gravedad. Los agrietamientos se observaron en la pampa Huertas del caserío Tangor, ubicado en el distrito Paucar, provincia Daniel A. Carrión. Se registró la destrucción del camino de herradura entre Parcoy y Tangor (Pérez, 1971b).
31/07/1970	Derrumbes y caída de rocas en el cerro Mishahuiyanan. El 31 de julio de 1970 a las 12:30 horas se produjo un gran sismo que afectó a la región originando derrumbes y caídas de grandes bloques de roca sobre el caserío "Virgen de Fátima" comunidad de Yanacocha (distrito Yanahuanca, provincia Pasco), ocasionando la muerte de dos personas y la destrucción de viviendas. (Pérez & Taype, 1971).
01/02/1970 13/03/1971	Derrumbe en el cerro Chungar. Desde el año 1968 se producen caídas de roca en la parte alta del cerro Chungar. El 01 de febrero de 1970 se produjo un derrumbe en el cerro mencionado a una altura de 320 m y a 620 m horizontales de los campamentos en la orilla opuesta, que alcanzó un volumen de 10 000 m ³ , la cual al impactar sobre la laguna Yanahuín produjo la formación de una ola de 3 m de altura que llegó a los campamentos más cercanos en una extensión de 80 m. El 13 de marzo de 1971 a las 3:15 horas sucedió el desborde de la laguna Yanahuín arrasando los campamentos de la parte baja de la mina y la pérdida de numerosas vidas. Este fenómeno trajo como consecuencia la desaparición de 171 personas y 71 fallecidos, causó la destrucción total de los campamentos ubicados en la parte inferior hacia el borde de la laguna, la planta de tratamiento de minerales también sufrió daños considerables, lo mismo que una central hidroeléctrica ubicada aguas abajo de la laguna Yanahuín (Pérez et ál, 1971).

³ Pocas son las referencias de eventos históricos en la región; algunos deslizamientos o movimientos en masa cuentan con estudios geotécnicos, pero sin embargo la gran mayoría corresponden a reportes periodísticos o estadísticas hechas por INDECI.

Fecha	Evento y descripción
03/1971	Flujos de lodo en Yanacrume y deslizamiento en la quebrada Charagra, cerro Huairascirca. Yanacrume, ubicado por encima de la localidad de Huairascirca en la provincia Daniel A. Carrión, debido a las fuertes precipitaciones entre los meses de enero a marzo fue afectado por un flujo de lodo. El deslizamiento se encuentra en el extremo este de Huairascirca (Pérez, 1971b).
19/01/1995 20/01/1997 17/03/2002 16/02/2009	Inundación en Puerto Bermúdez. En el año 1995, 72 personas damnificadas y 12 viviendas afectadas. En el año 1997, a las 18:45 horas se produce el desborde del río Pichis, ocasionando inundaciones en el distrito Puerto Bermúdez (provincia Oxapampa); dejó 316 personas damnificadas, 600 afectadas y dos fallecidas; 120 viviendas afectadas y 30 destruidas; 500 Has de terreno de cultivo, 25 km de carretera obstruidos entre Puerto Bermúdez y Oxapampa. En el año 2002, a las 15:30 horas, se produjeron intensas lluvias causando el desborde del río Santa Rosa, inundando la zona de camino a Iscozacín, dos muertos y 12 personas damnificadas. En el 2009, se produjo una inundación a consecuencia de las fuertes precipitaciones pluviales, originando el desborde de los ríos Nazarategui y Pichi afectando a personas y viviendas, dejando 50 personas afectadas y 60 damnificadas; 10 viviendas afectadas y 12 destruidas.
27/03/1995 07/01/1997	Aluvión de Chaupimarca. Ubicado en el distrito Chaupimarca, provincia Pasco; en el año 1995 se reportó 120 personas damnificadas y 20 viviendas destruidas. En el año 1997, dejó 20 personas damnificadas y 20 viviendas afectadas.
05/10/1995	Huaico en Chacayán. Ubicado en el distrito de Chacayan, provincia Daniel Alcides Carrión, se registró 498 personas damnificadas y dos fallecidas; 22 viviendas destruidas y 61 afectadas; y 80 ha de cultivo destruidas.
05/10/1995 07/01/1998 05/04/2009	Aluvión de Yanahuanca. En el distrito Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión, el 05 de octubre de 1995 se generó un huaico dejando 108 personas damnificadas, dos muertos y 18 viviendas afectadas. En el año 1998, se reportó 2680 personas damnificadas; 465 viviendas afectadas y 375 ha de terrenos de cultivo afectados. El aluvión del 05 de abril de 2009 se produjo a consecuencia de lluvias en las zonas altas afectando viviendas y terrenos de cultivo. Como resultado de este evento se registró 250 personas afectadas, 143 damnificadas, cuatro desaparecidos, una fallecida y nueve heridas; un centro de atención y un centro educativo afectados; un centro educativo destruido, 44 establecimientos comerciales afectados, 17 viviendas afectadas; 10 km de carretera afectadas, 2 km destruidas y un puente afectado.
08/02/1996	Inundación lagunar en A.H. Víctor Arias. Se produce una inundación por el desborde de la laguna Patarcocha ubicada al Sur de la ciudad de Chaupimarca, provincia Pasco. En las riberas de la laguna se han consolidado varios asentamientos humanos uno de ellos es el A.H. Víctor Arias Vicuña, que tiene más de 25 años de fundación. Se reportó 300 personas damnificadas, 50 viviendas afectadas y 80 ha de cultivo dañados.
13/03/1997	Inundación en los sectores Chititingo, Marcacancha, Chinchera. A consecuencia de lluvias intensas se produce el desborde de los ríos Chaupi y Huariaca afectando caseríos Shititingo, Marcacancha y Chinchera, en el distrito Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión. Se reportó siete personas damnificadas y 150 afectadas; 20 ha de terrenos de cultivo perdidos y 30 viviendas rústicas afectadas.
13/03/1997	Inundación en Huallapoto y Miraflores, a consecuencia de lluvias intensas se produjo una inundación por el incremento del río Huallaga, afectando los Barrios Huallapoto y Miraflores, distrito Pallanchacra, provincia Pasco. Dejado 10 personas afectadas y dos viviendas afectadas.
07/12/1997	Inundación en La Esperanza, Los Pinos, Chacos y Mesapata. Se desbordaron los ríos Llamaquizu, La Esperanza, San Alberto y San Luis, ocasionando inundaciones en los distritos: Oxapampa, Puerto Bermúdez, Villa Rica, Pozuzo, pertenecientes a la provincia Oxapampa. Dejó un saldo de 236 personas damnificadas, tres fallecidas, 215 afectadas, 22 heridas y 45 desaparecidas; 43 viviendas afectadas y 28 destruidas; dos centros educativos afectados y cuatro puentes afectados; 289 ha de cultivo perdidos.
07/12/1997	Inundación en Chontabamba, Sector Nueva Berma y Puente Suarez-La Florida. A consecuencia de lluvias intensas se produjo la crecida del río Chontabamba generando desbordamientos que afectaron el distrito Chontabamba, provincia Oxapampa; dejó 351 personas damnificadas, 200 afectadas y una fallecida; 33 viviendas destruidas y 40 afectadas, un centro educativo afectado, 560 ha de cultivo perdido y tres puentes afectados.
07/12/1997	Inundación en Iscozacín. La creciente de los ríos Palcazú e Iscozacín originó inundaciones a consecuencia de lluvias intensas, dejando un saldo de 350 personas damnificadas y 225 afectadas, 70 viviendas destruidas y 45 afectadas, 439 ha de cultivo perdido y un puente afectado, en el distrito Palcazú.
07/12/1997	Inundación en Palmazú, San Daniel. Se registraron inundaciones que afectaron estos sectores en el distrito Huancabamba, provincia Oxapampa. Se reportó 75 personas damnificadas, 192 ha de terrenos de cultivo perdido, un puente y 50 m de tramos de carretera afectados.

Fecha	Evento y descripción
14/12/1997 15/01/2006	Inundación en Villa Rica y Puente Paucartambo. A consecuencia de las lluvias intensas se produjo inundaciones afectando a la población del distrito Villa Rica, provincia Oxapampa. Se reportaron 83 personas damnificadas, 270 afectadas y dos fallecidas; 15 viviendas destruidas y 54 afectadas; dos centros educativos afectados, 88 ha de cultivo perdido. En el año 2006, aproximadamente a las 02:00 horas, se produjo inundaciones de varias viviendas en las localidades Puente Paucartambo y Villa Rica dejando 197 personas y 54 viviendas afectadas.
23/02/1998	Huaico en Tapuc. Distrito Tapuc, provincia Daniel Alcides Carrión. Como producto de intensas lluvias en Tapuc se produjo un huaico de considerables proporciones produciendo diversos daños, dejando 1062 personas damnificadas, 15 viviendas destruidas y 162 afectadas, ocho hectáreas de cultivos perdidos.
14/03/1998	Deslizamiento en Santa Ana de Tus. Se produjo un deslizamiento de tierra, piedras y lodo en la localidad Santa Ana de Tusi, distrito del mismo nombre, provincia Daniel A. Carrión. Se reportó 1758 personas damnificadas, 278 viviendas afectadas y 15 destruidas, 185 terrenos agrícolas y carreteras dañadas.
23/02/1998	Inundación en los sectores Llanca y Tangor. Se registraron inundaciones como consecuencia de continuas lluvias torrenciales, afectando las localidades de Llanca, Tangor, ubicados en el distrito Paucar, provincia Daniel A. Carrión. Se reportaron como daños: 1350 personas damnificadas; 200 viviendas afectadas y 25 destruidas; y 130 ha de cultivos afectados.
3/2/1998	Inundación en San Pedro de Pillao. A consecuencia de lluvias intensas se produjeron inundaciones en el distrito San Pedro de Pillao, provincia Daniel A. Carrión, registrándose: 858 personas damnificadas; 20 viviendas destruidas y 123 afectadas; locales y colegios afectados, carreteras y puentes artesanales dañados y 485 ha de cultivo afectados.
23/04/1998	Huaico en Huayllay. Se produjeron intensas lluvias ocasionando un huaico en la localidad Huayllay, provincia Daniel A. Carrión. Se reportó 30 personas damnificadas y seis fallecidas; cinco viviendas afectadas; carreteras afectadas o interrumpidas y puente en mal estado.
20/03/1998	Inundación en Cerro de Pasco. Se producen intensas lluvias en la localidad de Cerro de Pasco, distrito Chaupimarca, provincia Pasco, produciendo diversos daños. Se reportó 510 personas damnificadas; 30 viviendas destruidas y 70 afectadas.
02/02/2000	Inundación en los sectores Churumazú, Nueva Berna y San Carlos. Se produce el desborde del río Chontabamba como producto de las intensas lluvias inundando las localidades de Churumazú, Nueva Berna y San Carlos. Se registró como daños: 136 personas damnificadas y 25 viviendas destruidas (14 en Churumazú, ocho en Nueva Berna y tres en San Carlos).
02/02/2000	Inundación en Huancabamba, C.H. El Delfín. Se produjo la crecida del río Pozuzo causando daños en diversos lugares del distrito Huancabamba, provincia Oxapampa. Se reportó: 150 personas damnificadas; siete viviendas destruidas y 120 afectadas, 2 km de plataforma de carretera destruida. La central hidroeléctrica El Delfín sufrió algunos daños; la toma de agua se realiza en el río Delfín, el cual también acarrea huaicos, el último de los cuales fue registrado en 1987.
05/03/2000	Deslizamiento en Chaupimarca. Se produjo un deslizamiento causando daños a la población del distrito Chaupimarca, provincia Pasco (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2009). Se registró como daños: 105 personas damnificadas y 21 viviendas afectadas. El tránsito fue interrumpido temporalmente.
20/03/2000 08/01/2008	Deslizamiento en Chipipata. A las 15:35 horas del 08 de enero de 2008, se registró el deslizamiento que afectó a la localidad Chipipata, en el distrito Yanahuanca, provincia Daniel Alcides Carrión. Se reportaron en el año 2000, 120 personas damnificadas, 20 viviendas destruidas; 25 ha de cultivos y 70 m de carretera afectados, tránsito interrumpido temporalmente. En el año 2008, 540 personas damnificadas, 90 viviendas destruidas y 120 m de carretera afectados.
04/04/2000	Deslizamiento en Tusi. En el distrito Yanahuanca, provincia Daniel A. Carrión. Se reportó 35 personas damnificadas y siete viviendas destruidas.
01/02/2001	Deslizamiento en Villa Rica. Siendo las 09:30 de la mañana a consecuencia de las intensas lluvias, se produjeron deslizamientos en los cerros aledaños causando daños en la Urbanización El Pino calle 13 en el distrito de Villa Rica, provincia Oxapampa. Afectó 80 viviendas, dejando 480 personas damnificadas (80 familias).
17/02/2001	Deslizamiento en el cerro Paucartambo. Siendo las 08:00 horas a consecuencia de las intensas precipitaciones pluviales propias de la temporada, se produjo un deslizamiento en el cerro Paucartambo, distrito con el mismo nombre, provincia Pasco, dejando cuatro viviendas destruidas; 20 personas damnificadas y una fallecida.
26/02/2001	Deslizamiento en el km 57+800 de la carretera Huachón-Quiparacra. Como producto de este deslizamiento se interrumpió en varios tramos quedando bloqueado el tránsito en el distrito de Huachón. Además, se reportó como daños: la carretera Huachón-Quiparacra, una vivienda afectada, tres fallecidos y seis personas damnificadas.

Fecha	Evento y descripción
18/04/2001	Derrumbe en Huariaca. A las 08:00 horas del 18 de abril de 2001 se produjo un deslizamiento de un cerro, causando daños a viviendas en la localidad de Huariaca, en el barrio Acobamba del distrito Huariaca, provincia Pasco. Se reportó seis viviendas afectadas y 36 personas damnificadas.
01/04/2002	Huaico en la quebrada Zogayacu. Generado por las intensas lluvias torrenciales a las 18:00 horas en el distrito Yanahuanca, provincia Daniel A. Carrión. Se reportó 15 personas damnificadas, dos viviendas destruidas nueve afectadas; una hectárea de terrenos de cultivo, un centro educativo y un local comunal afectados.
01/01/2002	Inundación en comunidad nativa Puerto Yesupe. En horas de la mañana, las fuertes lluvias produjeron el incremento violento del caudal del río que provocó inundación en la comunidad nativa Puerto Yesupe, distrito Puerto Bermúdez, provincia Oxapampa. Dejó 1200 personas damnificadas, una fallecida y seis desaparecidas; 200 viviendas y 400 ha de cultivo afectadas.
27/04/2002	Huaico en Agua Salada. A las 11:30 de la mañana, se produjo un huaico cerca de la construcción de la carretera Pozuzo-Tingo Maria, en el distrito Pozuzo, provincia Oxapampa. Se registraron 10 personas fallecidas (sepultadas) y 50 damnificadas.
2003	Deslizamientos y reptación de suelos en Tlacayán. Se registraron estos eventos debido al suelo incompetente, precipitaciones pluviales intensas, sobresaturación del terreno por las precipitaciones pluviales, presencia de agua subterránea y pendiente del terreno. En el 2003 fue declarado en estado de emergencia. Fueron afectadas 250 viviendas, terrenos de cultivos y pastizales.
2003	Deslizamiento y erosión de laderas en Tapuc. Las causas principales para la ocurrencia de los peligros geológicos en Tapuc son las lluvias estacionales, mal sistema de riego, ausencia de un sistema de drenaje, formación de grietas con saltos pequeños en áreas adyacentes a las quebradas debido al desplome del material de laderas por acción erosiva de las mismas. 12 viviendas fueron afectadas por continuos asentamientos del terreno.
14/01/2005	Deslizamiento en Misca. A las 16:00 horas, se produjo un deslizamiento de tierra en Misca, ubicado en el distrito Chacayán, provincia Daniel A. Carrión. Fueron registradas: 125 personas afectadas y 31 damnificadas; un centro de atención de salud, dos centros educativos y una oficina pública afectadas; 61 viviendas urbanas afectadas y cinco destruidas; y 4 km de carretera afectadas.
07/03/2005	Aluvión en el sector 08 de Octubre. A las 17:00 horas, se produjo un huaico de gran magnitud en la localidad 8 de Octubre, ubicado en el distrito Chacayán, provincia de Daniel A. Carrión. Afectó 1 km de carretera.
26/03/2005	Deslizamiento en Tinyahuarco. A las 14:30 horas, se registró un deslizamiento en la zona sur de la compañía Minera El Brocal S.A. Se reportó 50 personas afectadas.
10/03/2005	Huaico en Huachón. Debido a las lluvias intensas se produjeron huaicos que afectaron varios tramos de carretera, aproximadamente 7 km, en el distrito Huachón, provincia Pasco.
09/11/2005	Inundación en Chaupimarca. A las 23:00 horas, se registró inundación a consecuencia del descongelamiento de la nevada y las aguas servidas del sector Nueva Esperanza, Misti, Buenos Aires, Residencia Bellavista y del Hospital de Essalud en el distrito Chaupimarca, provincia Pasco, llegando aguas al desembocamiento de un buzón que se obstruyó. Las aguas ingresaron al sótano del hospital afectando las oficinas, máquinas eléctricas y documentación.
08/04/2006	Inundación en Huamanmarca. A las 15:00 horas, a consecuencia de intensas lluvias se produjo inundación, afectando a varias viviendas y habitantes, en la localidad de Huamanmarca, distrito Tiaclayán, provincia Pasco. 65 personas afectadas y 11 viviendas urbanas afectadas.
16/06/2006	Derrumbe en Junipalca. A las 17:30 horas, se registró un derrumbe, a consecuencia de lluvias fuertes, destruyendo a una vivienda en la localidad de Junipalca, distrito San Francisco de Asís de Yarusyacan, provincia Pasco. Se registraron 11 personas damnificadas y una vivienda urbana destruida.
10/01/2007	Inundación en los sectores Alto Pichis, Bajo Pichis y Centro Pichis. Se produjeron inundaciones por el desborde del río Pichis, a consecuencia de las intensas precipitaciones pluviales en el distrito Puerto Bermúdez, provincia Oxapampa. Se registró: 400 personas afectadas, 368 damnificadas y dos fallecidas; 80 viviendas urbanas afectadas y 73 destruidas; 1 km de carretera afectada y 130 km destruidas; 600 ha de terreno natural afectados y 446 hectáreas destruidos.
31/12/2007	Deslizamiento en el cerro Mirador. A las 14:15 horas como consecuencia de intensas precipitaciones pluviales, se produjo el deslizamiento del cerro Mirador, en una extensión de 200 m de altura por 100 m de ancho en la localidad de Mesapata en el distrito y provincia de Oxapampa. Se reportó 93 personas afectadas, 16 damnificadas y seis fallecidas; 35 viviendas urbanas afectadas y seis destruidas.

Fecha	Evento y descripción
10/02/2007	Derrumbe en el cerro Huampal. A consecuencias de las intensas precipitaciones pluviales, se produjo el derrumbe del cerro Huampal, en el poblado Yulitunqui. Afectó la carretera que une Yulitunqui con Pozuzo en varios tramos y 1.2 km de carreteras destruida.
31/03/2007	Deslizamiento en Batanchaca. A las 19:00 horas como consecuencia de intensas precipitaciones pluviales, se produjo el deslizamiento del cerro trayendo consigo piedras y lodos, causando peligro en la población Batanchaca, distrito San Francisco de Asís de Yarusyacán, provincia Pasco, generando alto riesgo por la ocurrencia de un nuevo deslizamiento; dejó 20 viviendas urbanas destruidas.
09/04/2009	Inundación en San Antonio. A consecuencia de las fuertes precipitaciones pluviales, se desbordó el río La Sal, afectando a los pobladores y viviendas en el distrito Villa Rica, provincia Oxapampa. Se registró como daños: 70 personas afectadas y 47 damnificadas; un centro educativo, dos locales comunales afectados, una oficina pública destruida, un templo religioso afectado; 15 viviendas destruidas, 100 m de carretera afectada, un puente y 0.5 ha de terrenos de cultivos afectados.
06/2009	Inundación lagunar en Chaupimarca. En el distrito Chaupimarca, el desnivel entre el espejo de agua de la laguna Yana Mate y la plataforma de la carretera es de aproximadamente 1m. Se observan, también, otros afloramientos de agua subterránea al otro extremo de la carretera. Afectó 250 m de carretera asfaltada que conduce hacia Cerro de Pasco y otros poblados de la zona central del país.
16/02/2010	Huaico en la quebrada San Pedro. Se produjo un huaico en la quebrada San Pedro, dejando: 25 personas afectadas y dos damnificadas; siete viviendas afectadas y una destruida; 2 km de carretera afectada; cuatro hectáreas de cultivo afectados en la localidad de San Pedro de Mallampampa, distrito Huancabamba, provincia Oxapampa.
16/04/2010	Huaicos en el distrito Huancabamba. Se produjeron huaicos, en los caseríos Pampa Chica, San Carlos, San Daniel y Sinchi Pampa. Tres personas afectadas y 184 damnificadas; 49 viviendas y una institución educativa afectadas; 2 Has de cultivo y 100 m de carretera destruidas.
22/03/2010	Inundación en el distrito Palcazú. Debido a las intensas lluvias se produjeron inundaciones en las aldeas nativas: Centro Castilla, Centro Camparachimas, Centro Esperanza, Palma, Pampa Hermosa, Puerto Alegre, San Carlos, San Francisco de Chuchurras, San Juan, Santa Rosa de Chuchurras y Villa América, Centro Lagarto y Convento Palcazú. Se reportó: 560 personas afectadas, 188 damnificadas y una herida; 37 viviendas afectadas y 22 destruidas; una institución educativa destruida, 2 km de carretera afectada; dos puentes afectados y uno destruido; 340 ha de terreno de cultivo destruidas, 100 ha afectadas y 20 ha destruidas.
18/04/2011	Deslizamiento-flujo en Santiago Pampa. Se registró un deslizamiento con actividad retrogresiva, de velocidad lenta a moderada. Su corona de forma semicircular con aproximadamente 70 m de longitud. Este deslizamiento se comportó finalmente como un flujo de tierra con velocidad rápida represando el río Yanahuanca por unas horas. Causó la pérdida de una vida humana, obstruyó un tramo de 145 m de la carretera que conecta a Yanahuanca con otros distritos, afectó terrenos agrícolas, inundó la terraza cercana al poblado Santiago Pampa.
08/2011	Derrumbes, caída de rocas y asentamientos en el AA.HH Uliachin, Tupac Amaru. En el distrito Chaupimarca, se registraron derrumbes, caída de rocas y asentamientos en las viviendas. Se pueden asentar viviendas hasta de dos niveles.
09/2011	Caídas de rocas - AA.HH. Uliachin Sector VI. En el distrito Chaupimarca, derrumbes detonados por precipitaciones pluviales excepcionales, así como por movimientos sísmicos. Viviendas y terrenos de cultivos agrietados.
23/01/2014	Deslizamiento en Agua Salada y Tunqui. En el distrito Huancabamba, autoridades y pobladores del sector Agua Salada y Tunqui informaron que, en la parte alta del sector donde se ubican sus viviendas, han podido observar agrietamientos que podrían generar deslizamientos de tierra y la única vía de comunicación que une a los distritos de Pozuzo con Huancabamba, pertenecientes a la provincia Oxapampa. Afectó a 93 personas, posible desaparición de la plataforma de la carretera que une al distrito Huancabamba con Pozuzo, ubicado entre la quebrada Agua Salada y río Tunqui. Posible embalse de agua por desprendimiento de material ubicado entre la quebrada Agua Salada y el río Tunqui, la que afectaría a los pobladores ubicados en la parte baja del distrito de Pozuzo.

Fuente: Elaboración propia de la base de datos de INGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 1980; Luque & Rosado, 2013; entre otros) y compendios estadísticos de INDECI (1995-2012).

6.3 PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA REGIÓN

Los peligros geológicos por movimientos en masa, los peligros geohidrológicos (erosión fluvial e inundaciones) y los peligros geológicos⁴ (erosión de laderas) fueron cartografiados utilizando los mapas topográficos del IGN, e inventariados utilizando una “ficha o formato de inventario” de fácil llenado, donde se consignan datos morfométricos, geomorfológicos, geológicos, geotécnicos y de evaluación del peligro, en forma adecuada.

Cada ocurrencia tiene un código de identificación, que ha sido asignado de acuerdo con la numeración de la hoja topográfica del IGN a escala 1:100 000. Los datos consignados en las fichas fueron ingresados en una base de datos y trabajados en un SIG, lo cual permitió su representación gráfica, debidamente ilustrada con ejemplos de los tipos principales de movimientos en masa (Mapa 6). Permitted a la vez la actualización del banco de datos de peligros geológicos del Perú, y efectuar análisis estadísticos sobre frecuencia y ocurrencia. Cada ocurrencia adicionalmente tiene una o más fotografías ilustradas.

Durante el año 2003, el INGEMMET desarrolló el estudio Riesgos Geológicos de la franja No.4, entre los paralelos 10°00' y

12°00' de latitud sur, en cuya parte central se encuentra la región Pasco, y en los años 2011 y 2012 el estudio Mapa de Riesgos Geológicos por Regiones: Lima, Pasco y Junín. La conjugación de los datos existentes de ambos estudios registra un total de 980 procesos geológicos (Gráfico 6.1).

Cabe precisar que la cartografía de estos eventos representada en el mapa geomorfológico de la región muestra una mayor cantidad de ocurrencias, algunas no cuentan con ficha de inventario, pues proceden de los trabajos de interpretación de imágenes, por lo que en trabajos de evaluación del peligro se debe usar en forma conjunta el mapa de inventario de peligros y el mapa geomorfológico.

En el Gráfico 6.2 se aprecia un primer análisis estadístico con las ocurrencias de peligros geológicos inventariados según su tipo de origen en la región Pasco. Los movimientos en masa representan la mayor cantidad de ocurrencias con un total de 739 eventos, que representa el 75.4 % del total; peligros geohidrológicos con 142 ocurrencias (14.5%) y, finalmente, otros peligros geológicos tienen 99 ocurrencias (10.1%).

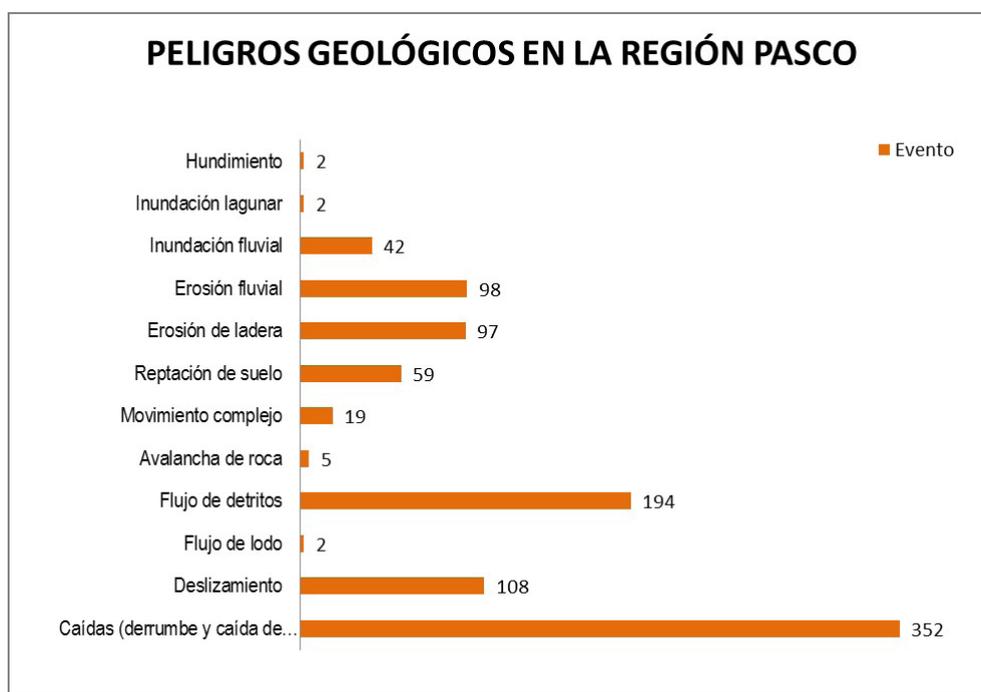


Gráfico 6.1 Inventario de peligros geológicos en la región Pasco.

⁴ Entre otros peligros geológicos se encuentran la erosión de laderas, hundimientos, impacto de meteoritos y arenamiento entre otros.

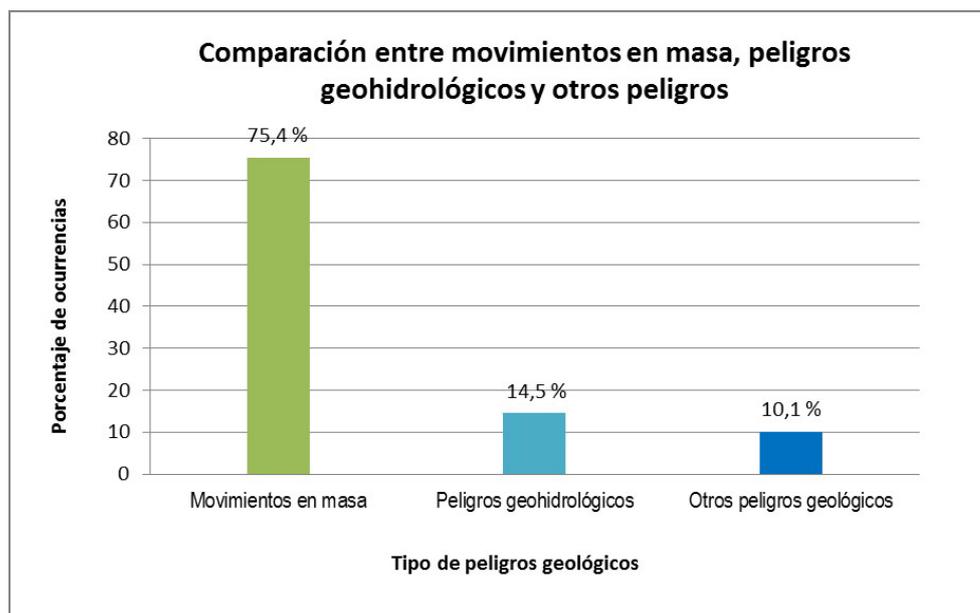


Gráfico 6.2 Ocurrencia de peligros geológicos.

6.3.1 Movimientos en masa

En la región Pasco, por sus características geomorfológicas, climáticas e influencia sísmica se encuentra expuesta a la ocurrencia de movimientos en masa. Estos han sido identificados por medio de la interpretación de fotos aéreas, imágenes satelitales y con ayuda del Google Earth, las cuales fueron además verificadas en campo.

Muchos se encuentran activos por lo que se recomienda que el inventario de peligros geológicos por movimientos en masa realizado en la región sea siempre utilizado en los trabajos de evaluación de peligros y estudios de prefactibilidad; algunos otros son antiguos, inactivos o estabilizados y también es importante considerarlos.

Las evidencias en el terreno que sugieren la presencia de un proceso de movimiento en masa activo o antiguo, han sido reconocidas en base a dos tipos de geoformas: 1) Acumulaciones de material cuaternario asociados a movimientos de ladera que implican procesos gravitacionales (abanicos, conos, "hummocks" o colinas de material caótico, talus de detritos o canchales, cierres de valles o represamientos naturales); 2) Canales o surcos de erosión fluvial y pluvial, cárcavas, cicatrices de deslizamientos, ruptura de pendiente en afloramientos rocosos (caídas, derrumbes y vuelcos), escalonamiento de laderas o "terracillas" (reptación), socavamiento en la base de terraplenes, acantilados o terrazas, entre otros.

Una vez cartografiado estos fenómenos, los datos de campo e interpretación consignados en las fichas de inventario fueron

ingresados en la base de datos geocientífica del INGEMMET, en la que se tienen campos principales sobre tipo, causas (condicionantes y detonantes), estado o actividad del peligro, georeferenciación (Datum WGS1984), que trabajados posteriormente en un SIG permitió su representación gráfica. El mapa resultante presenta la distribución de los diferentes tipos de movimiento en masa identificados con ejemplos de cada uno de los tipos principales (Mapa 6). Esta información a su vez permite la actualización automática del Banco de Datos de Peligros Geológicos de Perú para realizar análisis estadísticos sobre frecuencia en su ocurrencia o análisis bivariantes para diferentes procesos versus tipos de roca, pendiente, actividad, grado de peligro, etc., u otras combinaciones.

DISTRIBUCIÓN Y TIPOLOGÍA DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA

Los movimientos en masa están agrupados en cinco tipos: flujos (flujos de lodo, flujos de detritos, avalancha de rocas y avalancha de detritos), deslizamientos (rotacional y traslacional), caídas (caída de rocas y derrumbes), movimientos complejos (combinaciones de dos procesos), reptaciones, vuelcos y sus respectivas variaciones en función del tipo de material involucrado.

El cartografiado geomorfológico y geodinámico ha permitido diferenciar procesos de movimientos en masa, tomando como base de la clasificación de Varnes (1978) y Hungr et ál (2001), y la terminología sobre Movimientos en Masa en la Región Andina preparado por el Grupo GEMMA (PMA: GCA, 2007). La ocurrencia de estos eventos, en su mayoría periódicos, tienen como origen o causas principales las siguientes:

- Litología del substrato. En muchos casos es de mala calidad geotécnica, tanto por su grado de meteorización y/o fracturamiento. Existen materiales más susceptibles que otros, por ejemplo, la presencia de arcillas expansivas. Esto estará determinado por su grado de cohesión, fricción interna, presencia de fallas, diaclasas, planos de estratificación, de exfoliación, buzamiento de los estratos, discontinuidades litológicas con alternancia de materiales duros y blandos, o por permeabilidades e impermeabilidades. Esto condiciona mayor erosión en el suelo residual generado y mayor disponibilidad en las rocas fracturadas, denominadas también características intrínsecas relacionadas con la resistencia de los materiales y los estados de esfuerzos.
 - Lluvias de gran intensidad - corta duración, o de moderada intensidad - larga duración. Generalmente, localizadas en las cabeceras de ríos y/o quebradas, que humedecen y saturan materiales poco o nada coherentes, porosos e intensamente fracturados; ocasionan, por un lado, la erosión por escorrentía pluvial en terrenos impermeables y, por otro, la infiltración que ayuda al incremento de la presión intersticial (en el caso de suelos permeables), disminuyendo el esfuerzo cortante.
 - Temperatura y humedad. En zonas frías se producen deformaciones en el terreno por periodos de congelamiento y rápido deshielo de suelos; en climas subhúmedos a semiáridos, donde se alternan periodos secos y húmedos, se ve favorecida la formación de grietas en suelos arcillosos y su expansión debido a variaciones en su estado de humedad, así también la formación de grietas favorece la infiltración de agua. Los cambios bruscos de temperatura producen la expansión y contracción de los materiales que conforman suelos y rocas, fenómeno que favorece su debilitamiento; por último, fuertes vientos pueden provocar desprendimientos de materiales incoherentes en taludes y escarpes.
 - Presencia de filtraciones y manantiales. El agua en el suelo de tipo gravitacional o capilar es un elemento que interviene en la ocurrencia de movimientos en masa; por tanto, esta puede disminuir el ángulo de fricción interna entre horizontes, capas de estratos, debido a las presiones hídricas generadas. Puede también reducir la cohesión entre partículas o suelos, debido a tensión capilar, hasta sobrepasar el límite de plasticidad o bien hasta producir el flujo (límite líquido). Los suelos pueden cambiar de estado sólido a líquido cuando aumenta los contenidos de humedad y simultáneamente sufren impulso (la atracción gravitacional en terrenos de fuerte pendiente) o un choque (vibración sísmica en zonas más planas) que promueven su flujo, en este estado los materiales fluyen por su propio peso en terrenos confinados o se deforman en laderas rectas y convexas de poca inclinación. El agua también aumenta el peso de los materiales al rellenar los espacios porosos.
 - El tipo de vegetación. También influencia en la ocurrencia de movimientos en masa; por ejemplo, cuando se tienen árboles de raíces superficiales o deforestan para sembrar pastos, estos no amarran el suelo, ni retiene los movimientos, ni tampoco absorben el exceso de agua infiltrada a alguna profundidad, como sucede con la especie de raíces profundas y ávidas de agua, como el eucalipto. El pastoreo y pisoteo excesivo de ganado en los terrenos de ladera favorecen la ocurrencia de movimientos en masa.
 - Pendiente natural de los terrenos o laderas. El grado de pendiente determina, en gran medida, la velocidad del movimiento, en terrenos con pendientes entre 5° y 30° se producen todo tipo de movimientos en masa más o menos lenta, por encima de los 30° ocurren con mayor frecuencia movimientos rápidos; en pendientes verticales a subverticales se producen caídas de rocas, por ser escasa la presencia de suelos. Las modificaciones de los taludes, hechos tanto en los cortes de la carretera u otro talud de corte, dejan zonas inestables.
 - Existencia de depósitos antiguos de remoción en masa. Potentes, con presencia de escarpes de deslizamientos o derrumbes, reactivados por erosión fluvial o socavamiento del pie del valle, infiltraciones naturales y de riego.
 - La actividad antrópica. Reflejada en trabajos de construcción de vías férreas, carreteras, presas, túneles, labores agrícolas; los trabajos de explotación de canteras y demás actividades mineras, tala y quema de bosques, etc., hacen que los suelos se tornen más propensos a la ocurrencia de movimientos en masa. Las operaciones de mina en el borde del tajo este con disposición de material estéril, inestable susceptible de remoción con lluvias estacionales, provocan derrumbes y generación de flujos. vibraciones y modificaciones antrópicas
- Todos estos factores influyen en la ocurrencia de movimientos en masa, y pueden cambiar con el tiempo; por ejemplo, la meteorización que actúa sobre una roca puede con el tiempo generar horizontes de suelos donde antes no había, estos suelos pueden ser propensos a la ocurrencia de un movimiento en masa.
- A continuación, describimos de manera general los procesos de movimientos en masa encontrados de acuerdo con su tipología:
- ### CAÍDAS
- Caída de rocas.** Ocurren en las laderas de montañas y colinas de moderada a fuerte pendiente, frentes rocosos escarpados, montañas estructurales asociadas a litologías de diferente naturaleza (sedimentaria, ígnea y metamórfica), sujetas a fuerte fracturamiento, así como, en taludes al efectuarse cortes en laderas para obras civiles (carreteras y canales). (Figura 6.1).

Derrumbe. Es la disgregación generalmente de roca, que forma en la base un depósito caótico de material grueso. Es producido también por el socavamiento de la base de riberas fluviales, áreas costeras, acantilados rocosos, en laderas de moderada a fuerte pendiente, por acción de lluvias, movimientos sísmicos y antrópica (cortes de carreteras o áreas agrícolas). (Figura 6.2).

FLUJOS

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978).

Flujos de detritos. Comúnmente conocidos como “huaicos”, son muy comunes en nuestro país debido a la configuración del relieve en el territorio, constituido por altas montañas, vertientes pronunciadas, estribaciones occidentales sumamente áridas con rocas y suelos deleznable o susceptibles de remoción con aguas de lluvia. Los flujos de detritos son corrientes que se caracterizan por

ser muy rápidos a extremadamente rápidos, de detritos saturados, no plásticos (índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes.

Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal principal y finalmente los depositan en abanicos de detritos. Sus depósitos tienen rasgos característicos como albardones o diques longitudinales, canales en forma de U, trenes de bloques rocosos y grandes bloques individuales (Figura 6.3). Los flujos de detritos desarrollan pulsos usualmente con acumulación de bloques en el frente de onda. Como resultado del desarrollo de pulsos, los caudales pico de los flujos de detritos pueden exceder en varios niveles de magnitud a los caudales pico de inundaciones grandes. Esta característica hace que los flujos de detritos tengan un alto potencial destructivo.

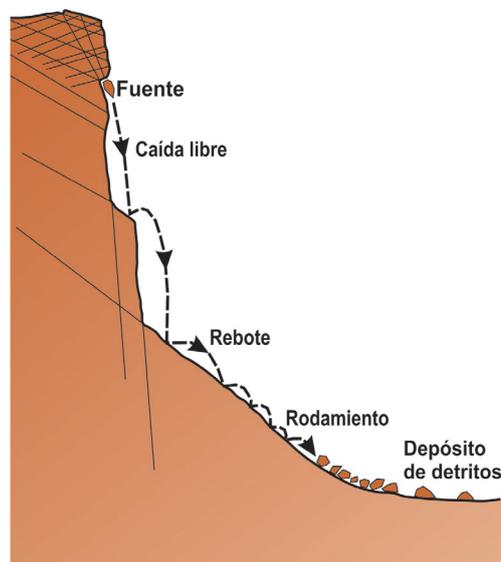


Figura 6.1 Esquema de caída de rocas (Varnes, 1978).



Figura 6.2 Esquemas de derrumbes.

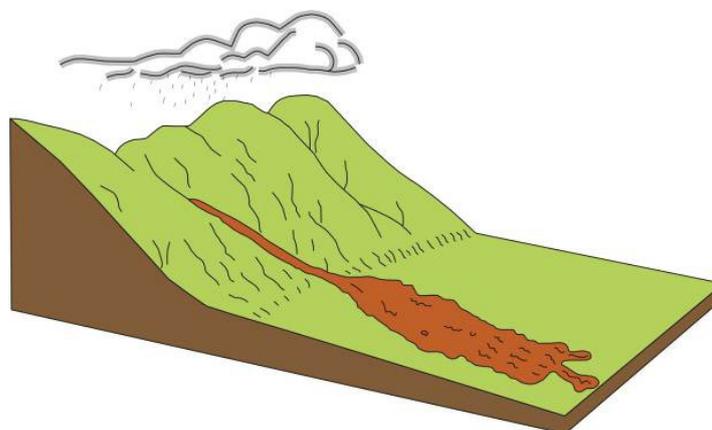


Figura 6.3 Flujo de detritos.

Flujo de lodo. Es un flujo canalizado muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados plásticos, cuyo contenido de agua es significativamente mayor al del material fuente (índice de plasticidad mayor al 5%). El carácter de este tipo de movimiento es similar al del flujo de detritos, pero la fracción arcillosa modifica la reología del material. También, se distingue de los deslizamientos por flujo de arcilla, en que el flujo de lodo incorpora agua superficial durante el movimiento, mientras que el deslizamiento por flujo ocurre por licuación in situ, sin un incremento significativo del contenido de agua (Hungu et al., 2001). En algunos países de Sudamérica se denomina flujo o torrente de barro.

Flujo de tierra. Es un movimiento intermitente, rápido o lento, de suelo arcilloso plástico (Hungu et al., 2001). Los flujos de tierra desarrollan velocidades moderadas, con frecuencia de

centímetros por año; sin embargo, pueden alcanzar valores hasta de metros por minuto (Hutchinson, 1998). El volumen de los flujos de tierra puede llegar hasta cientos de millones de metros cúbicos. Las velocidades medidas en flujos de tierra generalmente están en el intervalo de 10-5 a 10-8 mm/s; y, por tanto, son generalmente lentos o extremadamente lentos.

Avalancha de rocas. Son flujos de gran longitud extremadamente rápidos, de roca fracturada, que resultan de deslizamientos de roca de magnitud considerable (Hungu et al., 2001). Pueden ser extremadamente móviles y su movilidad parece que crece con el volumen. Sus depósitos están usualmente cubiertos por bloques grandes, aun cuando se puede encontrar bajo la superficie del depósito material fino derivado parcialmente de roca fragmentada e incorporada en la trayectoria. Algunos depósitos de avalanchas pueden alcanzar volúmenes del orden de kilómetros cúbicos y

pueden desplazarse a grandes distancias; con frecuencia son confundidos con depósitos morrénicos.

Las avalanchas de rocas pueden ser muy peligrosas, pero afortunadamente no son muy frecuentes incluso en zonas de alta montaña. Algunas avalanchas de roca represan ríos y pueden crear una amenaza secundaria posterior, asociada al rompimiento o colmatación de la presa. Las velocidades pico alcanzadas por las avalanchas de rocas son del orden de 100 m/s, y las velocidades medias pueden estar en el rango de 30-40 m/s.

DESLIZAMIENTO

Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca, cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. En la clasificación de Varnes (1978), se diferencian los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en dos tipos: traslacionales y rotacionales. (Figura 6.4).

MOVIMIENTOS COMPLEJOS

Su denominación está dada por la conjunción o combinación de dos o más procesos de movimientos en masa en un sector. En la región, los derrumbes —flujos, deslizamiento—, flujos u otro movimiento en masa (Figura 6.5).

REPTACIONES

Algunos procesos de reptación han sido reconocidos sobre terrenos con morfología suave a moderada, caracterizados por la presencia de aguas de infiltración. Su evolución es lenta a muy lenta, a veces no perceptible en el tiempo.

La remoción de cobertura vegetal o suelo en forma aislada, la formación de terracillas aisladas o formas conocidas como “pisada de vaca”, inclinación de árboles en dirección de la pendiente son algunas de las evidencias visuales más notorias (Figura 6.6).

FRECUENCIA DE OCURRENCIA

En la región Pasco hay referencias de un moderado a alto índice de ocurrencias de eventos peligrosos en el período histórico o reciente (movimientos en masa detonados por sismos y lluvias). La mayor cantidad de movimientos en masa, ocurridos en la región, se asocian tanto a eventos extremos hidroclimáticos y movimientos sísmicos.

En años normales debido a sus características intrínsecas y externas (clima), en la región son también frecuentes procesos de huaicos, afectando principalmente las carreteras; en estas rutas debido a los cortes inadecuados de los taludes también son frecuentes los desprendimientos de rocas y derrumbes.

El análisis estadístico en la ocurrencia de movimientos en masa inventariados (739 ocurrencias) se aprecia en el Gráfico 6.3. Muestra a las caídas de rocas y derrumbes (352), en primer lugar, los flujos de detritos y de lodo (196), deslizamientos (108), reptaciones (59), movimientos complejos (19) y avalancha de rocas (5).

La distribución de las tipologías se correlaciona estrechamente con la naturaleza de las series depositadas entre las que abundan los materiales arcillo-limosos, calizas y conglomerados. El Cuadro 6.2 y el Gráfico 6.4 muestran que las caídas (caída de rocas y derrumbes) se asocian a calizas, conglomerados, areniscas; los deslizamientos se asocian a materiales compactos como son las calizas, limoarcillitas y los conglomerados, areniscas cementados del Pérmico al Cretácico; el 41.8% de los flujos se asocian a depósitos aluviales (conglomerados, arenas y limos), siempre afectando a espesores muy someros; y los movimientos complejos (31.6%) se originan en rocas sedimentarias de los grupos Goyllarisquizga y Pucará, entre otros, y rocas volcánico-sedimentarias del Grupo Mitu; el 52.5 % de las reptaciones se dan en areniscas, lodolitas y limoarcillitas de la Formación Casapalca y Cercapuquio.

En el Gráfico 6.5, se muestra un análisis estadístico de ocurrencias de peligros geológicos por movimientos en masa inventariadas en la región, en función a la tipología similar:

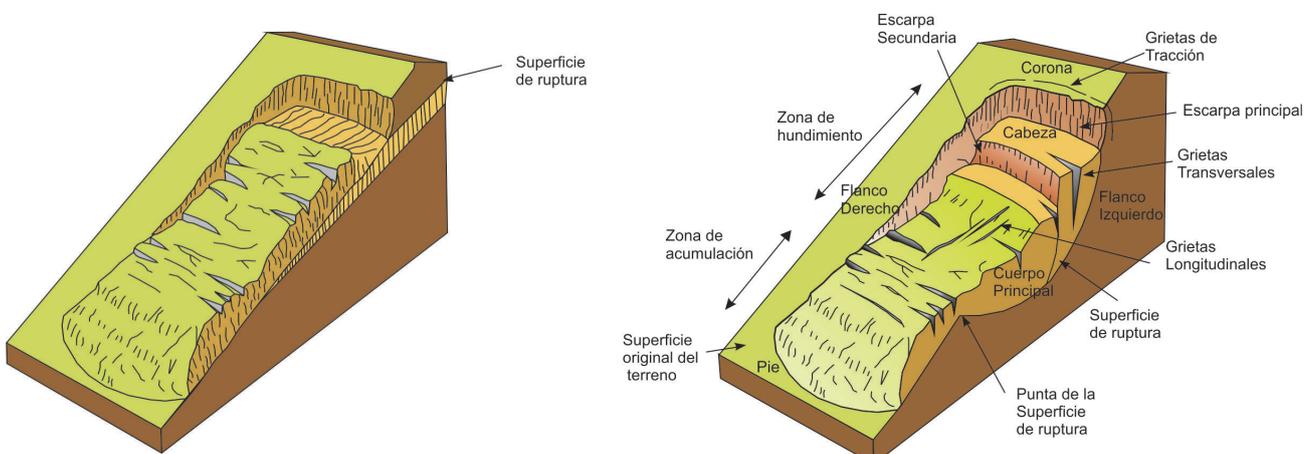


Figura 6.4 Tipos de deslizamiento: a) deslizamiento traslacional, b) deslizamiento rotacional.

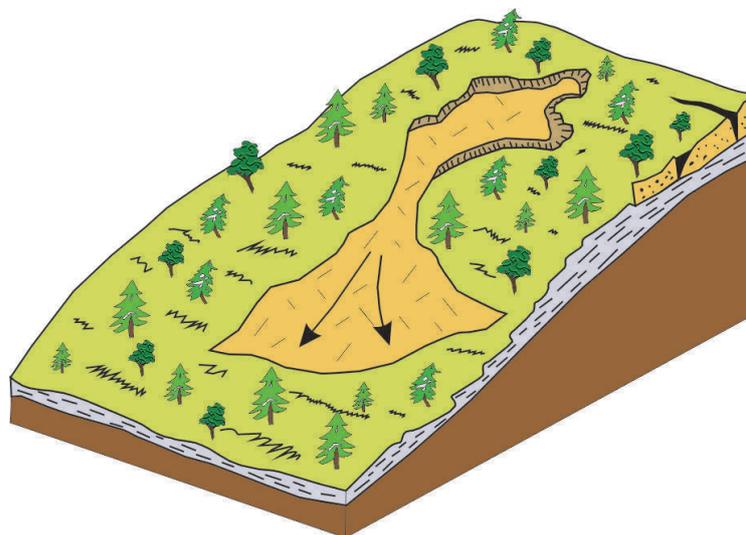


Figura 6.5 Esquema de movimiento complejo.

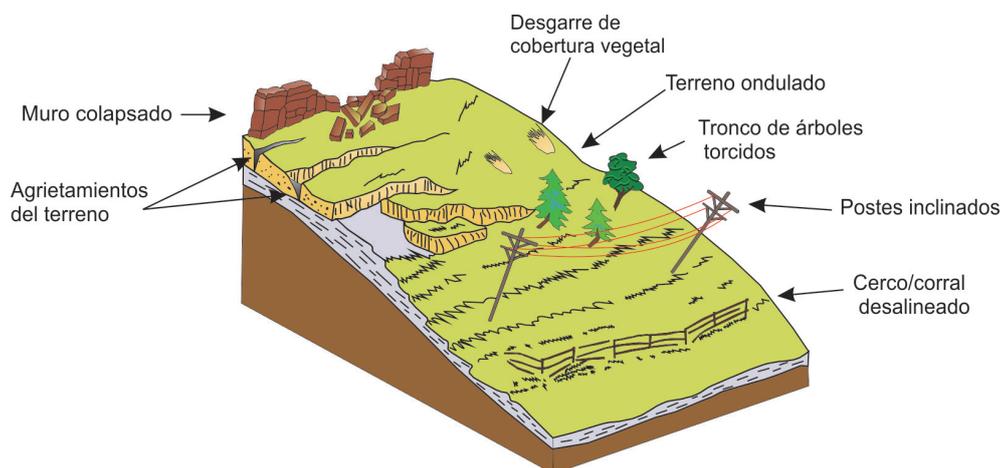


Figura 6.6 Esquema de reptación.



Gráfico 6.3 Ocurrencias de movimientos en masa en la región Pasco.

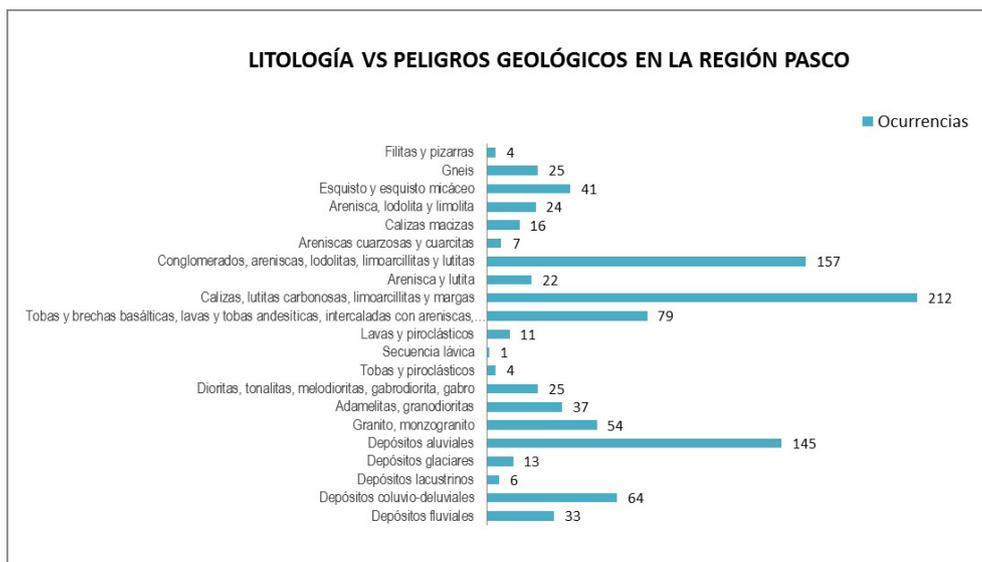


Gráfico 6.4 Litología vs peligros geológicos en la región Pasco.

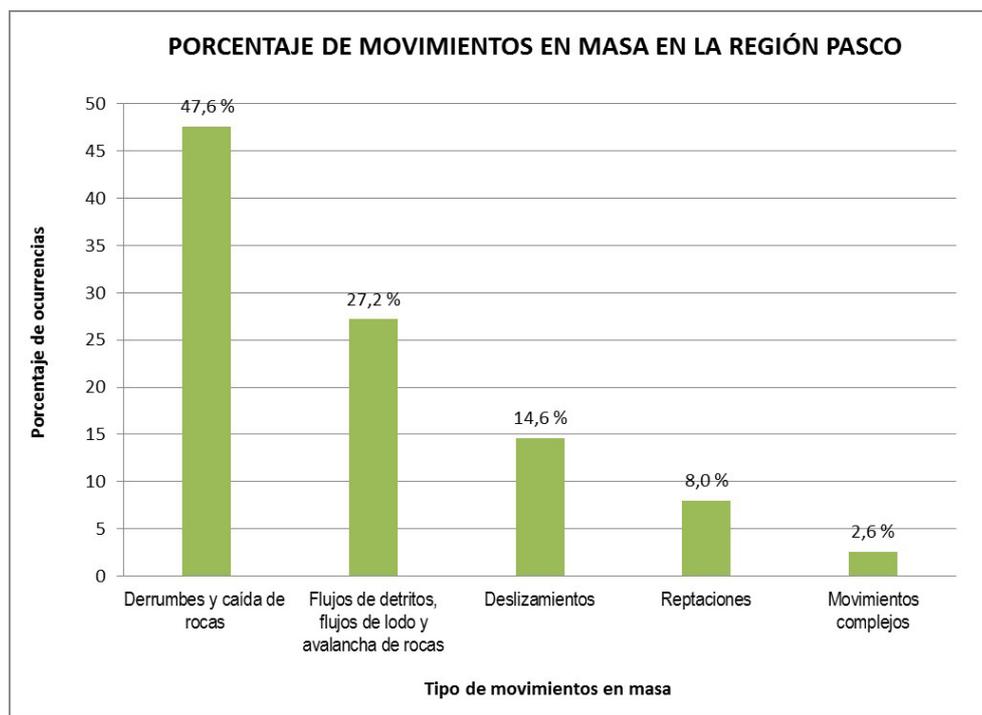


Gráfico 6.5 Porcentaje de ocurrencias de movimientos en masa en la región Pasco.

Cuadro 6.2
Porcentaje de la distribución de movimientos en masa según su litología

Unidad Litológica	Caídas	Deslizamientos	Flujos	Mov. Complejos	Reptación
Depósitos fluviales, aluviales	12	6	84	4	5
Depósitos coluvio-deluviales	57	0	4	0	2
Depósitos lacustrinos	0	1	0	0	1
Depósitos glaciares	5	1	5	0	0
Granito, monzogranito	26	6	2	4	1
Adamelitas, granodioritas	15	8	4	1	0
Dioritas, tonalitas, melodioritas, gabrodiorita, gabro	18	2	3	0	0
Tobas y piroclásticos	4	0	0	0	0
Secuencia lávica	1	0	0	0	0
Lavas y piroclásticos	4	1	1	1	2
Tobas, lavas y tobas andesíticas, intercaladas con areniscas, lutitas y conglomerados	29	2	15	1	5
Calizas, lutitas carbonosas, limoarcillitas y margas	80	30	35	6	10
Arenisca y lutita	10	7	3	0	0
Conglomerados, areniscas, lodolitas, limoarcillitas y lutitas	49	19	24	2	31
Areniscas cuarzosas y cuarcitas	4	0	2	0	0
Calizas macizas	12	1	3	0	0
Arenisca, lodolita y limolita	8	1	8	0	0
Esquisto y esquisto micáceo	11	14	3	0	0
Gneis	4	9	5	0	2
Filitas y pizarras	3	0	0	0	0
Número de movimientos en masa inventariados	352	108	201	19	59

-Derrumbes y caída de rocas (47.6 %). Constituyen la mayor cantidad de ocurrencias con 352 eventos inventariados. Se presentan en muchos sectores de la región, en función al tipo de afectación (substrato rocoso), sucede un gran número de derrumbes y colapsos antiguos tanto en roca como suelo y escasos vuelcos; son comunes en las laderas naturales como cortes de carreteras, muchas veces influenciados por la fuerte pendiente de los taludes, mala calidad del substrato (fracturamiento, meteorización) u orientación desfavorable de las discontinuidades respecto al ángulo del talud. Las caídas de rocas son frecuentes en frentes montañosos, principalmente en coladas de lavas muy fracturadas, lavas en bloques o ignimbritas con disyunción columnar. Ocurren principalmente en calizas, limoarcillitas de las formaciones Chonta, Pucará, Chulec; conglomerados, areniscas y lodolitas de las formaciones Casapalca, Ipururo y Grupo Ambo. La región también presenta cobertura glaciaria que en los últimos años se ha visto disminuida, condicionando la ocurrencia de desprendimientos en forma de avalanchas de detritos de gelificación en sus vertientes, por efectos del cambio climático y retroceso glaciario, principalmente en el límite fronterizo entre las regiones Lima y Pasco, Cordilleras Rumi Cruz y Callejón.

Los derrumbes se localizan principalmente a lo largo de taludes de corte de carreteras que atraviesan rocas muy fracturadas y de mala calidad geotécnica como, por ejemplo, en las carreteras Puente Paucartambo-Oxapampa, Huancabamba-Pozuzo, Paucartambo-Villa Rica y Villa Rica-Puerto Bermúdez, que en cada periodo lluvioso cuando ocurren precipitaciones intensas de corta duración o precipitaciones intensas de corta duración o precipitaciones ligeras de larga duración, sobresaturan los terrenos produciendo el colapso del talud de la carretera, ocasionando interrupciones de tránsito, pérdidas económicas y malestar en los usuarios. Estos derrumbes han sido identificados a lo largo de las vías Carhuash-Huachón, Quiparacra-Mayan, Yanahuanca-Pampamarca, Villa Rica-San Juan de Cacazú, Huachón-Túnel Jancapunta y en los sectores Barro Blanco, Jarria, Machay, Gigantón y Pamacancha; se muestran algunos ejemplos en la Fotografía 6.1.

- Flujos de detritos, flujos de lodos y avalancha de rocas (27.2 %). En segundo lugar, se presentan 201 ocurrencias, principalmente en materiales de fácil susceptibilidad a la erosión pluvial (rocas sedimentarias como areniscas, calizas, conglomerados y capas rojas sedimentarias poco competentes). Se generan huaicos o flujos de lodo canalizados que interrumpen periódicamente tramos de carreteras y/o afectan áreas de cultivos en las laderas de los valles. Se distribuyen en toda la región; es así como se puede encontrar grandes depósitos de abanicos de flujos de detritos en los valles de los ríos Blanco, Chaupihuaranga, Río Seco, Paucartambo, Pozuzo. Muchos de estos cauces de ríos

o quebradas presentan grandes depósitos de flujos de detritos, principalmente los que drenan hacia la vertiente del Atlántico; sin embargo, no siempre se encuentran activos, estos solo se activan cuando se presentan lluvias excepcionales, lo que motiva la ocupación antrópica de los mismos, al existir grandes periodos de calma en las quebradas Agua Salada, Tigre, Huacamayo, Colpa, Talenga, Huascocha, y sectores como Yanahuanca y Huachón (Fotografía 6.2).

Las grandes avalanchas de rocas originaron cierres de valles fluviales las cuales se localizan a lo largo de laderas de pendientes abruptas que pueden configurar acantilados, conformados por rocas sedimentarias y volcánicas como el caso de Huayllay (Fotografía 6.3).

-Deslizamientos (14.6 %). Con 108 ocurrencias, tiene un área de afectación mayor que otros peligros, un importante número de procesos antiguos y recientes.

Los deslizamientos cartografiados en el área son antiguos y los que se encuentran involucran en su mayoría formaciones superficiales (residuo-coluviales), así como también al substrato rocoso muy fracturado y alterado. Muchos de los deslizamientos hoy activos, son procesos antiguos, reactivados o acelerados en su actividad en los últimos años, que se encuentran comprometiendo litologías de todos los tipos, y se asocian a materiales compactos como son sedimentarias (calizas, limoarcillitas, conglomerados, areniscas y lutitas), volcánico-sedimentarias (tobas intercaladas con areniscas y conglomerados), intrusivas (granitos y granodioritas) y metamórficas (esquistos y gneis), con poca área y volúmenes comprometidos hasta configurar verdaderos mega deslizamientos, como los que se encuentran en los sectores Yacan, Mito, Pocogey, Huiguayan, Goyllarisquiza y Chipipata en la provincia Daniel A. Carrión, Yanapampa, Jarapampa, Huaychao en la provincia de Pasco, entre otros (Fotografía 6.4). En su mayoría son del tipo rotacional, presentando escarpas antiguas semicirculares a rectas del orden de pocas centenas de metros de longitud. Solo algunas cicatrices o escarpas se aprecian en la ladera, pero ya cubiertas por las zonas agrícolas y andenerías que aseveran la ocurrencia de movimientos en masa en el pasado.

-Reptaciones (8.0 %). Los procesos de reptación de suelos con 59 ocurrencias se encuentran distribuidos a lo largo de bofedales, altiplanicies y zonas periglaciares. Generalmente, afectan zonas de laderas de moderada a suave pendiente con pastizales y escasos taludes de carreteras como en la carretera a Vinchos (km 25+800). Al afectar la cobertura de suelos superficiales, pueden constituir el proceso inicial de deslizamientos, derrumbes o movimientos complejos como en los sectores Chinche, Iscozacín, Michiyoc, Loma Linda, San Juan de Cacazú, Alto Ocoñal, La Limeña, Polvorín, entre otros (Fotografías 6.5 y 6.6).



Fotografía 6.1 Derrumbes en talud superior de carreteras A) sector Mayan; B) en forma de canchales de detritos en el sector San Juan de Rabi; C) km 13+000 de la carretera Quiparacra-Mayan; D) carretera Villa Rica-Puerto Bermúdez; E) derrumbes en la margen derecha del río Pozuzo, carretera Huancabamba-Pozuzo.



Fotografía 6.2 Flujos de detritos A) Flujo en carretera Huancabamba-Pozuzo, en el Parque Nacional Yanachaga; B) Flujo de detritos en río Blanco; C) Flujo antiguo en forma de abanico, el poblado de Mayan se encuentra asentado sobre este depósito; D) Flujo antiguo en margen izquierda del río Chaupihuaranga.



Fotografía 6.3 Avalancha de rocas en Huayllay.



Fotografía 6.4 Deslizamientos en el sector Huariaca.



Fotografía 6.5 Reptación en el sector Chinche.



Fotografía 6.6 Reptación en el sector Gallinazo, distrito Palcazú.

-Movimientos complejos (2.6%). Finalmente, se tiene este tipo de proceso con solo 19 ocurrencias inventariadas. Agrupa las ocurrencias combinadas de eventos de deslizamientos-flujos, derrumbes-flujos, deslizamiento-flujo de tierras, caída de rocas-flujo de detritos u otro movimiento en masa de carácter complejo como el ocurrido en Santiago Pampa donde falleció una persona, quedando interrumpida la carretera de acceso a Yanahuanca (Fotografía 6.7), Utcumano, cerro Bandera, entre otros.

6.3.2 Peligros geohidrológicos

Dentro de este tipo de peligro se ha considerado la inundación fluvial, lagunar y erosión fluvial o de riberas. Los procesos que se originan en función a la pendiente y morfología del cauce fluvial, terrazas bajas y llanuras de inundación; son generalmente inundaciones de tipo fluvial y erosión o socavamiento en las riberas o márgenes aluviales (terrazas), o procesos combinados⁵.

INUNDACIONES

La inundación fluvial se define como el terreno aledaño al cauce de un río, que es cubierto por las aguas después de una creciente (Dávila, 2006). Las causas principales de las inundaciones son las precipitaciones intensas, las terrazas bajas, la dinámica fluvial y en algunos casos la deforestación.

Las zonas inundables son aquellas que durante eventos normales a extraordinarios (lluvias promedio con avenidas estacionales y lluvias intensas con avenidas poco frecuentes), son anegadas o inundadas, siendo estas principalmente adyacentes a los ríos y cursos de aguas, conocida como llanura de inundación.

La llanura de inundación corresponde a aquellos terrenos sujetos a inundaciones recurrentes con mayor frecuencia. Son, por tanto, "propensas a inundación" y un peligro para las actividades de desarrollo si la vulnerabilidad de esta excede un nivel aceptable. Se puede considerar desde perspectivas diferentes: como categoría topográfica es plana y se encuentra al lado un río; geomorfológicamente, es una forma de terreno compuesto de material depositado no consolidado, derivado de sedimentos transportados por el río; hidrológicamente es definida como una

forma de terreno sujeta a inundaciones periódicas por un río. Una combinación de estas tres características cubre los criterios esenciales para definirla (Schmudde, 1968).

Los sectores en donde se generan estos procesos son variables, siendo la morfología un factor fundamental en la determinación de zonas susceptibles. Para identificar las áreas de inundación se utilizan criterios geológicos (tipo de lecho del cauce y márgenes), hidrológicos (huellas de eventos anteriores ya sea periódicos o excepcionales), geomorfológicos (altura de terrazas, divagación del cauce), y de vegetación (tipo y edad de vegetación presente en las márgenes).

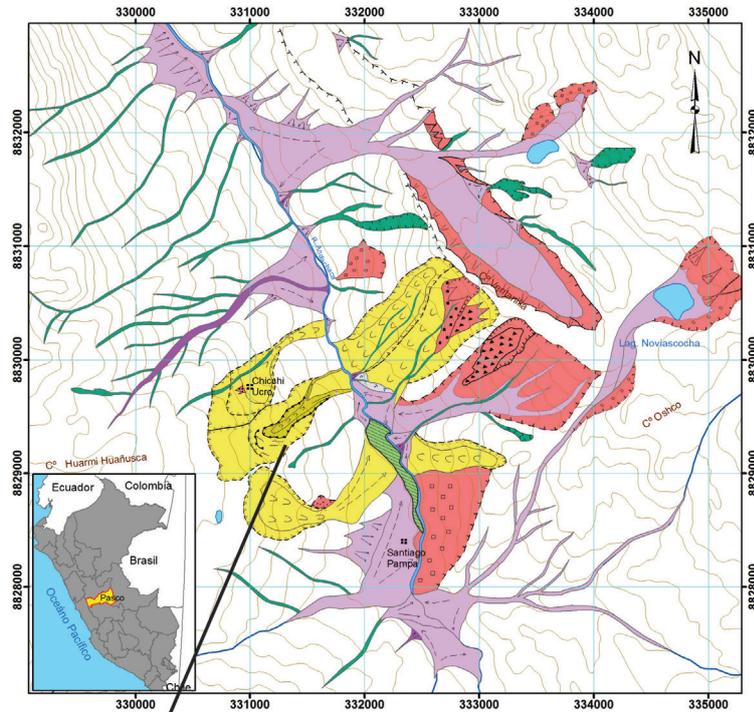
EROSIÓN FLUVIAL

Este fenómeno está relacionado con la acción hídrica de los ríos, socavando los valles, profundizándolos, ensanchándolos y alargándolos (Dávila, J., 1999). Ocurre cuando períodos con abundantes o prolongadas precipitaciones pluviales, en las vertientes o quebradas, aumentan el caudal de los ríos principales o secundarios que drenan la cuenca. El aumento de volúmenes de agua y sólidos en los ríos, quebradas secas (provocada por flujos de detritos o huaicos), erosionan su lecho y márgenes, modificando lo que depositó o acumuló en el periodo precedente. Como proceso geohidrológico, normalmente acompaña a las inundaciones y muchas veces es la que antecede a esta.

Los factores más importantes para la ocurrencia de erosión fluvial son la cobertura vegetal, la geomorfología y el clima.

La energía cinética del agua determina la intensidad de la erosión y depende de la energía potencial, que se debe a la diferencia de altura entre la zona donde discurre y el nivel del mar. La energía cinética no es uniforme a lo largo del curso del río y es mayor en el tramo alto, de mayor pendiente y menor en la desembocadura (Figura 6.7). Ello determina una erosión diferencial que modifica el perfil longitudinal del curso del río, evolucionando hacia un modelo teórico, el denominado perfil de equilibrio, en el que cada punto de este recibe por sedimentación la misma cantidad de materiales que pierde por erosión.

⁵ Los desbordes y erosión en los lechos fluviales pueden ser generados también como procesos secundarios a un movimiento en masa tipo huaico, cuando este se canaliza por su lecho, en donde se originan desbordamientos o albardones de material de lodo y agua. También por el embalse de su cauce por un deslizamiento o derrumbe que lo obstruye de forma natural, siendo en este caso afectado inicialmente aguas arriba (inundación), y posteriormente aguas abajo cuando se rompe el dique (de forma natural o inducida); en este caso se produce gran erosión.



Fotografía 6.7 Movimientos complejos (deslizamiento-flujo) en el sector Santiago Pampa.

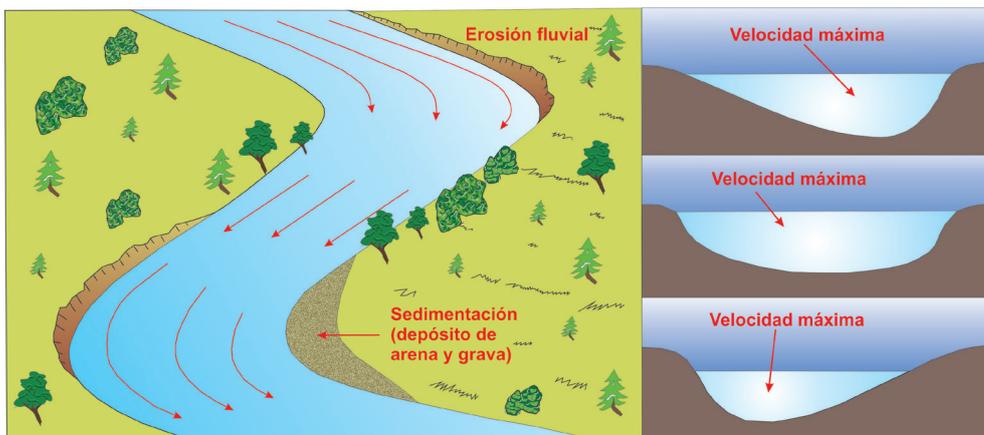


Figura 6.7 Esquema de erosión fluvial.

FRECUENCIA DE OCURRENCIA A INUNDACIONES Y EROSIÓN FLUVIAL

El análisis estadístico en la ocurrencia de peligros hidrológicos inventariados (142 ocurrencias) se aprecia en los gráficos 6.6 y 6.7. Las erosiones fluviales están en primer lugar (98), inundación fluvial (42) e inundación lagunar (2), representa el 14.5% del total de los peligros descritos. Estos procesos pueden presentarse asociados en algunas ocasiones.

Las ocurrencias de inundaciones y erosiones fluviales inventariadas en la región Pasco indican una regular frecuencia como se describe a continuación:

Inundaciones fluviales y lagunares (30.99%). Con 44 ocurrencias. La primera relacionada a los valles principales y tributarios mayores. Cuando se producen lluvias estacionales periódicas de carácter excepcional, debido a que la gran cantidad de precipitación caída en zonas de montaña, al concentrarse en los cursos de ríos y quebradas sobrepasa sus capacidades de carga, provocando desbordes e inundación de tierras adyacentes. El ensanchamiento del cauce de un río y la destrucción de parte de la llanura de inundación son resultados frecuentes durante la ocurrencia de estos fenómenos.

Las zonas en la región Pasco que son inundadas se ubican en la Faja Subandina y corresponden a las terrazas bajas y llanuras de inundación, ocurriendo cuando se presentan lluvias periódicas de carácter excepcional. Se incluye entre las zonas inundables, los cauces mayores y activos de los ríos Palcazú, Lagarto, Chuchurras, Pozuzo, Maíz, Huancabamba entre otros en la provincia Oxapampa (Fotografía 6.8), donde se asientan las ciudades de Constitución, Puerto Bermúdez, Churumazú, Iscozacín, Puente Paucartambo, entre otras. Las zonas donde suelen presentarse inundaciones y erosiones fluviales son las terrazas con alturas que varían entre 2 a 6 m.

En función a la pendiente y características geomorfológicas algunos sectores de la Altiplanicie Interandina y Cordillera Oriental con presencia de planicies glaciofluviales o vertientes moderadas, presentan tendencia a inundación o anegamiento debido a deficiencias de drenaje, presencia de bofedales o asociadas a quebradas o torrentes que se activan con lluvias excepcionales; en esta categoría se incluyen el sector de San Pedro de Pari y la laguna Yanamate, entre otros.

Erosiones fluviales (69.01%). Se presentan en muchos sectores de la región con 98 ocurrencias. Las causas principales son las intensas precipitaciones pluviales, ríos meandriformes o morfología del cauce, la dinámica fluvial, pendiente, material del suelo o substrato en las márgenes, deforestación, ocupación de áreas susceptibles, falta de defensas ribereñas, mal diseño de puentes (longitud, luz y estribos) y mala ubicación de estructuras.

Ocurre durante los periodos de lluvia cuando los ríos presentan caudales importantes. En algunos sectores se encuentran asociados con inundaciones; las áreas inundables se producen en el curso inferior del río y la erosión fluvial en el exterior de la curva donde la velocidad de la corriente de agua es mayor. En estos sectores ha sido necesario encauzar el río con gaviones o enrocados para controlar el proceso, como se ha realizado en el valle de los ríos Santa Rosa, Chaupihuaranga, Villa Rica y quebrada Lorencillo. En las zonas de San Carlos-Huancabamba, Villa Rica-Iscozacín, Iscozacín-Puerto Herrera, La Quinua-Barrio Santa María, carretera central (Ticlacayán-30 de Agosto, La Esperanza-Cajamarquilla), se encontraron tramos de carretera perdidos por la erosión fluvial del río Chorobamba (Fotografía 6.9). Se identificaron áreas urbanas o rurales afectadas por erosión fluvial en Puerto Iscozacín, La Esperanza, puente Quirishari, Tambochaca, Yanahuanca, Quiparacra, entre otros.

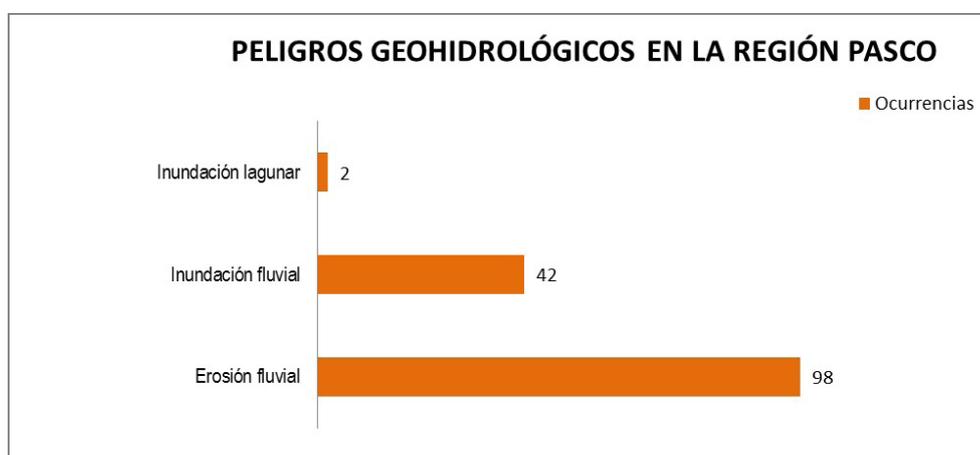


Gráfico 6.6 Ocurrencias de peligros hidrológicos en la región Pasco.

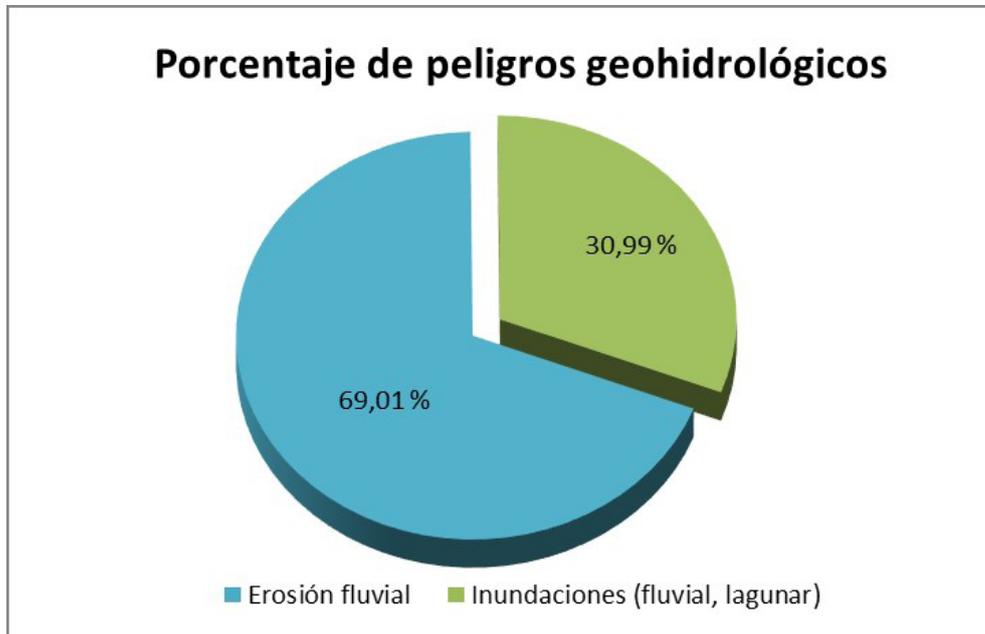


Gráfico 6.7 Porcentaje de peligros hidrológicos en la región Pasco.



Fotografía 6.8 Área sujeta a inundaciones en ambas márgenes del río Huancabamba.



Fotografía 6.9 A) Erosión fluvial en margen derecha de río Chorobamba que afecta tramo de 20 m de carretera de acceso a Huancabamba; B) Erosión fluvial en margen derecha del río Santa Rosa, camino rural a San Cristóbal.

6.3.3 Otros peligros geológicos

Las características geomorfológicas, condicionantes litológicas y aspectos geodinámicos en la región, la hacen susceptible a otros procesos geológicos, donde destacan la erosión de laderas (laminar, surcos y cárcavas) y hundimiento o karst.

La distribución estadística de los denominados otros peligros geológicos con un total 99 ocurrencias inventariadas, lo que representa el 10.1% del total de los peligros descritos.

EROSIÓN DE LADERAS

Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Comienza con canales muy delgados que a medida que persiste la erosión, pueden profundizarse a decenas de metros. La erosión está relacionada al proceso de escorrentía. Normalmente la escorrentía posee una profundidad pequeña, pocas veces superior a un centímetro. A partir de allí y con ayuda de la lluvia las partículas se movilizan en el sentido de la máxima pendiente y producen una excavación que tiende a aumentar con la velocidad de la erosión (Figura 6.8).

Las fuerzas que intervienen en este proceso son las siguientes:

- La componente vertical que socava el fondo.
- La componente horizontal que actúa en ambas márgenes produciendo derrumbes por socavamiento y ensanche.

- Debiendo también considerarse el escurrimiento superficial producto de las lluvias que discurren por las laderas de ambas márgenes en un valle o quebrada.

Todas estas fuerzas deben ser anuladas mediante obras de control, construyendo en el cauce de la quebrada cada cierta distancia pequeñas presas ya sea de madera o de piedra (Hylsky, 1970).

Este proceso es muy común en secuencias volcánico-sedimentarias (areniscas rojas y conglomerados con clastos subredondeados a angulosos de naturaleza volcánica, sedimentaria y metamórfica con intercalaciones de lavas grises) del Grupo Mitu y rocas sedimentarias como las capas rojas poco consolidadas del Grupo Mitu y Formación Casapalca.

Las laderas de montañas, lomadas y colinas son afectadas por estos procesos, desarrollando surcos y cárcavas, donde la incisión en el terreno es por medio de cárcavamientos con avances retrogresivos y laterales, que pueden llegar a desencadenar derrumbes, flujos, reptación y deslizamientos, como en el caso de Tapuc, Pomacancha, Huariaca y Alta de Jarcahuaca, entre otros. Cuando la erosión de laderas alcanza un estadio muy avanzado se forman los denominados “badlands o tierras malas”, como los que se pueden observar en las vertientes de la quebrada Tunaspampa, en la vía Huariaca-Huánuco, km 315 de la carretera Central y también entre Puente Paucartambo-Villa Rica (Fotografías 6.10 y 6.11).

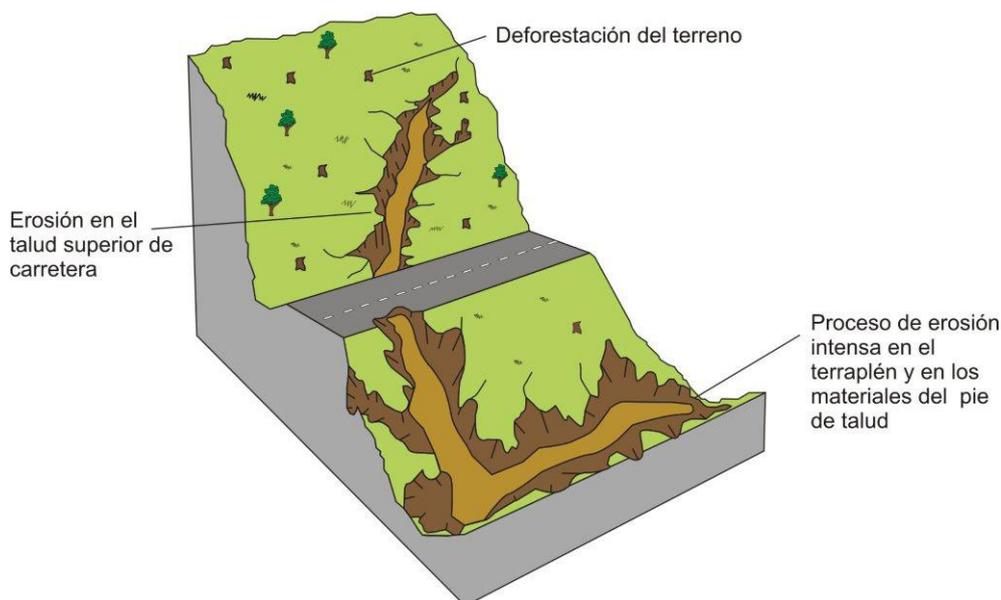


Figura 6.8 Erosión en cárcavas que afectan talud superior e inferior de carretera.



Fotografía 6.10 Erosión de laderas en Tunaspampa, en época de lluvia genera huacos.



Fotografía 6.11 Erosión de laderas en el sector Alta de Jarcahuaca.

HUNDIMIENTOS O KARST

Son originados principalmente por procesos kársticos, aunque también pueden ocurrir por depresión de la napa freática, licuación de arenas o deficiente compactación diferencial de suelos. En la región tienen escasa presencia y las encontradas están relacionadas principalmente a rocas carbonatadas (calizas y margas), por procesos de disolución de rocas o terrenos calcáreos debido a circulación de aguas subterráneas. Las morfologías características son dolinas, que se encuentran afectando principalmente áreas de cultivo. Como ejemplo se menciona el sector Ragán (Fotografía 6.12), donde se presentan rocas calcáreas en una ladera con 27° de pendiente y cuyas dimensiones son de 26.5 m de diámetro y 19 m de profundidad.

GRADO DE CORRELACIÓN ENTRE DE PELIGRO – VULNERABILIDAD Y TIPOLOGÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS

El grado de peligro asignado a cada uno de los eventos inventariados se realizó tomando en cuenta una calificación cualitativa basada en el estado del movimiento en masa (activo, inactivo joven, inactivo maduro, viejo), dimensiones (área y volumen involucrados) y recurrencia del evento en el tiempo. Adicionalmente, se evalúa la relación de los factores condicionantes y su potencialidad en la aceleración del evento, considerando los factores detonantes en el área.

El Cuadro 6.3 y Gráfico 6.8 muestran el análisis estadístico de la calificación cualitativa del grado de peligro otorgado a cada uno de los peligros que se inventariaron en la región

Pasco (980 ocurrencias); podemos ver que el 3.7 % de las ocurrencias (36) se califican como peligro “bajo”; el 16.5 % de las ocurrencias (162) ha sido calificada con “peligro medio”; el 33.8 % equivalente a 331 ocurrencias como eventos con “peligro alto”; y el 46.0 % con peligro “muy alto”, 451 ocurrencias. Esto permite interpretar la mayor cantidad de eventos inventariados que se presentan en un estado de actividad o eran eventos antiguos que presentan alguna reactivación al momento que se realizó el trabajo; el volumen que comprometían significaba cantidades importantes y pueden generar grandes daños; la recurrencia de estos eventos, muchos de los cuales se producen de forma periódica y estacional, como es el caso de los flujos de detritos.

Vulnerabilidad: se considera a las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de amenazas. (Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, 2009). Es una amenaza para el desarrollo humano y, a menos que se aborde sistemáticamente, modificando políticas y normas sociales, el progreso nunca será equitativo ni sostenible.

El grado de vulnerabilidad de todo lo que se encuentra expuesto a un determinado tipo de peligro en la región, considera el tipo de área afectada y los daños materiales ocurridos o probables (infraestructura hidroenergética: presas, bocatomas y central; infraestructura vial y poblacional). Para cada peligro identificado se hace un estimado de los daños causados o probables a viviendas y áreas pobladas, servicios básicos, etc.; pérdidas de vidas humanas, damnificados; pérdidas de áreas agrícolas, pastizales, etc.



Fotografía 6.12 Hundimiento en el sector Ragán.

Cuadro 6.3
Tipo de peligro asignado a los peligros geológicos en la región de Pasco

Tipo de peligro	Peligro (P)			
	B	M	A	MA
Caídas (derrumbe y caída de rocas)	8	49	116	179
Deslizamiento	2	17	40	49
Flujos	12	26	65	98
Movimiento complejo	1	9	6	3
Reptación de suelo	4	27	25	3
Erosión de ladera	9	28	43	17
Erosión fluvial	0	4	21	74
Inundación fluvial	0	2	15	24
Inundación lagunar	0	0	0	2
Hundimiento	0	0	0	2
Porcentaje (%)	3.7	16.5	33.8	46.0

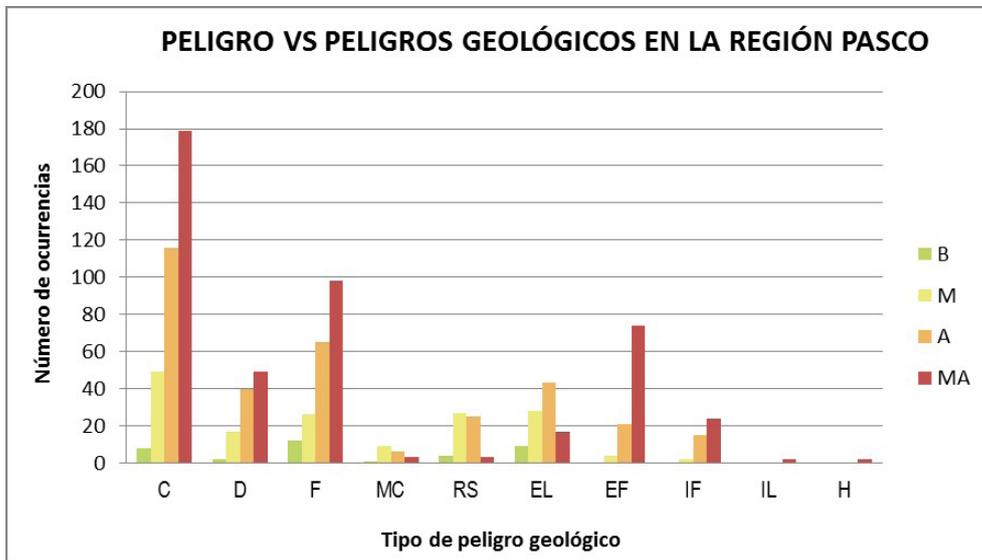


Gráfico 6.8 Grado de peligro asignado a las ocurrencias de peligros geológicos inventariados en la región Pasco. C: caídas, D: deslizamientos, F: flujos, MC: movimientos complejos, RS: reptación de suelos, EL: erosión de laderas, EF: erosión fluvial, IF: inundación fluvial, IL: inundación lagunar y H: hundimientos.

El análisis de la “vulnerabilidad cualitativa” asignada a cada una de las ocurrencias de peligros naturales inventariadas en la región Pasco (Cuadro 6.4 y Gráfico 6.9), nos muestra que el 14.1 % del total de 980 ocurrencias fue calificada con una “vulnerabilidad baja”; el 31.1 % con “vulnerabilidad media”; el 51.2 % con “vulnerabilidad alta”; y el 3.6 % con “muy alta vulnerabilidad”. Puede interpretarse que, dentro del área de influencia en cada uno de estos eventos inventariados, casi siempre se encuentra elementos expuestos que pueden resultar afectados con las reactivaciones de estos eventos o la ocurrencia periódica de los mismos. Es el caso de los deslizamientos, de producirse el desplazamiento del material comprometido por el evento, este puede afectar viviendas, carreteras, terrenos de cultivo, etc., que se encuentran asentados

o trazadas dentro del deslizamiento. Si además este represa un río, puede verse afectado todo lo que se encuentra aguas abajo o aguas arriba del mismo. En el caso de los derrumbes y caídas de rocas los cuales se ubican principalmente en taludes de corte de carretera, los elementos expuestos son los vehículos y personas que transitan; estos pueden cortar el tránsito por horas, inclusive días con lo que afecta las actividades económicas. Finalmente, los flujos de detritos que se producen de manera periódica a excepcional siempre tienen dentro de sus límites (entiéndase como las áreas conformadas por depósitos dejados por eventos antiguos) infraestructura desarrollada, como es la construcción de viviendas, carreteras o se realicen labores agrícolas; todos estos elementos son altamente vulnerables a la ocurrencia de nuevos flujos.

Cuadro 6.4
Vulnerabilidad asignada a los peligros geológicos inventariados en la región Pasco

Tipo de peligro	Vulnerabilidad (V)			
	B	M	A	MA
Caídas (derrumbe y caída de rocas)	51	119	177	5
Deslizamiento	7	37	49	15
Flujos	18	53	126	4
Movimiento complejo	6	6	7	0
Reptación de suelo	17	25	17	0
Erosión de ladera	31	36	27	3
Erosión fluvial	4	22	70	3
Inundación fluvial	4	6	26	5
Inundación lagunar	0	0	2	0
Hundimiento	0	1	1	0
Porcentaje (%)	14.1	31.1	51.2	3.6

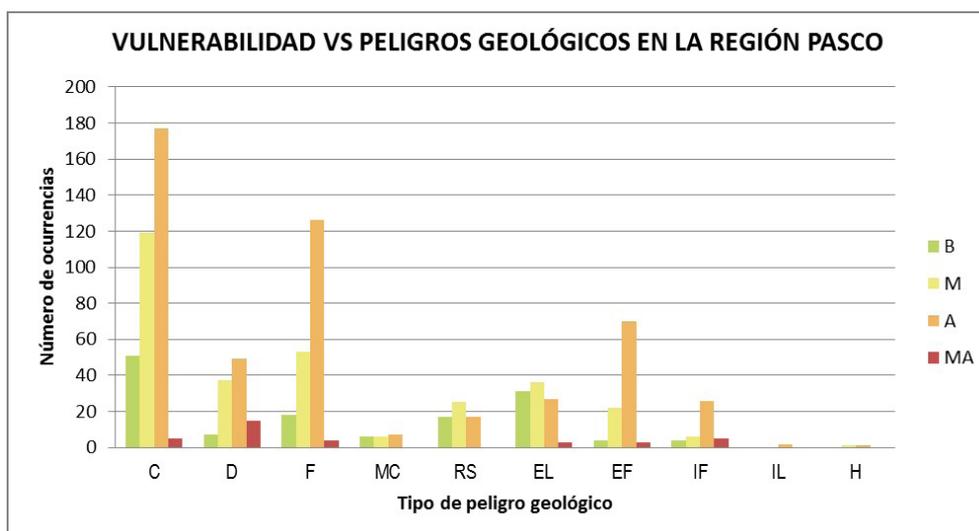


Gráfico 6.9 Grado de vulnerabilidad asignado a las ocurrencias de peligros geológicos inventariados en la región Pasco. C: caídas, D: deslizamientos, F: flujos, MC: movimientos complejos, RS: reptación de suelos, EL: erosión de laderas, EF: erosión fluvial, IF: inundación fluvial, IL: inundación lagunar y H: hundimientos.

6.4 PELIGROS SÍSMICOS

Perú se encuentra ubicado en una zona de subducción, principal fuente sismogénica. Está propenso a la ocurrencia de un gran número de sismos de diferente magnitud, focos a diferentes profundidades, los cuales producen en superficie distintos grados de destrucción. Una segunda fuente se ubica en la zona continental cuya deformación origina la formación de fallas geológicas de diversas longitudes, y consecuentemente sismos de magnitudes menores en tamaño a los que se producen en la primera fuente (Cahill y Isacks, 1992; Tavera y Buforn, 2001), pero estos son superficiales y el grado de destrucción puede ser mayor. Por estos motivos, en Perú, los sismos constituyen el mayor peligro al cual se encuentra sometido nuestro territorio; los daños que ellos provocan en las ciudades dependerán de su tamaño (magnitud) y de la capacidad de respuesta de las estructuras a la aceleración a la cual son sometidas. La correcta equivalencia entre estos dos factores permitirá reducir los daños causados por este tipo de peligro.

La información sobre la sismicidad histórica en Perú data del tiempo de la conquista y la colonización del país y se encuentra esparcida en diferentes obras inéditas, manuscritos, crónicas, narraciones, informes administrativos por parte de clérigos y gobernantes de aquellos años. Gran parte de esta información ha sido recolectada por Silgado (Cuadro 6.5).

6.4.1 Distribución de máximas intensidades sísmicas

El mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas observadas para Perú (Alva et al., 1984) se basó en 30 mapas de isosistas de terremotos recientes e intensidades puntuales de terremotos históricos. Representa el nivel de daño independiente de la causa: vibración de suelo, licuación, deslizamientos provocados por terremotos u otros.

En la Figura 6.9, se observa un gran número de sismos que afectaron a la región Pasco y alrededores y produjeron intensidades que oscilaron entre V y VII (MM). Los más importantes ocurrieron frente a la línea costera del departamento de Lima en los años de 1586, 1655, 1678, 1687, 1725, 1746, 1806, 1940 y el terremoto de Satipo del 1 de noviembre de 1947. También prevalecen intensidades máximas del orden de VI (MM) localizados en el sector Oeste (Yanahuanca y Cerro de Pasco) y sector Este (Puerto Victoria y Puerto Bermúdez) de la región Pasco y del orden de VIII (MM) a los IX (MM), en el sector central de la región Pasco (Pozuzo, Huancabamba, Oxapampa y Villa Rica), donde también se registró hasta de XI (MM).

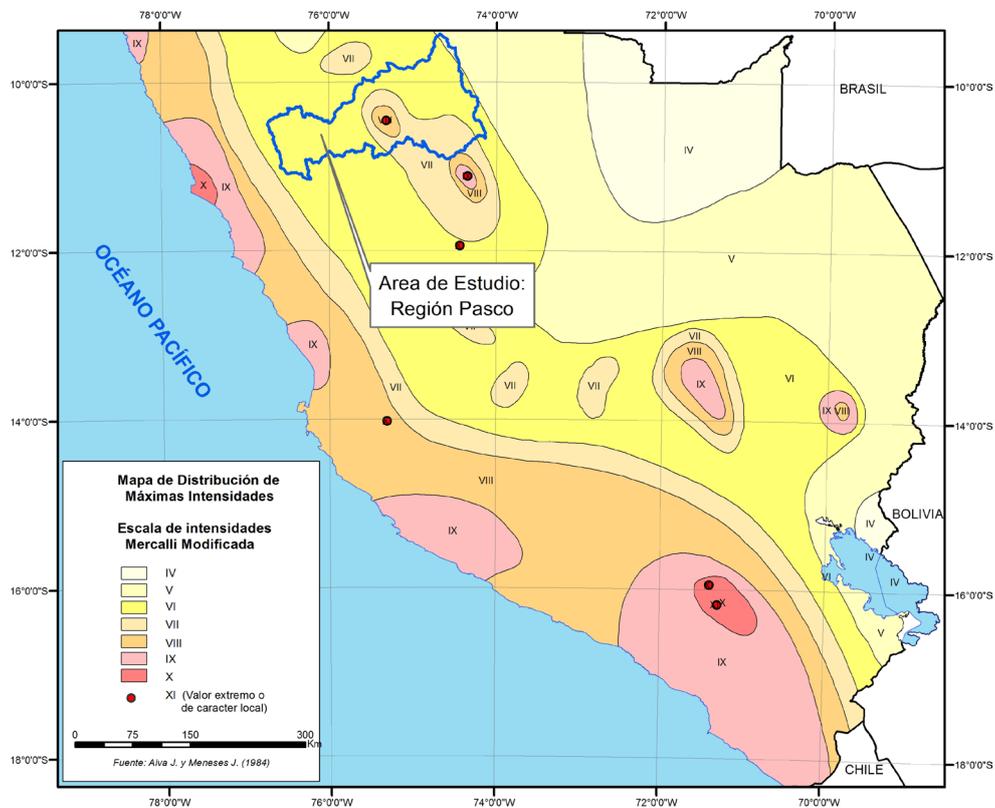


Figura 6.9 Distribución de máximas intensidades sísmicas en la región Pasco.

Cuadro 6.5
Datos macrosísmicos de la región Pasco y alrededores

Fecha	Intensidad	Localidades afectadas
10-07-1586	IV-VIII	Ica, Lima-Callao, Pasco
13-11-1655	VIII-IX	Lima – Callao, Huánuco, La Oroya
16-06-1678	VIII	Lima- Callao, Pasco y Junín
20-10-1687	VII-VIII	Pasco, Junín, Huancavelica, Lima, Callao hasta Pisco
07-01-1725	VI-VIII	Lima Callao, Ancash, La Libertad, Huánuco, Pasco, Junín
29-10-1746	VIII-X	Lima, Callao, Ica, Junín, Huancavelica, Pasco, Ayacucho
14-10-1791	V	Villa de Pasco, Cerro de Pasco
13-08-1868	IV-X	Arequipa, Moquegua Ica, Ayacucho, Lima, Huancavelica, Junín, Pasco
04/03/1904	VIII	Lima, Matucana, Pacasmayo, Huánuco, Pasco, Ayacucho
28/09/1906	V-VII	Desde Guayaquil hasta Tarma y entre Trujillo y Moyobamba, Chachapoyas, Huancabamba, Piura, Ayabaca, Morropón, Sullana, Tumbes y Santa.
16/11/1907	V	Entre Lambayeque y Casma, en la región central de Tarma, Cerro de Pasco, Huánuco y en la selva entre Masisea y Puerto Bermúdez.
05/08/1933	V-VI	Entre Huacho y Pisco en la costa, en Cerro de Pasco y otros pueblos de la Cordillera Central y en Puerto Bermúdez.
24/12/1937	VIII-IX	Huancabamba y Oxapampa, en el valle de Chontabamba. San Ramón, La Merced, Pozuzo, Tarma y en La Unión y Llata (Huánuco).
02/07/1938	V-VII	Tarma, Huancayo, Jauja, La Merced, los valles del Mantaro y Chanchamayo (Junín) y Oxapampa (Pasco).
24/12/1937	VIII-IX	Huancabamba y Oxapampa, en el valle de Chontabamba. San Ramón, La Merced, Pozuzo, Tarma y en La Unión y Llata (Huánuco).
24/05/1940	IV-VIII	Lima, Callao, Ancash, Pasco, Junín, Ica, Ayacucho
21/08/1945	IV-V	Cerro de Pasco y San Ramón (Pasco); en Llata, Huánuco. En las ciudades de la costa, entre Lima y Mala.
01/11/1947	IV-VII	Satipo (Junín), Pasco, Huánuco, Ancash, Lima, Ica, Ayacucho
17/10/1966	VI-VIII	Lima, Ica, Huancavelica, Junín y Pasco
31/05/1970	V-VIII	Ancash, Lima, Huánuco, Pasco, Junín
03/10/1974	IV-VIII	Lima, Callao, Ica, Huancavelica, Junín y Pasco
18/04/1993	III-VI	Lima, Callao, Ica, Ancash, Huancavelica, Junín y Pasco
15/08/2007	IV-VIII	Pisco, Ica, Lima, Callao, Ayacucho, Huancavelica, Junín, Pasco, La Libertad, Ancash

Fuente: Silgado, 1978; Tavera, et ál, 2016.

6.4.2 Distribución espacial de los sismos

La distribución espacial de los sismos se analizó a partir de la base de datos históricos y de sismos instrumentales registrados por IGP, considerándose en el análisis los sismos ocurridos entre los años 1500 a 2014.

En la Figura 6.10, se diferencian sismos superficiales ($h < 60$ km), intermedios ($61 < h < 350$ km) y profundos ($h > 351$ km). En la sección A-A' que atraviesa la región Pasco, los sismos se distribuyen en profundidad con características diferentes a otras regiones del país. La profundidad de los focos sísmicos aumenta linealmente de oeste a este de manera continua con una pendiente de 30° hasta los 190 km de profundidad aproximadamente. Esta sismicidad alcanza una distancia en superficie de 415 km desde el punto A; mientras que a distancias mayores solo se observa la presencia de sismos con foco superficial con profundidades $h \leq 60$ km (Bernal & Tavera, 2002).

6.4.3 Estudio sísmico probabilístico

Con el propósito de conocer las aceleraciones máximas producidas por un sismo que en el futuro pudiera ocurrir en la región Pasco, se ha evaluado el peligro sísmico de dicha región, utilizando la base de datos sísmicos del "Catálogo Sísmico del IGP", la ley de atenuación de Casaverde y Vargas (1980), y las fuentes sismogénicas definidas por Zamudio y Tavera (2004). Para el cálculo de las aceleraciones máximas se utilizó del programa RISK III (McGuire, 1976).

Se elaboraron mapas de aceleraciones máximas para diferentes períodos de retorno (20, 50 y 100 años) con un 10% de excedencia dentro de la región. Para 20 años, las aceleraciones oscilan entre 290 a 315 gals (Figura 6.11). Para 50 años de vida útil varían de 340 a 352 gals (Figura 6.12) y para 100 años varían de 390 a 422 gals (Figura 6.13).

Estos resultados muestran que las áreas más propensas a soportar aceleraciones importantes se encuentran en el sector este de la región (Puerto Bermúdez e Iscozacín), siendo coherente con el importante número de sismos que en dicha área ocurren.

6.4.4 Zonificación y aceleraciones máximas

Los diversos estudios de sismicidad existentes en la bibliografía han sido base para que autores como Alva et al. (1984), elaborasen el Mapa de Zonificación Sísmica para el Perú, el mismo que actualmente es utilizado en el Nuevo Reglamento Peruano de la Construcción con la Norma Técnica de edificación E-30 "Diseño

Sismorresistente" del Reglamento Nacional de Edificaciones, actualizado al 2016 (Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016). El territorio nacional se ha dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura 6.14. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información neotectónica. A cada zona se asigna un factor Z según se indica en el Cuadro 6.6. Este factor se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10% de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

De acuerdo con este mapa, la región Pasco se ubica en las zonas 2 y 3, correspondiente a una zona de sismicidad intermedia a alta. Según la Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente", se indican valores de "Z" que varían entre 0.25 g a 0.35 g. El valor de "Z" representa una fracción de la Aceleración de la gravedad.

Se determinó aceleraciones que varían entre 0.290 g y 0.422 g, que según la guía Metodológica de evaluación de riesgo por fenómenos de remoción en masa (Ojeda et al., 2001), que se presenta en el Cuadro 6.7, le corresponde una categoría de alta a muy alta.

En la Figura 6.15 se presenta la curva de peligro sísmico anual calculado para la ciudad Cerro de Pasco, ubicado cerca a la mina en explotación, donde nos muestra la probabilidad de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud para dicha ciudad. De la figura se deduce también que en dicha zona se produciría una aceleración máxima de 488 gals con una probabilidad del 0.002%, siendo el periodo medio de retorno del sismo que produce dicha aceleración de 900 años. Aceleraciones del orden de los 275 gals se producirían con un porcentaje de 0.05% con periodos de tiempo de retorno de 60 años en promedio.

En la Figura 6.15 se presenta la curva de peligro sísmico anual calculado para la ciudad Cerro de Pasco, ubicado cerca a la mina en explotación, donde nos muestra la probabilidad de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud para dicha ciudad. De la figura se deduce también que en dicha zona se produciría una aceleración máxima de 488 gals con una probabilidad del 0.002%, siendo el periodo medio de retorno del sismo que produce dicha aceleración de 900 años. Aceleraciones del orden de los 275 gals se producirían con un porcentaje de 0.05% con periodos de tiempo de retorno de 60 años en promedio.

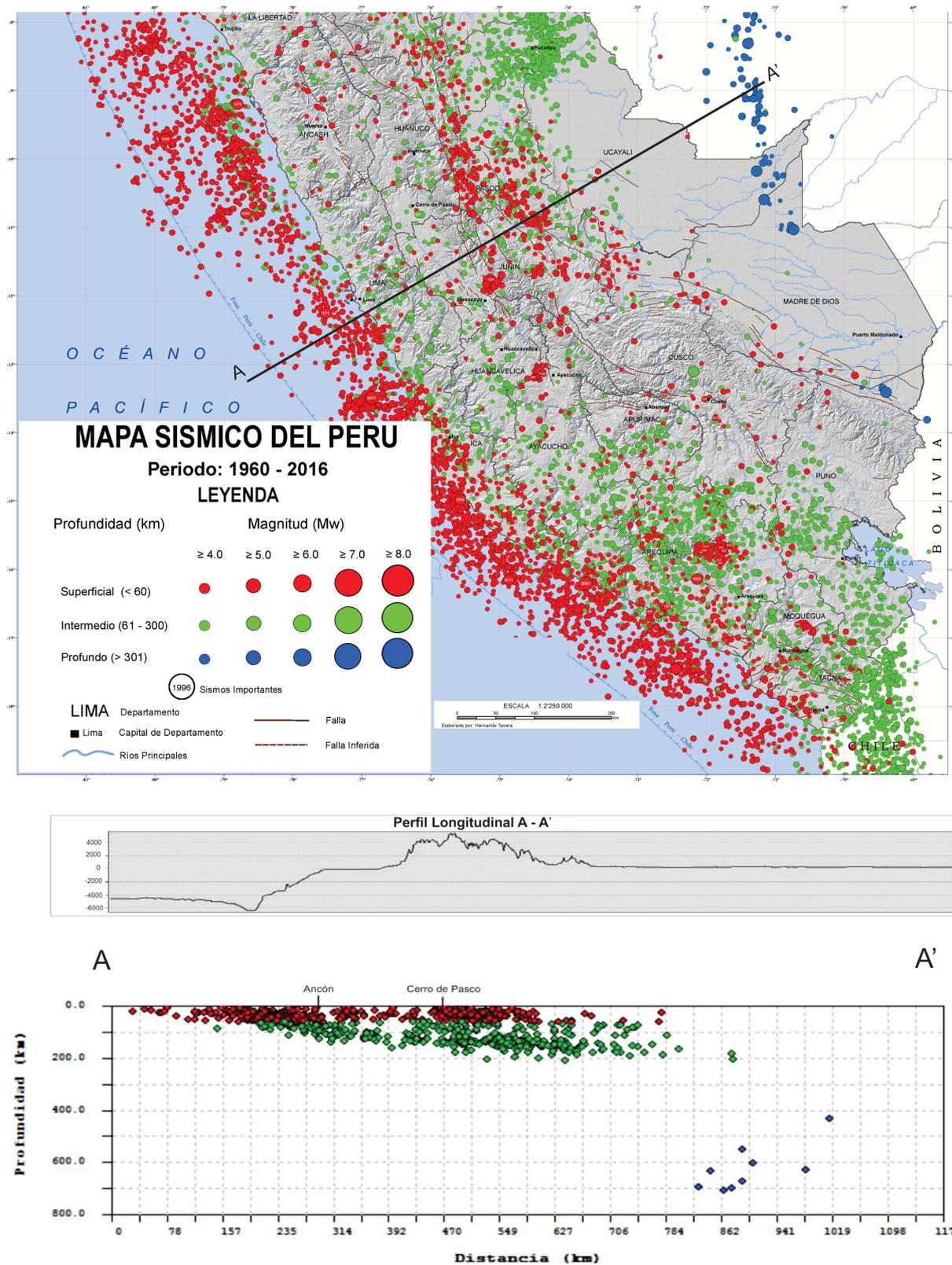


Figura 6.10 Distribución espacial de los sismos en los alrededores de la región Pasco con una sección sísmica transversal SO-NE (Tavera, 2017).

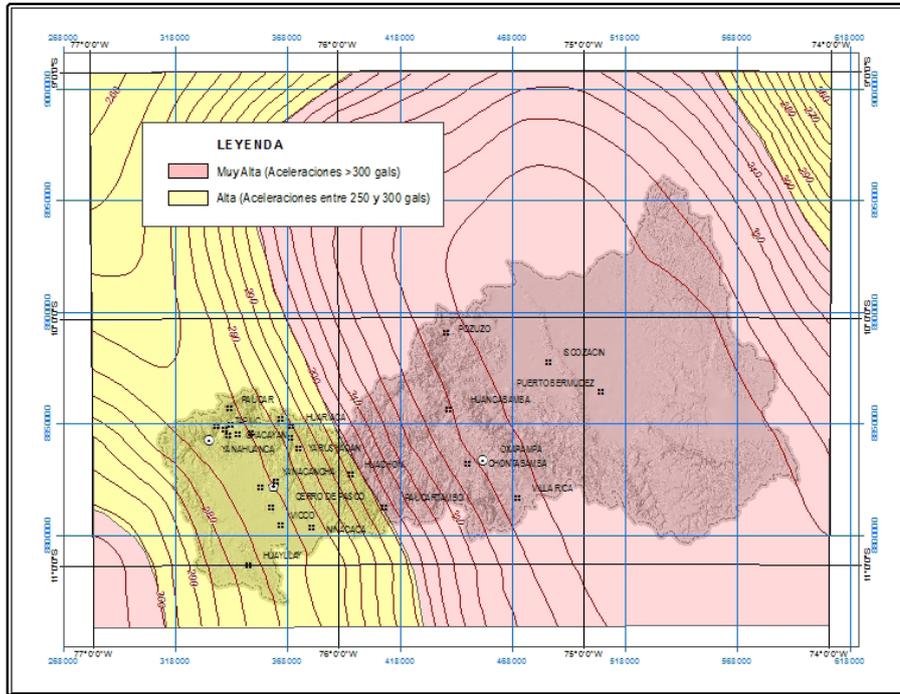


Figura 6.11 Aceleraciones sísmicas máximas para 20 años.

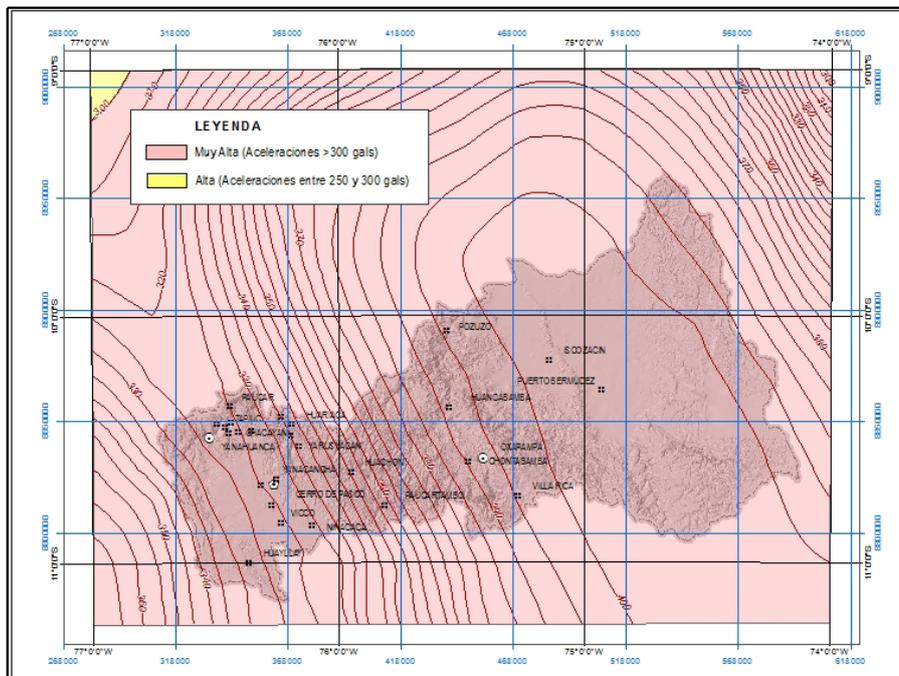


Figura 6.12 Aceleraciones sísmicas máximas para 50 años.

Cuadro 6.6
Factores de zona Z

ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Cuadro 6.7
Clasificación del factor detonante (sismicidad)

CATEGORIA	DESCRIPCION	VALOR ASIGNADO
Baja	Se espera un AMH menores a 0,21 g	1
Moderadamente Alta	Se espera un AMH entre 0,21-0,25 g	2
Alta	Se espera un AMH de entre 0,25-0,29 g	3
Muy Alta	Se espera un AMH mayores a 0,3 g	4

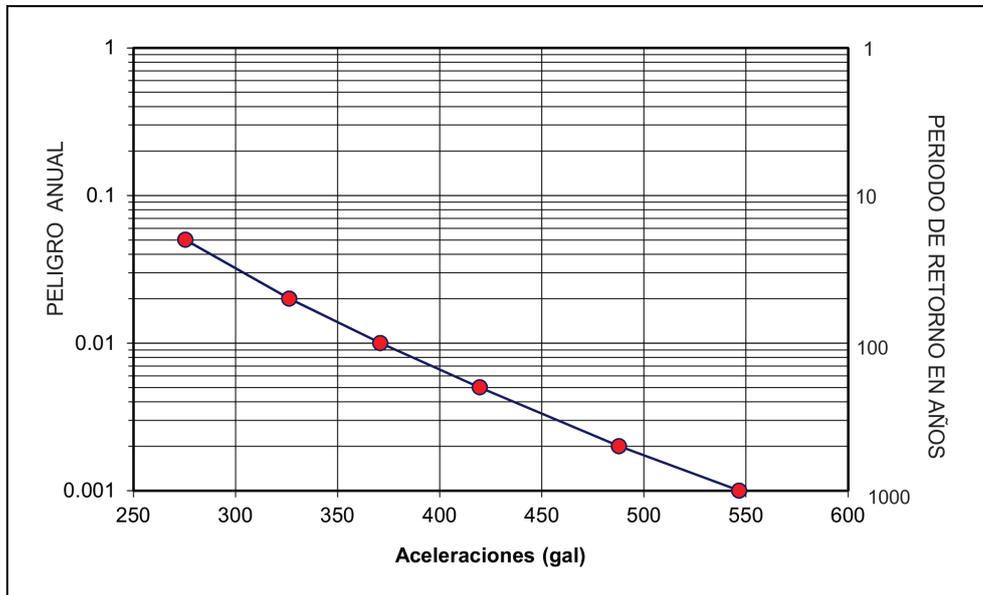


Figura 6.15 Curva de Peligro Anual para la ciudad de Cerro de Pasco (Pto. 76.25 O – 10.68 S).

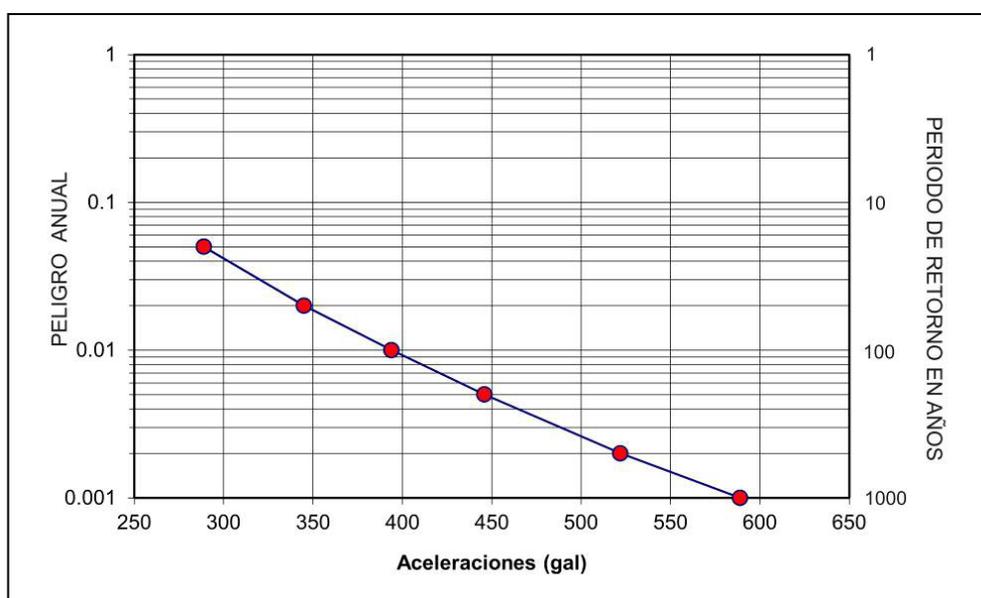


Figura 6.16 Curva de peligro sísmico calculada para el poblado de Huancabamba (Pto. 75.2 O–10.42 S).

6.4.5 Movimientos en masa detonados por sismos

En la literatura se tiene un mapa de áreas de deslizamientos por sismos en Perú, elaborado por Alva Hurtado y Luis Chang (1987). La documentación básica consistió en una recolocación y revisión de la información, se contó con una versión preliminar del mapa de deslizamientos por terremotos presentado por INGEMMET (1983). Se trató de encontrar evidencias sobre el fenómeno de deslizamientos por sismos, interpretando los casos como seguros y probables. Los casos probables, por lo general, fueron aquellos asociados a sismos históricos y a sismos recientes, donde la descripción del fenómeno no es muy detallada. La mayor incidencia del fenómeno está en la sierra y selva alta por las condiciones geológicas, topográficas y climáticas de estas regiones.

Para el caso de la región Pasco, este fenómeno fue causado por el sismo del 24 de diciembre de 1937, en las vertientes orientales de la Cordillera Central. Silgado (1978) anotó que hubo grandes deslizamientos en los cerros boscosos de Chontabamba y Chorobamba, en una extensión aproximada de 50 km. En los caminos de herradura a Huancabamba se produjeron enormes grietas y derrumbes de cerros. Se registró también en el sector de Paucartambo.

La característica lito-estructural y el volumen de material removido permiten interpretar que algunos movimientos no históricos fueron detonados por sismos. Estarían dentro de estos casos las avalanchas de rocas de Huayllay y Ricrán y el deslizamiento de Astobamba (valle Huarantambo) en Yanahuanca.

6.4.6 Licuación de suelos y deformaciones superficiales

Licuación de suelos: ocurre en materiales no consolidados saturados de agua que pierden su capacidad de soporte temporalmente mientras ocurre el sismo. La licuación es una de las amenazas geológicas más destructivas

Una revisión de la información histórica de licuación de suelos en el Perú fue presentada por Alva Hurtado (1983). La evidencia de licuación tal como el desarrollo de “volcancitos de arena y lodo”, la expulsión violenta de agua del terreno, presencia de agrietamiento intenso y asentamiento diferencial debido a los eventos sísmicos se ha tomado en consideración. Un mapa del Perú muestra diferencias entre las áreas de licuación reales y probables recopiladas en la literatura, donde se determinaron 27 casos de licuación de suelos en el Perú. Los fenómenos ocurrieron en las regiones montañosas y la selva norte. En la costa la licuación de suelos es generalizada debido a la más alta sismicidad y la existencia de suelos arenosos y napa freática alta. Existe una correspondencia entre intensidades más altas y la ocurrencia de licuación de suelo en el Perú.

Para el caso de la región Pasco este fenómeno ocurrió a causa del terremoto del 24 de diciembre de 1937, el mismo que produjo deslizamientos y que también produjo licuación de suelo en Chorobamba.

Los peligros de origen natural identificados por INDECI en la ciudad de Oxapampa corresponden principalmente a zonas inundables de la ciudad, con suelos saturados en las riberas de

las quebradas La Esperanza, Llamaquizú y río Chorobamba, con potencial licuación de suelos ante sismos.

6.4.7 Actividad neotectónica

Neotectónica: es una ciencia que estudia las últimas deformaciones de la corteza terrestre con la finalidad de entender la evolución geodinámica reciente de cadenas montañosas y de determinar áreas de amenaza sísmica a partir de la evaluación del potencial sísmogénico de una falla.

Falla activa: fallas con antecedentes sísmicos durante el Cuaternario (<2,5 millones de años) son las que concentran mayores posibilidades de generar movimientos sísmicos futuros, ejerciendo un control en la evolución reciente del relieve, en la disposición y estructura de los depósitos cuaternarios y/o en la génesis de la sismicidad histórica e instrumental. El conocimiento de estas es relevante para una correcta tipificación del potencial sísmico.

Estudios sobre la neotectónica en Perú (Sebrier et al., 1982), así como la elaboración de los mapas neotectónicos (Macharé et al., 2009) y sismotectónicos de Perú (Tavera et al., 2001) han permitido identificar la presencia sobre nuestro territorio de un importante número de fallas activas. El estudio de estructuras presenta evidencias de movimientos durante el Cuaternario, muchas de las cuales producen sismos continuamente. En la Figura 6.17, se muestra el área central y al SO de la región Pasco afectada por las siguientes fallas activas:

Falla Cayesh (PE-10): la Falla Cayesh se encuentra en la Cordillera Oriental del Perú central, en la región Junín, cerca del pueblo del mismo nombre. El estudio aereofotográfico muestra que esta estructura puede seguirse de forma casi continua, pero con ligeras variaciones en su geometría, por lo cual se ha dividido en cuatro segmentos (Macharé et al., 1997).

El primer segmento, al este de Cayesh, tiene una longitud de 2.8 km y rumbo N8°E - N10°E, es subvertical y corta principalmente a rocas dioríticas. El segundo segmento, entre la quebrada Huaye y la laguna Tingó, tiene una longitud de 2.6 km, rumbo N19°E y un buzamiento aproximado de 75° hacia el oeste y afecta depósitos glaciales en la quebrada Huaye. El tercer segmento se ubica entre Las Lagunas y Carpacocha, tiene una longitud de 3.7 km, rumbo N32°E y unos 60° de buzamiento hacia el oeste; la traza es discontinua y en el extremo sur se observan pequeñas fracturas transversales a la principal. El cuarto segmento se emplaza unos 2 km al sur de la laguna Carpacocha, con rumbo N26° E y buzando alrededor de 60° hacia el oeste en el extremo sur; se caracteriza por la terminación en cola de caballo.

La Falla Cayesh tiene más de 11 km de longitud y muestra rechazos normales de 5 a 10 m en la superficie topográfica actual. Esto hace que esta falla se considere como una estructura geológicamente activa (Macharé et al., 1997).

Falla Huaytapallana (PE-11): se ubica al pie de los nevados de la cordillera del Huaytapallana (región Junín) que es parte de la Cordillera Oriental, a 4500 m de altura. Está formado por dos segmentos de rumbo promedio N120° y buzamiento entre 60° y 70° hacia el noreste.

Durante los sismos de julio y octubre de 1969, la Falla Huaytapallana se reactivó, generando dos segmentos que afectan las morrenas cuaternarias y su substrato conformado por rocas volcánico-sedimentarias del Paleozoico superior (Grupo Mitu) al sureste, y el granito de Sacsacancha al noroeste.

El segmento norte muestra un salto vertical de 2 m, a la altura de la quebrada Antacancha (Blanc, 1984), mientras que en el segmento sur hay un desplazamiento vertical de 1.8 m y desplazamiento horizontal sinistral de 0.70 m (Philip y Megard, 1977). El salto de la Falla originó la formación de charcas provocado por los sismos. Blanc (1984) y Sèbrier et al. (1988) sugieren que la rotura se produjo primero en el segmento sur y posteriormente en el segmento norte. La cinemática de la Falla Huaytapallana es inversa sinistral; está confirmada por la deformación sísmica superficial (Philip y Megard, 1977), por las mediciones realizadas de microtectónica (Blanc et al., 1983) y los análisis sismológicos (Stauder, 1975; Suárez et al., 1983; Dorbath et al., 1990). Blanc (1984) realizaron tres trincheras en las que observaron el vector desplazamiento de la Falla, también midieron muchos planos estriados, calcularon los tensores y obtuvieron como resultado un eje de acortamiento N75°E.

Vilcapoma (2000) recalcula los parámetros del mecanismo focal del sismo de 1969 utilizando registros de periodo largo obtenidos de la red sísmica mundial (WWSSN). El método de modelado de ondas de volumen es utilizado para estimar la orientación de la fuente (mecanismo focal), la profundidad del foco, las características del proceso de ruptura y la energía sísmica liberada por ambos terremotos. Los mecanismos focales obtenidos corresponden a fallas inversas con gran componente de desgarramiento y planos nodales orientados en dirección noroeste-sureste y noreste-suroeste, buzando ambos con un ángulo de 50° aproximadamente, similar a los calculados por Suárez et al. (1983). La profundidad de sus focos es aproximadamente 5 km, con momentos sísmicos de 1025 y 1026 dina-cm, respectivamente.

Falla Atalaya (PE-020): localizada en el llano subandino central peruano, tiene una topografía relativamente plana que se eleva ligeramente al este hacia el alto de la Sierra de Moa que marca la divisoria de aguas entre la cuenca Ucayali al oeste y la cuenca Purus al este (Dumont, 1992).

Una falla separa al oeste la unidad del alto del Shira, que representa el margen este de la faja subandina, donde el espesor de los depósitos cenozoicos se incrementa hacia el este. Aquí ocurren cabalgamientos en la cobertura cenozoica; algunas de ellas son

fallas paleozoicas normales reactivadas como fallas inversas, afectando depósitos recientes.

Así, un escarpe de dirección N110° E limita la penillanura de la llanura de inundación del río Ucayali (Sébrier et al., 1985). De noreste a sureste la escarpa incrementa su altura conforme la penillanura se eleva. La traza del escarpe limita de forma recta las capas rojas y las terrazas escalonadas cuaternarias de la llanura de inundación del río se interpretan como una falla.

6.5 OTROS PELIGROS

En la región Pasco existen otros procesos donde destacan como la caída de meteoritos. También existen peligros incentivados por la actividad antrópica como se detalla a continuación:

PELIGROS GEOLÓGICOS INCENTIVADOS POR LA ACTIVIDAD ANTRÓPICA

La ocupación antrópica y/o ocupación inadecuada del suelo o territorio de la región puede dar lugar a la generación de procesos de movimientos en masa, en donde se desarrollan actividades mineras como extracción, transporte y almacenamiento de desmonte, así como también por actividades cotidianas de la población (agricultura y vivienda). En la región, los peligros identificados bajo estas condiciones o detonantes se relacionan principalmente a:

- Derrumbes y flujos de material suelto proveniente de los bordes del tajo de mina, que sin ninguna protección o medida de prevención ante las lluvias estacionales son removidos y encauzados por las quebradas; por ejemplo, el Botadero de Rumillama (Mina Volcan), se ha comportado como un flujo de tierra al pie del botadero en la margen izquierda del río Tingo. La deforestación, así como los procesos de operación minera (voladura y acumulación de los materiales de corte), son factores de inestabilidad. Esto último ocurrirá de no existir un control geotécnico al respecto.

También, pueden generarse derrumbes, deslizamientos o movimientos complejos por modificación de la pendiente natural, como ejemplo tenemos la construcción de la carretera de acceso a la mina Huarón, sobre un depósito de deslizamiento antiguo, evidenciándose actualmente pequeños derrumbes y reptación de suelos, asentamientos en la plataforma de la carretera, que nos indican la actividad del movimiento.

- Hundimientos por presencia de labores mineras antiguas abandonadas, como el caso de los AA.HH. Tupac Amaru, afectados en la ciudad de Cerro de Pasco.

PELIGROS POR IMPACTO DE METEORITOS

La Tierra no está extenta de peligros internos y externos. Podemos protegernos de muchos de ellos, pero no podemos evitar ni tomar

medidas precautorias contra sucesos fuera de nuestro control o capacidad de atenuar. El peligro de ser golpeado por un meteorito es muy pequeño en comparación con los cotidianos accidentes de tránsito, pero también es real (Morales, 2005).

La ciencia meteórica se ocupa del estudio de los fenómenos cósmicos que se relacionan con nuestro planeta Tierra.

Los meteoritos son objetos cósmicos sólidos que después de recorrer el espacio sideral impactan sobre la superficie terrestre. Puede tratarse de materiales rocosos o metálicos que por atracción del campo gravitacional de los planetas (como la Tierra) caen sobre su superficie.

Se estima que la Tierra sufre unos 3000 impactos al año de meteoros, meteoritos, y otros objetos cósmicos; cifra probablemente muy conservadora teniendo en cuenta que los mares cubren tres cuartas partes de la superficie terrestre y enormes áreas están cubiertas por bosques y vegetación densa, y que aún en terrenos desérticos o pampas poco accidentados no es fácil diferenciar un objeto cósmico sólido de rocas terrestres circundantes. Se han encontrado meteoritos relativamente grandes como el hallado de Goyllarisquizga de 700 kilos y en Quishuarcancha.

En la región Pasco, en Yanahuanca, provincia Daniel A. Carrión, se transmite un antiquísimo relato referido a la desaparición de la cultura Yaro a causa del impacto de un meteorito. La zona es conocida como Goyllarisquizga (de quechua Ccoyllor-Ishquishga) "donde cayó la estrella", distrito ubicado a 35 km al norte de Cerro de Pasco, que fue escenario del impacto de un meteorito que destruyó todo signo de vida, 20 km a la redonda, según un estudio realizado por Daniel de la Torre Tapia, titulado "La prehistoria de Chaupihuaranga". El impacto quedó graficado en una pintura rupestre descubierta en el paraje de Donderagra, caserío de Quishuarcancha cercano a Yanahuanca, donde se puede distinguir una cadena de montañas "bombardeada" por una lluvia de meteoritos o estrellas fugaces que preceden a un gran bólido en forma de porra lanzado por Libiac, dios del rayo de los Yaros.

No existe una investigación científica sobre la certeza de esto, pero se dice que el cráter que dejó el meteorito fue reemplazado por los socavones que se interunen varios cientos de metros y el posterior tajo abierto de la mina de carbón explotado desde 1830 hasta 1992. Cuando la empresa Cerro de Pasco Copper Corporation extraía carbón en los años sesenta, halló un meteorito de hierro y níquel de 700 kg de peso que fue trasladado a los Estados Unidos.

Existe otro sector denominado "Milpu Ragra", donde se señala la presencia de un cráter en la vía que une la comunidad San Miguel de Cuchis con Goyllarisquizga; al parecer también es producto de la caída de un meteorito; el cráter tiene alrededor de 120 m y 150 m de profundidad.

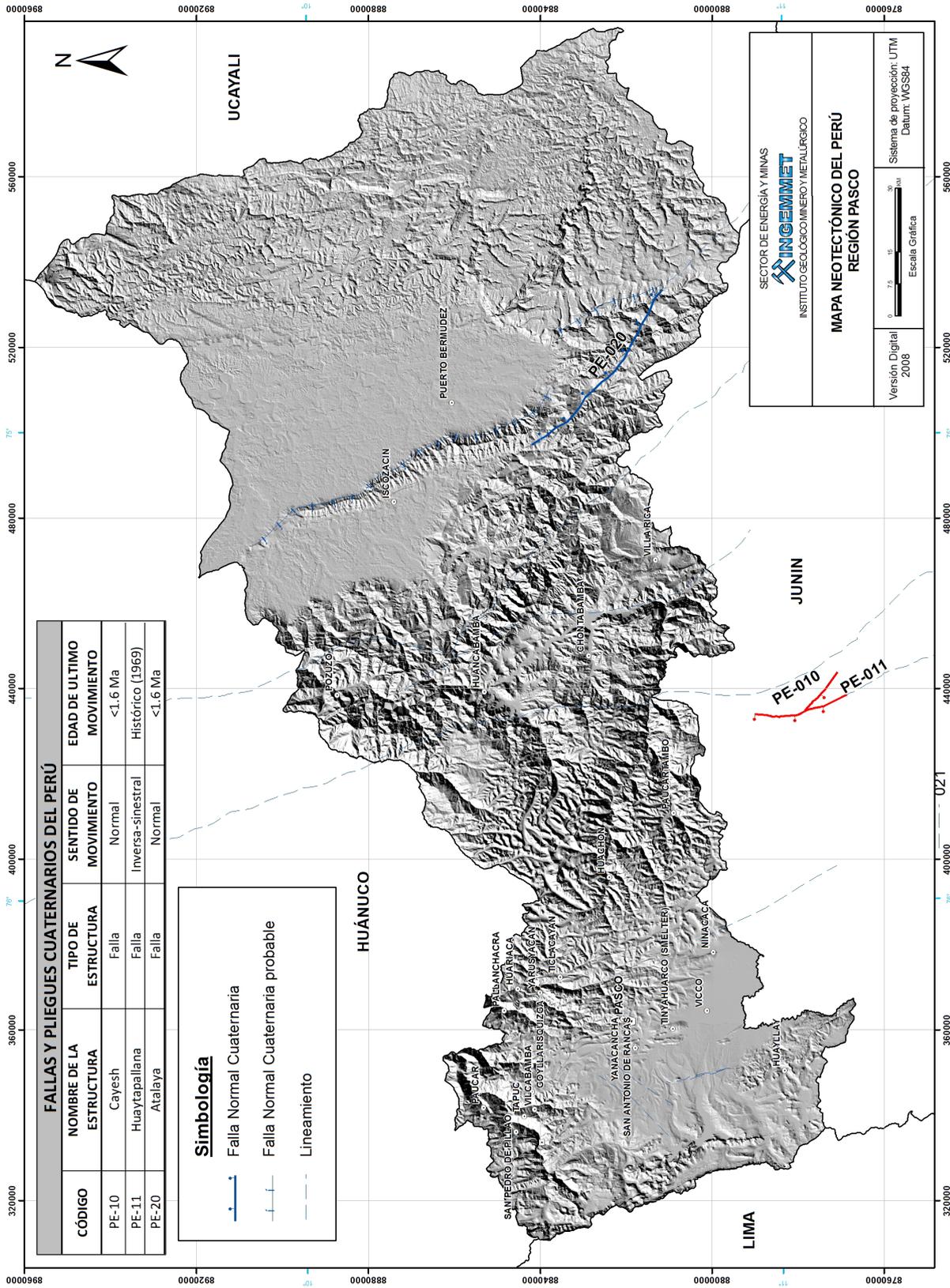


Figura 6.17 Mapa neotectónico de la región Pasco. Fuente: Mapa Neotectónico del Perú, escala 1:2 000 000 (Macharé et al., 2009).

CAPÍTULO VII

MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD

7.1 GENERALIDADES

La susceptibilidad es la posibilidad de que se genere en un territorio un determinado proceso. Su evaluación consiste en analizar los factores que contribuyen con su generación. El propósito de los mapas de susceptibilidad es dividir el área de interés en unidades homogéneas en las cuales el grado de susceptibilidad es semejante.

La elaboración de estos mapas recae en profesionales con suficiente experiencia y conocimiento del tema, a fin de seleccionar el método y las variables de predicción que sean más adecuadas para el área de estudio (PMA:GCA, 2007). Permiten priorizar y definir dónde se deben realizar investigaciones en escalas mayores y proporciona instrumentos de análisis a las instituciones encargadas del ordenamiento territorial, la planificación urbanística y la gestión de los riesgos que afectan a la población y sus actividades económicas.

Sin embargo, cabe recalcar que la categorización de la susceptibilidad presentada aquí es una generalización a la escala 1:300 000 de diferentes fuentes y escalas; por lo tanto, se debe considerar preliminar y debe ser evaluada a escalas más detalladas para la toma de decisiones y/o medidas de mitigación.

La limitación que presentan los mapas de susceptibilidad es la predicción de las áreas donde pueden ocurrir eventos de movimientos en masa, pero no la fecha, ni la ocurrencia, ni la totalidad de estas; simplemente indican una posibilidad de ocurrencia en función del análisis de los factores condicionantes (Zavala & Vilchez, 2006). Es evidente que requieren de un conocimiento del área a evaluar, y sus límites deberán interpretarse como una referencia y no como valores absolutos.

Los análisis de la susceptibilidad a los peligros geológicos constituyen herramientas valiosas y necesarias para la prevención y mitigación de desastres, y la planificación del territorio. Una de sus funciones más resaltantes es indicar las zonas donde se hace necesaria o conveniente la realización de estudios más específicos y a mayor detalle.

7.2 SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA

El análisis de susceptibilidad a los movimientos en masa requiere de la combinación de diferentes factores que condicionan la ocurrencia de peligros de movimientos en masa (intrínsecos). La metodología utilizada para determinar los grados de susceptibilidad es la de combinación de factores o sobreposición de mapas temáticos con ayuda del GIS (método cualitativo o heurístico), donde se dan valores a cada parámetro condicionante.

Para ello se ha integrado los siguientes mapas temáticos: pendiente de los terrenos, geomorfología, litología, cobertura vegetal y uso de suelo, hidrogeología, con diferentes porcentajes o pesos para cada uno de ellos (Cuadro 7.1); asimismo, diferentes pesos para las unidades diferenciadas en cada uno de los mapas temáticos en forma independiente (Cuadro 7.2). Esto permitió zonificar la región en rangos de susceptibilidad desde muy alta a muy baja (Mapa 7).

Los grados de susceptibilidad se describen en el Cuadro 7.3; estos se obtuvieron a partir de las interacciones entre los cinco mapas de factores temáticos (pendientes, litología, geomorfología, cobertura vegetal y uso de suelo e hidrogeología), con ayuda del GIS (ARCGIS 10.1 y los softwares Spatial Analyst y 3D Analyst), empleando la siguiente ecuación:

$$SMM = \frac{SCV(0,10) + SH(0,15) + SG(0,28) + SP(0,20) + SL(0,27)}{5}$$

En donde:

- SCV : Susceptibilidad del parámetro Cobertura vegetal y uso de suelo
- SH : Susceptibilidad del parámetro Hidrogeología
- SG : Susceptibilidad del parámetro Geomorfología
- SP : Susceptibilidad del parámetro Pendiente
- SL : Susceptibilidad del parámetro Litología

Cuadro 7.1
Ponderación de variables temáticas

Variable	Descripción	Obtención	Peso
Pendiente (P)	Seis rangos de pendiente en los terrenos, expresado en grados (0° a 90°).	Modelo Digital de elevaciones, elaborado con SIG a partir de mapas topográficos a escala 1:100 000 con equidistancia de curvas cada 50 m. (Mapa 3).	20
Geomorfología (G)	Unidades geomorfológicas de acuerdo con su amplitud de relieve, altura relativa, pendiente y asociación morfogenética y litológica.	Interpretación de Imágenes satelitales, cartas topográficas y chequeo de campo a escala 1:100 000. (Mapa 4).	28
Litología (L)	Se estima la inestabilidad de los terrenos en función a las características litológicas de las unidades diferenciadas (substrato rocoso y depósitos inconsolidados).	En base a los mapas geológicos a escala 1:100 000 de la carta geológica nacional y escasos a escala 1:50 000. (Mapa 2)	27
Cobertura vegetal y uso de suelo (CV)	Diferentes tipos de vegetación natural y cultivos. Se estima en forma cualitativa de acuerdo con la presencia o ausencia de cobertura vegetal. Se incluyen las áreas urbanas, lagunas, con actividad minera y embalses.	En base al mapa de cobertura vegetal y uso de suelo (Perú. Ministerio del Ambiente, 2015) a escala 1: 1'000,000, mapas topográficos actualizados a escala 1: 100,000 del IGN. (Mapa 1).	10
Unidades Hidrogeológicas (H)	Diferenciación de unidades litológicas en función de su permeabilidad: acuíferos porosos, acuíferos fisurados (incluyendo kársticos) y acuitardos.	Con la información geológica y la base del Mapa Hidrogeológico de Perú (litopermeabilidades) a escala 1: 1'000,000. (Mapa 5).	15

Cuadro 7.2

Tabla guía de ponderación cualitativa de unidades vs susceptibilidad a los movimientos en masa en la región Pasco

Factores	Susceptibilidad				
	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Pendiente	< 1°	1° - 5° > 45°	5° - 15°	15° - 25°	25° - 45°
Geomorfología	<ul style="list-style-type: none"> ● Llanura o planicie inundable ● Altiplanicie aluvial ● Altiplanicie aluvial sedimentaria ● Bofedal ● Isla fluvial ● Lagunas y cuerpos de agua 	<ul style="list-style-type: none"> ● Colinas en roca intrusiva, volcánica y sedimentaria ● Colinas y lomada estructural en roca sedimentaria ● Colinas y lomada disectada en roca sedimentaria ● Lomada en roca sedimentaria 	<ul style="list-style-type: none"> ● Montañas en roca intrusiva, volcánica y volcánico-sedimentaria ● Montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria ● Colinas en roca metamórfica ● Colinas estructurales en roca sedimentaria ● Abanico de piedemonte ● Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial 	<ul style="list-style-type: none"> ● Montañas en roca sedimentaria y metamórfica ● Vertiente glacial o de gelifracción ● Vertiente coluvial de detritos ● Morrenas ● Valle glacial con laguna ● Ladera en roca sedimentaria 	<ul style="list-style-type: none"> ● Piedemonte coluvio-deluvial
Litología	<ul style="list-style-type: none"> ● Depósitos fluviales ● Gneis 	<ul style="list-style-type: none"> ● Granito, monzogranito ● Calizas macizas ● Areniscas cuarzosas y cuarcitas ● Secuencia lávica ● Lavas y piroclásticos 	<ul style="list-style-type: none"> ● Depósitos lacustrinos, aluviales ● Pórfidos ● Adamelitas y granodioritas ● Dioritas, tonalitas, gabrodioritas y gabros ● Tobas y piroclásticos ● Tobas y brechas basálticas, lavas y tobas andesíticas, intercaladas con areniscas, lutitas y conglomerados ● Arenisca, lodolita y limolita ● Calizas, lutitas carbonosas, limoarcillitas y margas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Depósitos deluviales, coluviales, glaciares ● Arenisca y lutitas ● Filitas y pizarras ● Conglomerados, areniscas, lodolitas, limoarcillitas y lutitas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Esquistos y esquistos micáceos
Cobertura Vegetal y uso de suelo	<ul style="list-style-type: none"> ● Bosque húm. de colina alta ● Bosque húm. de colina baja y lomada ● Bosque húm. de montaña ● Bosque húm. de superficie plana inclinada ● Bosque húm. de terraza alta ● Bosque húm. de terraza baja y media 	<ul style="list-style-type: none"> ● Bosque relicto altoandino ● Bosque relicto mesoandino ● Plantación forestal 	<ul style="list-style-type: none"> ● Agricultura andina ● Áreas deforestadas en terraza ● Bofedal ● Matorral arbustivo ● Periglacial 	<ul style="list-style-type: none"> ● Pajonal altoandino 	<ul style="list-style-type: none"> ● Áreas deforestadas en colinas y montañas
Hidrogeología	<ul style="list-style-type: none"> ● Acuífero poroso no consolidado 	<ul style="list-style-type: none"> ● Acuífero sedimentario 	<ul style="list-style-type: none"> ● Acuífero fisurado sedimentario, volcánico y kárstico ● Acuitardo volcánico, volcánico-sedimentario 	<ul style="list-style-type: none"> ● Acuitardo intrusivo, metamórfico 	<ul style="list-style-type: none"> ● Acuitardo sedimentario

Cuadro 7.3
Susceptibilidad a los movimientos en masa en la región Pasco

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA	RECOMENDACIONES
SUSCEPTIBILIDAD MUY ALTA: Las condiciones del terreno son muy favorables para que se generen movimientos en masa. Se concentran donde ocurrieron deslizamientos en el pasado o recientes reactivaciones de los antiguos al modificar sus taludes.	
Sector noroccidental de la región: Conforman los acantilados del valle del río Chaupihuaranga, entre Misca y Yanahuanca a unos 4 km de Pampata Baja. Vertientes de laderas de los ríos Tingo (Pallanchacra) y Huallaga (Huariaca, Ticalcayán); vertientes inferiores de las laderas de la quebrada Quillán (entre Caninaco y Tangurpunco), Pancay (Tupac). Sector suroccidental de la región: Vertientes de laderas del río San José (Huayllay), laderas de los cerros Uncush Pucro y Condorchichi. Sector central de la región: Laderas en el valle del río Huachón que descienden desde Huancash hasta Tingo del Hualca; vertientes de montañas localizadas al oeste de Pampacolca y Piscopampa. Ríos de Paucartambo y Bellavista desde Cuchambra hasta la localidad de Yaupi. Cerros Sillapata, Maraynioc, Marca Marca). Vertientes de las laderas en ambas márgenes de los ríos Santa Cruz, Chorobamba y Pozuzo. Sector noreste de la región: Vertientes de las laderas del río Chinchihuani al noreste del distrito Constitución, límite con la región Ucayali.	Prohibir el desarrollo de cualquier infraestructura, sin el detallado conocimiento geológico previo. Son necesarios los estudios geológicos-geotécnicos al detalle para el desarrollo y construcción probable de cualquier tipo de infraestructura (carreteras, puente, canales, presas, hidroeléctricas), o habilitación urbana.
SUSCEPTIBILIDAD ALTA: Confluyen la mayoría de condiciones del terreno favorables a generar movimientos en masa, cuando se modifican sus taludes. Colinda con zonas de muy alta susceptibilidad.	
Tienen una distribución importante en la región en: Sector occidental de la región: Cerros Piruro, Rachacancha, Cushuropata y Cordillera Rumi Cruz, límite con la región Lima. Laderas de los cerros Cortadera, Andacancha, Hushuccacca y Huchuc Huanca. Cerros Llantashpunta, Jelgash, Yanachacca, Lomas Lahuacunca, Rumi Cruz y Torioc (carretera central Buena Vista-Tambo del Sol Viejo a 2 km de Ninacaca). Zona central de la región: Cerros Pan de Azúcar (al suroeste de Pozuzo), Cachahuarón, Cordillera Yanachaga (margen derecha del río Chorobamba). Cerros Arochiriz, Afazorete y Viatarma, vertientes de laderas del valle del río Cacazú (Yunculmas, Bella Esperanza), confluencia del Río Bocaz y quebrada Pescado. En laderas al sur del distrito Puerto Bermúdez; vertientes de laderas de las quebradas Acoya (Acoya), Chimani (Chimani-alto Azupizú), Quinturiani. Zona oriental de la región: Cabecera del río Chinchihuani. Laderas estructurales, a lo largo de laderas de valles encañonados como los ríos Neguachi y Nazarategui.	Restringir el desarrollo de infraestructura urbana, o de instalaciones para una alta concentración de población. En el caso de infraestructura vial, líneas de energía, actividad minera, etc., se deben de realizar estudios geotécnicos de detalle.
SUSCEPTIBILIDAD MEDIA: Presenta algunas condiciones favorables para producir movimientos en masa.	
Tiene una regular distribución en la región, localizándose en la altiplanicie aluvial sedimentaria, al centro y sur occidental de la región; laderas inferiores de la Cordillera Callejón, de colinas y montañas como Jocco punta, Canchas Punta; cerros Jatun Huaguia, Huahurar, Pishua Jirca, Mancan Pucro. Terrenos ubicados en las cabeceras de región. Así como en las laderas de colinas al este de la región.	Permitir el desarrollo de infraestructura urbana e industrial, al conocer el detalle de las propiedades de los terrenos para poder tomar decisiones respecto a la viabilidad del proyecto.
SUSCEPTIBILIDAD BAJA: Las condiciones intrínsecas del terreno no son propensas a generar movimientos en masa.	
Se localizan en la zona de bofedales y pampas Mitocancha y Picón disectadas por los ríos Condorconcha, Huascán, Yahuramayo, Maray Chaca, en la superficie localizada sobre los poblados de Yurcaya, Huaylas, Bocan, Pacorán Chico, Paucarcoto; terrenos planos localizados en terrazas de ríos y quebradas de la región. Así como en las colinas y lomadas al este de la región, en el límite con la región Ucayali.	Permitir el desarrollo de infraestructura al incorporarse las recomendaciones del estudio de diseño para hacer viable cualquier proyecto, o adaptarse a las condiciones del terreno.
SUSCEPTIBILIDAD MUY BAJA: Podrían ser afectadas por procesos que ocurren en sus franjas marginales, como obstrucciones o cierres de valles originados por flujos, deslizamientos u otro movimiento en masa.	
Valles principales al Oriente de la región como los ríos Nazarategui, Pichis, Ancayali, Apurucayali, Palcazú, Pozuzo, entre otros. En el centro de la región, valle de los ríos Paucartambo, Chorobamba, Huancabamba. Al oeste de la región, los valles de los ríos Chaupihuarango, Huallaga, Mantaro, entre otros.	Evaluar procesos geohidrológicos circundantes (inundación y erosión fluvial), en las áreas de escorrentía, generación de flujos de detritos u otros movimientos en masa en sus zonas marginales.

7.3 SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES Y EROSIÓN FLUVIAL

La susceptibilidad está referida a la mayor o menor predisposición de que un evento suceda en un determinado espacio geográfico. La susceptibilidad analizada representa un enfoque basado en un análisis heurístico-cualitativo, en el que prima el conocimiento experto e histórico del lugar que se evalúa. Basado en una visión retrospectiva de los eventos acontecidos en la región, y partiendo del conocimiento de las características geomorfológicas, hidrológicas y edafológicas del valle principal y tributarios, se llega a zonificar la región en zonas de mayor o menor predisposición a estos procesos.

Por tanto, la susceptibilidad a la inundación es la posibilidad de que un área se inunde en base a las condiciones locales del terreno. La geomorfología es una de las variables fundamentales; la llanura de inundación, teóricamente, controla: 1) el flujo de agua y la actual configuración de las formas del terreno (terrazas y cauce), y 2) la distribución de sedimentos fluviales (albardones, terrazas bajas), las que provocarán inundaciones en el futuro. Este análisis geomorfológico de formas del terreno se complementa con información de registros históricos de antiguas inundaciones ocurridas e información topográfica (pendiente del terreno).

En el análisis de susceptibilidad a las inundaciones, en función a la escala de trabajo, se consideran dos variables: rangos de pendiente y unidades geomorfológicas de la región. En forma simultánea, procesos de erosión fluvial ocurren como eventos asociados, generalmente circunscritos a la caja o cauce principal o quebrada, limitado por terrazas bajas o altas, donde su fuerza erosiva o socavamiento fluvial se origina muchas veces por la carga de sedimentos (flujos de detritos o huaicos). Esto ocurre anualmente con las avenidas estacionales, y dependiendo de la existencia de una adecuada protección de riberas (defensas con gaviones, muros o enrocados) y del ordenamiento de uso del territorio; se verán afectados terrenos de cultivo (ganados de forma inapropiada al cauce fluvial) sin plataformas o rasantes de carretera en terrazas bajas, u otras estructuras como bocatomas, canales y puentes.

Las variables usadas, su forma de obtención y los pesos asignados a cada factor se presentan en el Cuadro 7.4. Asimismo, en forma independiente, se asignaron diferentes pesos a las unidades diferenciadas (Cuadro 7.5). Esto permitió zonificar la región en rangos de susceptibilidad desde alta a muy baja o nula (Mapa 8).

Los rangos o grados de susceptibilidad fueron calculados estadísticamente de la misma forma utilizada para el mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa, con ayuda del GIS (ARCGIS 10.1, y el software Spatial Analyst y 3D Analyst). A partir de los datos arrojados de las interacciones de estos dos mapas y empleando la siguiente ecuación se tiene:

$$SI = \frac{SGMI (0,60) + SPI (0,40)}{2}$$

En donde:

SI: Susceptibilidad a inundaciones

SGI: Susceptibilidad del parámetro Geomorfología a las inundaciones

SPI: Susceptibilidad del parámetro Pendiente a las inundaciones

La caracterización de los diferentes rangos de susceptibilidad a las inundaciones (Mapa 8), su distribución en la región Pasco, se describe y detalla en el Cuadro 7.6.

7.4 VALIDACIÓN DE LOS MAPAS DE SUSCEPTIBILIDADES

El último paso del análisis de susceptibilidad es la validación de los resultados obtenidos, pues este mapa debe reflejar a escala regional la susceptibilidad a los movimientos en masa, de manera que permita tener una idea de su utilidad para predecir deslizamientos en el futuro.

Los mapas de susceptibilidad (Mapas 7 y 8) han sido validados con la superposición del mapa de inventario de peligros geológicos (Mapa 6) y las observaciones realizadas en los trabajos de campo.

Cuadro 7.4
Ponderación de las variables

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	OBTENCION	PESO
Pendiente	Seis rangos de pendiente de los terrenos, expresado en grados (0° a 90°).	Modelo Digital de elevaciones, elaborado con SIG a partir de mapas topográficos a escala 1:100 000 con equidistancia de curvas cada 50 m (Mapa 3).	40
Geomorfología	Unidades geomorfológicas de acuerdo a su amplitud de relieve, altura relativa, pendiente y asociación morfogénica.	Interpretación de Imágenes satelitales, cartas topográficas y chequeo de campo a escala 1:100 000 (Mapa 4).	60

Cuadro 7.5
Unidades consideradas y susceptibilidad a las inundaciones

Factores	Susceptibilidad				
	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Pendiente	15° - 25° 25° - 45° > 45°	5° - 15°		1° - 5°	< 1°
Geomorfología	<ul style="list-style-type: none"> ● Montañas en roca intrusiva, volcánica, volcánica-sedimentaria, sedimentaria y metamórfica ● Colinas en roca intrusiva, volcánica, sedimentaria y metamórfica ● Colinas estructurales en roca sedimentaria ● Colinas y lomadas estructurales y disectadas en roca sedimentaria ● Lomadas en roca sedimentaria ● Morrenas ● Vertiente coluvial de detritos ● Vertiente glacial o de gelifracción ● Laderas en roca sedimentaria ● Depósito antropógeno 	<ul style="list-style-type: none"> ● Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial ● Vertiente o piedemonte aluvial ● Abanico de piedemonte ● Altiplanicie aluvial ● Altiplanicie aluvial sedimentaria 		<ul style="list-style-type: none"> ● Valle fluvial y terraza indiferenciada ● Valle glacial con laguna ● Bofedal ● Isla fluvial ● Terraza aluvial 	<ul style="list-style-type: none"> ● Llanura o planicie inundable ● Lagunas y cuerpos de agua

Cuadro 7.6
Grados de susceptibilidad a las inundaciones y erosión fluvial en la región Pasco

Grado	Características de los terrenos
Alta	<p>Terrenos que corresponden a las llanuras de inundación y abanicos aluviales de baja pendiente, que se inundan de manera periódica a ocasional en los valles (tributarios y principal) interandinos de la cuenca media y alta, los cuales se distribuyen en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Río Huaylamayo</u>, Valle amplio plano con un ancho de hasta 250 a 350 m. Terrazas bajas del río Huaylamayo. • <u>Río Huancabamba y afluentes</u>: valle amplio de hasta 1.5 km de ancho. Además, inundación de terrenos planos aledaños a los cauces de las quebradas en los sectores Espíritu Pata y Limón Pata. • Valle del río Chorobamba: valle amplio plano, con un ancho variable de 850 m, entre la localidad de La Victoria y La Florida. • <u>Zona de Oxapampa</u>: terrenos planos, ligeramente inclinados. Valle del río Santa Cruz, La Esperanza, Llamaquizú y abanicos aluviales. Terrenos ligeramente inclinados en la confluencia de las quebradas San Luis, La Esperanza y San Alberto. • <u>Zona de Iscozacín</u>: Valles amplios de los ríos Chuchurras, Iscozacín, Lagarto en margen izquierda del río Palcazú (sectores Nueva Esperanza, Esperanza, Villa América, Alto Conazo, Mazuhuazú, entre otros). • <u>Valle del río Pichis</u>: Ambas márgenes del río Pichis y confluencias con los ríos Chivis, Asupizú y Nazaratégui (sectores Puerto Bermúdez, San Pedro, Palmacocha, Santa Isidora, Tres Unidos, San Juan, Puerto Lagarto). • <u>Valle del río Palcazú</u>: Valle amplio, terrenos planos a ondulados (entre Ciudad Constitución y El Regadero). • <u>Valle del río Pachitea</u>: río meandriforme en terrenos planos (sector Puerto Orellana). • <u>Altiplanicies</u>: localizándose en la altiplanicie aluvial sedimentaria, se localizan en la zona de bofedales y pampas Mitocancha y Picón disectadas por los ríos Condorconcha, Huascán, Yahuramayo, Maray Chaca (sectores Yurcaya, Huaylas, Bocan, Pacorán Chico, Paucarcoto). • <u>Terrazas bajas</u>: Terrenos de baja pendiente formado por los valles de ríos y quebradas, en valles amplios de pendientes bajas y abanicos aluviales en la región.
Media	<p>Pueden ocurrir inundaciones con precipitaciones pluviales excepcionales, por acumulación de agua en zonas mal drenadas o con poca capacidad de infiltración, a lo largo de torrenteras, quebradas y ríos. Se distribuyen en:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Abanicos aluviales de los ríos Huaylamayo, Huancabamba, Santa Cruz entre otros. · Valle de los ríos Chaupihuaranga y Pozuzo. · Parte de sus afluentes principales del río Chorobamba, como las quebradas Santa Clara, San Roque, Quillazú, Sipuzú, San Cayetano, Gramazú, Palmazú, Tablachaca. · Terrenos planos ligeramente inclinados circundantes a las lagunas Punrun, Acucocha, Pampacancha, Carpacancha, entre otras. · Terrenos de baja pendiente que conforman abanicos aluviales. · Terrenos plano-ondulados, localizados al oriente de la región en ambas márgenes del río Pichis, en la Llanura Amazónica.
Baja	<p>Terrenos bajos adyacentes a terrazas, vertientes de suave inclinación, valles fluviales y ríos secundarios. Terrenos levemente inclinados, mal drenados, que podrían ser inundados con lluvias excepcionales.</p>
Muy Baja a Nula	<p>Vertiente de laderas inclinadas y cóncavas de montañas y colinas; terrazas antiguas elevadas.</p>

CAPÍTULO VIII

ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS

8.1 GENERALIDADES

El presente capítulo enfatiza las zonas o áreas consideradas como críticas, con peligros potenciales de acuerdo con la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia en algunos casos periódica a excepcional; algunas pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales, y donde es necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres. Sobre estas se dan recomendaciones generales para prevención y mitigación de desastres.

La información fue obtenida de informes, artículos periodísticos, relatos orales de los mismos pobladores y principalmente observaciones de campo. Constituye información geológica útil sobre áreas afectadas por peligros o potencialmente susceptibles a los peligros, la cual se pone a consideración del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), CENEPRED, Gobierno Central y Regional.

Sin embargo, no se puede dejar de manifestar que, si bien este estudio recomienda la priorización de obras en estas zonas críticas que buscan mitigar o reducir los daños causados por estos peligros, no se debe restar atención a los demás peligros que ha sido identificados en el inventario de peligros, así como también a los que aparecen cartografiados dentro del mapa geomorfológico. Ante la presencia de lluvias excepcionales, muchas de estas zonas podrían aumentar y acelerar su actividad, reactivarse, hasta constituirse en nuevas zonas críticas.

En el Mapa 9, se muestra la distribución de 30 zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la región Pasco, identificados durante los trabajos de inspección e inventario de peligros geológicos en campo.

8.2 ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS

Luego de realizar la correlación estadística del tipo de peligro o peligros que concurren en las 30 zonas críticas identificadas

en la región y su ubicación por provincia (Gráfico 8.1), se puede observar que la mayor cantidad de zonas críticas a la ocurrencia de peligros geológicos se ubica en la provincia Pasco (13) seguido por las provincias Oxapampa (9) y Daniel A. Carrión (8).

El peligro predominante en estas zonas críticas son las caídas-derrumbes, seguido por flujos de detritos y en menor proporción erosión de laderas; finalmente, se debe mencionar que el resto de las zonas críticas resultan de la combinación de más de dos peligros.

En los Cuadros 8.1, 8.2 y 8.3, se describen los principales sectores considerados críticos agrupados por provincia. En cada uno se indica el o los tipos de peligros a los que están expuestas las zonas vulnerables (afectadas o con potencial de daño), así como las recomendaciones que deben tomarse en cuenta para prevenir y mitigar daños.

8.2.1 Provincia Daniel A. Carrión

Esta provincia ocupa un menor porcentaje de territorio en la región. Las poblaciones ubicadas en las márgenes de los ríos Chaupihuaranga y Yanahuanca, principalmente (terrazas, laderas o depósitos de piedemonte), ocupan la cuenca media y alta. Corresponden a los distritos Yanahuanca, Chacayán, Goyllarisquizga, Paucar, San Pedro de Pillao, Santa Ana de Tusi, Tapuc y Vilcabamba.

En esta provincia se identificaron ocho zonas críticas (Cuadro 8.1), las cuales se detallan a continuación por distritos. Para cada una se presenta fotos ilustrativas de los procesos que las afectan (Fotografías 8.1 a 8.15).

8.2.2 Provincia Pasco

Esta provincia está dividida en 13 distritos. Las poblaciones se ubican tanto en las márgenes y vertientes de los ríos Huallaga y Paucartambo, así como valles tributarios (ríos Huachón, Tingo, Carhuac, Ticalcayán, entre otros), sobre altiplanicies glaciofluviales, depósitos piedemonte y terrenos volcánicos. Corresponden a los distritos de Pallanchacra, Huariaca, Simón Bolívar, Yanacancha, Ticalcayán, Paucartambo, Huachón,

Huayllay, Chaupimarca, Ninacaca, San Francisco de Asís de Yaruscayán, Tinyahuanco y Vicco.

En esta provincia se han identificado grandes eventos de movimientos en masa antiguos y recientes que condicionan la existencia de 13 zonas críticas (Cuadro 8.2), las cuales se detallan a continuación. Ejemplos de estas zonas críticas se muestran en las Fotografías 8.15 a 8.26.

8.2.3 Provincia Oxapampa

Esta provincia ocupa un gran porcentaje de territorio en la región, y se encuentra dividida en siete distritos. Las poblaciones se ubican

en gran parte en abanicos aluviales, terrazas altas y bajas de las márgenes de los ríos Palcazú, Pichis, Iscozacín, Chuchurras, Chontabamba, Pozuzo, Paucartambo, entre otros. Corresponden a los distritos de Pozuzo, Huancabamba, Chontabamba, Oxapampa, Villa Rica, Palcazú y Puerto Bermúdez.

En esta provincia se identificó nueve zonas críticas (Cuadro 8.3), principalmente inundaciones, erosiones fluviales y derrumbes, las cuales se detallan a continuación, por distritos. Para cada una de ellas se presentan las Fotografías 8.27 a 8.55.

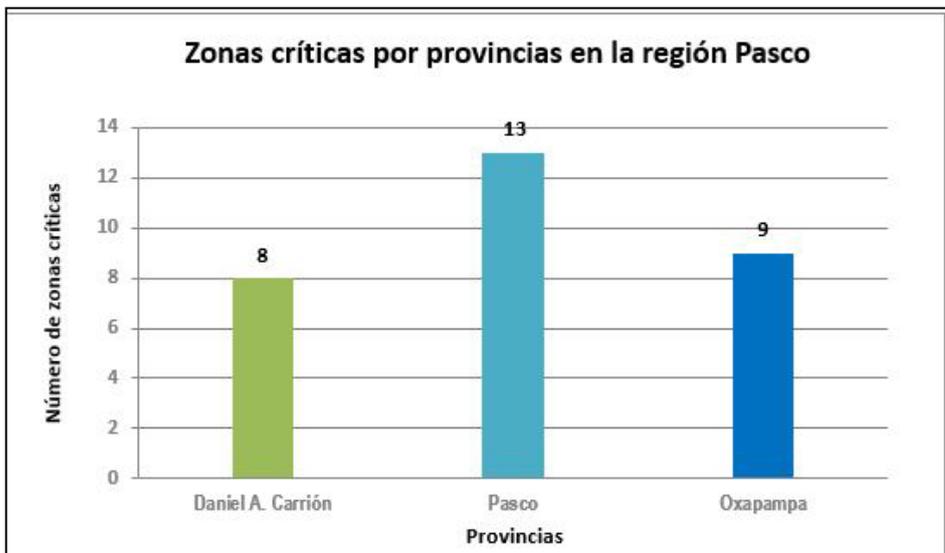


Gráfico 8.1 Zonas críticas por provincias en la región Pasco.

Cuadro 8.1
Zonas críticas identificadas en la provincia Daniel Alcides Carrión

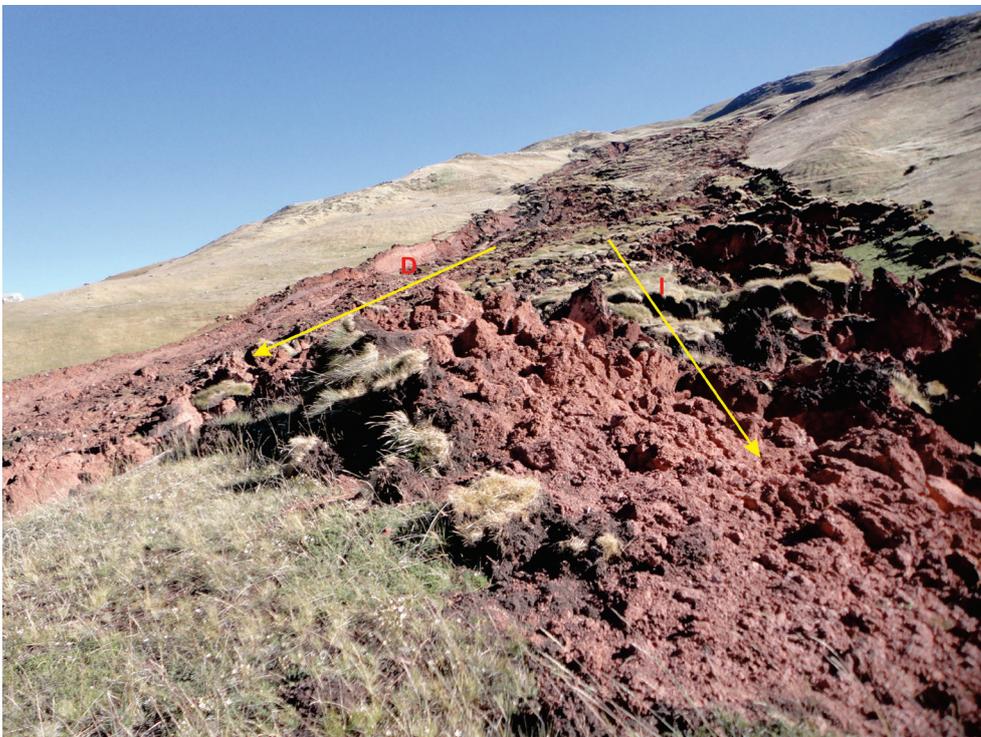
Sector (Distrito)	Áreas sujetas alcomentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
<p>1 Santiago Pam- pa-Chinche (Yanahuanca)</p>	<p>Movimientos complejos (Deslizamiento-flujo, derrumbe-flujos), inundación, erosión fluvial. El deslizamiento se generó el 18 de abril del 2011 en el flanco sureste del cerro Huarmi Huafiusa, margen izquierda del río Andachaca con actividad retrogresiva. Dos meses antes de generarse el evento aparecieron grietas y asentamientos. Este deslizamiento luego se comportó como un flujo de lodo, con velocidad rápida, el cual al llegar a una pequeña tomada se dividió en dos brazos, obstruyendo dos tramos de la carretera Yanahuanca-Andachaca y represó el río Andachaca por 20 días. Aún se observa parte del depósito en el cauce (Fotografías 8.1 y 8.2). Los suelos son limoarcillosos con poco contenido de arena de color rojizo y capas superficiales de material orgánico, con presencia de tres manantiales en el cuerpo del deslizamiento que siguen saturando estos depósitos. El terreno es irregular, con bofedales y presencia de grietas longitudinales y transversales de hasta 0.5 m de ancho, de 10 a 20 m de longitud y de 0.2 a 0.4 m de profundidad en la parte alta. La corona del deslizamiento tiene forma semicircular de aproximadamente 70 m de longitud; la escarpa principal tiene alturas entre 2 a 7 m (Fotografía 8.3). La longitud entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 170 m y 900 m de recorrido. También, se observa una zona de escarpa de 7 km de longitud en el cerro Ventanilla, en donde se originaron avalancha de rocas, deslizamientos, huacos y reptación de suelos. El poblado Santiago Pampa también es afectado por inundación, así como el sector Chinche donde se ha colocado un muro de contención para protegerlo de la erosión fluvial (Fotografía 8.4).</p>	<p>El deslizamiento de Santiago Pampa causó la muerte de una persona que se encontraba limpiando la carretera y también destruyó aprox. 13,5 ha de cultivos de papa, pastizales y avena para el ganado, de las cuales aprox. 7 ha se encuentran inutilizables. Afectó 100 metros en dos sectores de la carretera a la altura del km 11+680 y 04 viviendas afectadas del anexo Chicchi Ucro del centro poblado Santiago Pampa presentan grietas. También puede afectar viviendas del sector Chinche.</p>	<p>En el caso de Santiago Pampa se debe evitar el riego por gravedad, captar los manantiales e implementar un sistema de drenaje. Se debe prohibir la construcción de viviendas. Se debe construir muros de contención en la margen izquierda del río Andachaca para protegerlo de la erosión del río y el desborde hacia el poblado Santiago Pampa, en ambas márgenes del río Andachaca, sector Chinche, así como efectuar la limpieza del cauce del río. Cambiar el trazo de carretera Pasco-Yanahuanca.</p>
<p>2 Yanahuanca- Chippata (Yanahuanca)</p>	<p>Área sujeta a erosión fluvial, derrumbes, erosión de laderas, deslizamiento, huacos. Erosión fluvial en ambas márgenes del río Yanahuanca (Fotografía 8.5), entre los poblados Racy y Huarajira aproximadamente un tramo de 5 km. También presenta derrumbes en el talud superior en varios tramos de carretera: Yanahuanca-Tapuc, Yanahuanca-Yanacocha y erosión en cárcavas que han socavado el terreno por donde ahora se generan huacos en los cerros Iscapata y Pintasha; el tipo de material está conformado por canchales de detritos poco consolidados. El área también es afectada por deslizamientos como en la ladera del cerro Gashuagaga, margen izquierda de la quebrada Ranracancha que desde el año 2000 viene presentando actividad. Su escarpa mide 800 m de longitud y un desnivel de 500 m; el poblado Chippata se encuentra asentado en el cuerpo de este deslizamiento a 3 km de Yanahuanca; se producen basculamientos, asentamientos de terreno, agrietamientos, con una pendiente de 26° (Fotografía 8.6). Los últimos eventos registrados fueron el 20/03/2000 y el 08/01/2008; otro deslizamiento registrado por la zona es del sector denominado Jutuc registrado el 05 de setiembre del 2007, con una escarpa de 5 m de salto y presencia de cárcavas, que afectó aprox. 1.2 ha, dejando como zona crítica el km 52 de la carretera Yanahuanca-Palca. Actualmente, algunas viviendas del poblado de Yanahuanca, terrenos de cultivos y torres de electricidad de alta tensión se encuentran sobre un abanico antiguo, en la margen derecha del río Yanahuanca; esta zona es afectada por huacos que discurren por la quebrada Ranracancha, la cabecera de esta quebrada presenta avalancha de rocas y derrumbes; como consecuencia de lluvias intensas se producen huacos con frecuente periodicidad, los últimos eventos que causaron más daños fueron registrados el 07/01/1998 y el 05/04/2009.</p>	<p>El material caído de los derrumbes y las cárcavas que acarrear flujos de detritos obstruyen tramos de las carreteras: Yanahuanca-Tapuc, Yanahuanca-Yanacocha. El deslizamiento activo de Chippata produce el asentamiento y agrietamiento de terrenos con pastizales, también es posible la pérdida total de la plataforma de la carretera Yanahuanca-Chippata, en el año 2000 tuvo como efecto 20 viviendas destruidas, 25 ha de cultivos y 70 m de carretera, el tránsito quedó interrumpido temporalmente. En el 2008 afectó 90 viviendas y 0,12 km de carretera. El huaco de Yanahuanca, en 1998, dejó como consecuencia 465 viviendas y 375 ha de terrenos de cultivo afectados y en el año 2009 afectó 17 viviendas, un centro educativo destruido, 44 establecimientos comerciales afectados, una persona fallecida, 10 km de carretera afectada, 2 km de carretera destruida y un puente afectado.</p>	<p>Para el caso de las cárcavas, colocar trinchos o barreras transversales a los cauces de las torrenteras, para controlar los procesos de socavación y pérdida de terreno. En el caso de derrumbes generados por el corte de la carretera, se debe realizar el mantenimiento permanente de la carretera sobre todo en época de lluvia y construir banquetas. Para el deslizamiento de Chippata, se debe implementar un sistema de monitoreo del deslizamiento para poder predecir nuevos movimientos; así mismo se debe declarar como inhabitable el cuerpo del deslizamiento. A corto plazo se deberá contemplar la posibilidad de reubicar las viviendas por estar localizadas en una zona de muy alto peligro, donde el avance retrogresivo de este puede afectar sus viviendas y a sus pobladores. Para el caso de huacos se debe mantener limpio el cauce del río Yanahuanca y quebrada Ranracancha, y realizar encauzamiento de estas con muros de concreto o gaviones para evitar daños severos.</p>

Sector (Distrito)	Áreas sujetas a comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
3 Km 230+300 carretera Yanahuanca- Yacán (San Pedro de Pillao)	Área sujeta a erosión fluvial, caída de rocas, deslizamiento, erosión de laderas y derrumbes. Tramo de la carretera Yanahuanca-Yacán se ve afectada por erosión fluvial en ambas márgenes a lo largo del río Chaupiguarango (Fotografía 8.7). También, la zona se ve afectada por caída de rocas en el sector San Pedro de Pillao. También, es afectada la zona por inundaciones y erosión fluvial en los depósitos de flujos antiguos en los sectores Molino, Ushpachaca (Fotografía 8.8). Cada año el poblado pierde varias hectáreas de terreno de cultivo muy cerca al pueblo.	Puede afectar un tramo de la carretera Yanahuanca-Yacán a la altura del km 230+300, pérdida de terrenos de cultivo por erosión, así como un colegio, una piscigranja y algunas viviendas de los sectores Molino y Ushpachaca, para lo cual se ha colocado un muro de gaviones de aprox. 0.5 m de alto y 8 m de longitud en ambas márgenes y enrocado para proteger la carretera Yanahuanca-Huánuco.	Colocar, mejorar y reforzar defensas ribereñas. Realizar trabajos de limpieza y encauzamiento del río. Se hace imprescindible la construcción de un muro de contención para dar seguridad a las viviendas de Molino y Ushpachaca, o en todo caso reubicar las viviendas que se encuentran asentadas en zonas inseguras cerca del cauce del río.
4 Tapuc-Cha- cayán (Tapuc)	Área sujeta a erosión de laderas, derrumbes, deslizamiento, erosión fluvial y huacos. La zona entre Vilcabamba y al este de Tapuc se encuentra afectada por intensa erosión en cárcavas por donde discurren huacos. En el año 2000, al sureste de Tapuc, en el cerro Matagaya, ocurrió un derrumbe sin consecuencias, el que involucró calizas y actualmente el material caído se encuentra acumulado como canchales en las laderas superiores del pueblo. En el año 2003, Tapuc fue afectado por deslizamientos en las cabeceras de las quebradas tributarias de la margen izquierda del río Ushugoya, con una pendiente que varía entre 20° a 30°, debido a la acción antrópica que utiliza estas quebradas como colectores de desagüe de las aguas servidas del pueblo y de precipitación pluvial, originando la profundización de sus cauces. En la margen derecha del río Ushugoya se generó un deslizamiento en el sector Chacayán (14/01/2005). (Fotografías 8.9 y 8.10).	Aproximadamente 100 viviendas del poblado Tapuc se encuentran ubicadas cerca de la corona de un deslizamiento. De producirse otra reactivación, puede afectar severamente algunas viviendas de los barrios Callao, Huaykas, Cutiragra y Asiacyacu. También, afecta a terrenos de cultivo y tramo de la carretera Vilcabamba-Tapuc. En el sector Chacayán el deslizamiento afectó un centro de salud, dos centros educativos, una oficina pública y 61 viviendas; cinco viviendas destruidas y 4 km de carretera afectada.	Reubicar las viviendas localizadas cerca del borde del deslizamiento y las viviendas que están dentro del área de influencia de las quebradas. Prohibir la construcción de viviendas en la zona de influencia de las quebradas. Diseñar un sistema de drenaje para la captación de aguas de escorrentía superficial y subterránea; se debe continuar con la reforestación de las zonas ubicadas sobre el área donde se hace evidente el corrimiento del material. Colocar trinchos o barreras transversales a los cauces de las torrenteras, para controlar los procesos de socavación y pérdida de terreno. Colocar alcantarillas.
5 Sector Gollarisquiza (Santa Ana de Tusi/Goyllarisquiza)	Área sujeta a deslizamientos, reptación de suelos y erosión en cárcavas. Deslizamiento antiguo de 600 m de ancho de escarpa, con presencia de erosión en cárcavas en el cuerpo. Presenta reactivaciones en la parte baja del poblado de Goyllarisquiza, con escarpas sucesivas. El área también es afectada por reptación de suelos, se ha colocado 2 muros de enrocado en el lado izquierdo de la cara libre (Fotografías 8.11 y 8.12). En el flanco izquierdo del poblado también hay otro deslizamiento de las mismas características y magnitud. En ambas márgenes del río Pacobamba, el área presenta irregularidades en el terreno, debido a procesos de reptación de suelos el cual genera pequeños derrumbes y desgarro de cobertura vegetal.	Asentamientos y grietas en terrenos de cultivo y colegio que se encuentra en la parte baja del poblado Goyllarisquiza; en el km 25+800 aprox. de la carretera Pasco-Vinchos cedió un muro de contención de 8 m de longitud que se colocó para proteger la carretera Pasco-Vinchos y una alcantarilla de 0.6 m de diámetro. Puede afectar la carretera Pasco-Goyllarisquiza y la tubería de agua potable. Destruyó 500 m de la carretera Antagasha-Huayayoc-Pocobamba-Huayo.	Prohibir la construcción de viviendas en el cuerpo del deslizamiento, si es posible realizar monitoreo rural como la posición de dos estacas para medir el desplazamiento de las grietas en las viviendas del poblado Goyllarisquiza así como realizar charlas de sensibilización a la población para que se encuentren preparados ante la ocurrencia del mismo. En el caso de deslizamiento y reptación de suelos deben tratar de estabilizarse con trabajos de drenaje de las aguas subterráneas; en lo posible dejar de regar en la zona. Colocar trinchos o barreras transversales a las cárcavas para evitar que se profundicen. Para el caso de los bloques suspendidos en el talud se debe desquichar y retirar estos bloques para evitar las caídas en el caso de la ocurrencia de sismos.

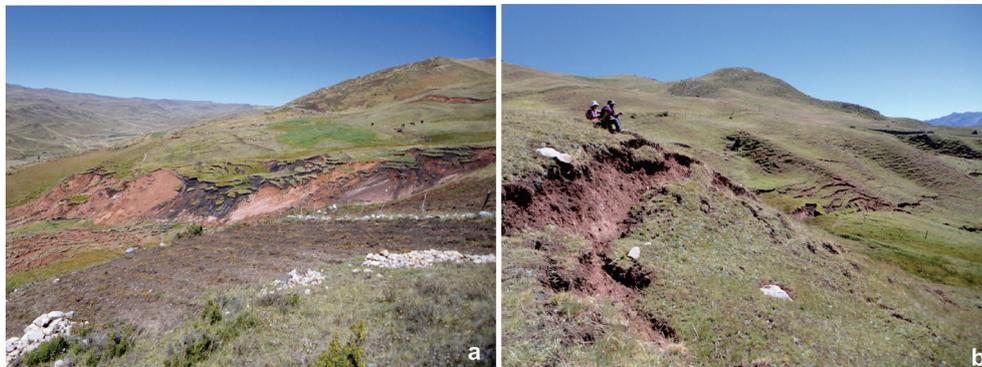
Sector (Distrito)	Áreas sujetas al comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
6. Santa Ana de Tusi, Pampaña (Santa Ana de Tusi)	<p>Área sujeta a erosión de laderas, derrumbes y deslizamientos. A consecuencia de una torrencial lluvia, el 09 de abril del 2012 se produjo un deslizamiento en Santa Ana de Tusi, con una considerable cantidad de material, el cual bloqueó la carretera de ingreso al Centro Poblado de Pampaña, afectando un tramo de aproximadamente de 50 m. Existen reportes de actividad de este proceso en los años 1998 y 2000. (Fotografía 8.13). En ambas márgenes del río Pacobamba se observa también intensa erosión en cárcava y reptación de suelos.</p>	<p>En riesgo 1600m de la carretera Goylarisquizga-Santa Ana de Tusi y viviendas del poblado Santa Ana de Tusi. Destruyó 1000 m de la carretera Azul Mina-Puente Tusi y Santa Ana de Tusi- Pampaña-Chichurraquina-Antagasha.</p>	<p>Realizar trabajos de drenaje de las aguas subterráneas, que saturan los suelos, construir badenes y alcantarillas en la carretera; en la medida de lo posible reubicar las viviendas ubicadas dentro de la zona deslizada; regar los cultivos por métodos que no requieran la inundación de los terrenos.</p>
7. Chunquipata (Santa Ana de Tusi)	<p>Áreas sujetas a caídas de rocas, reptación de suelos, erosión de laderas, deslizamiento, derrumbes y huaiicos. En el km 45+100, en el cerro Argoato en laderas superiores del poblado Chunquipata se observan caídas en canchales de déritos; se han colocado muros de contención por sectores. Otro peligro geológico que se presenta en el área es la erosión de laderas en ambas márgenes de la quebrada Chunquipata, en los cerros Mal Paso, Cerro Puihuan Punta. El deslizamiento de Huirahuillan se reactiva anualmente en épocas de lluvias desde hace 4 años, producto de la deforestación y el sobrepastoreo de esta zona junto con las lluvias anuales son una de las causas de la reactivación de este proceso. Se observa reptación de suelos en la parte baja del deslizamiento. Además, el área es afectada por erosión en cárcavas producto de las lluvias por donde discurren flujos de déritos y derrumbes en el pie de la ladera (Fotografía 8.14).</p>	<p>Cuatro viviendas dentro del cuerpo del deslizamiento y pequeñas áreas de terrenos de cultivos. El huaiico que discurrió por una cárcava muy cerca de Chunquipata causó la muerte de una niña y destrucción del camino de herradura.</p>	<p>Reubicar las viviendas que se encuentran en peligro de caer. Colocar alcantarillas en los tramos de carretera donde intercepta la cárcava. Colocar trincheras o barreras transversales a las cárcavas para evitar que sigan profundizando su cauce.</p>
8. Chango (Chacayán)	<p>Área afectada a deslizamientos, derrumbes, erosión de ladera y huaiicos. El centro poblado de Chango se encuentra ubicado en la margen derecha del río Chaupihuaranga, entre las quebradas Acucallán y Huaycharagra, donde presentaba pequeños derrumbes desde el año 1962 así como asentamientos y saltos. En el año 1996 debido a la presencia de puquiales, mal uso de riego (por gravedad), esta zona también es afectada por erosión en cárcavas de actividad retrogresiva en la cabecera de la quebrada ShinShing por donde discurren flujos de déritos, con pendiente de 25 a 35°, también es afectado por inundaciones y erosión fluvial en los depósitos de flujos antiguos en los sectores Molino, Espachaca. Cada año el poblado pierde varias hectáreas de terreno de cultivo muy cerca al pueblo. Debido a la constante erosión retrogresiva se ha reactivado en la cabecera un deslizamiento que viene afectando a viviendas del centro poblado. De seguir manteniendo las condicionantes puede representar el río Chaupihuaranga y afectar a los poblados aguas abajo (Figura 8.1).</p>	<p>El deslizamiento reactivado del Chango afecta moderadamente viviendas y terrenos de cultivo, en algunos sectores presenta asentamientos, el área también es afectada por derrumbes y huaiicos eventuales.</p>	<p>En Chango se ha reforestado las laderas superiores en las nacientes de las quebradas a pesar de esta medida no se realizó el control de las aguas de escorrentía e infiltración y conducirías a un desagüe natural sin que afecten los suelos de área. Reubicar y prohibir la construcción de viviendas en el centro poblado Chango.</p>



Fotografía 8.1 A) Vista panorámica del Movimiento complejo (deslizamiento-flujo) de Santiago Pampa. B) Vista del pie del movimiento complejo que se comportó como un flujo de lodo. Destruyó la carretera y embalsó al río Andachaca.



Fotografía 8.2 Vista donde se observa el evento que en un inicio se generó como un deslizamiento. A lo largo de su trayectoria se comportó como un flujo de lodo, debido a las propiedades de los materiales involucrados. Este flujo en su recorrido se dividió en dos brazos I y D.



Fotografía 8.3 a) Desplazamientos consecutivos del terreno de la parte alta de la ladera con presencia de grietas transversales. b) Presencia de saltos en la parte alta de la corona del deslizamiento-flujo de Santiago Pampa.



Fotografía 8.4 Zona afectada por inundación fluvial en ambas márgenes del río Andachaca, sector Chinche. Se ha colocado muro de contención.



Fotografía 8.5 Derrumbes en el sector Yanahuanca, el poblado se encuentra en un depósito antiguo de un derrumbe, con reactivaciones en forma de derrumbes en el pie, margen derecha del río Yanahuanca.



Fotografía 8.6 Sector Chipipata, con presencia de grietas transversales (izquierda), vista de saltos de la escarpa del deslizamiento (derecha).



Fotografía 8.7 Vista del deslizamiento antiguo de Yacán; nótese escarpa antigua aún visible, con reactivaciones al pie del deslizamiento en la margen izquierda del río Chaupihuaranga y presencia de erosión en cárcavas.



Fotografía 8.8 a) Erosión fluvial en la margen izquierda del río Chaupihuaranga que puede afectar la carretera Yanahuanca-Ambo; una piscigranja y colegio del sector Molino, también son afectados por la crecida del río; b) Vivienda del poblado Chango afectada por los asentamientos, 13 de agosto del 2013 (Tomado de: <http://diariocorreo.pe>).



Fotografía 8.9 A la izquierda: Vista de deslizamientos en la margen derecha del río Ushugoya, poblados Chacayán y Mito, se encuentran asentados dentro de estos deslizamientos, presenta reactivaciones como derrumbes al pie del deslizamiento y erosión en cárcavas. A la derecha: Se observan deslizamientos en la cabecera de las quebradas, el poblado Tapuc se encuentra muy cerca al borde de la corona de estos procesos; esta zona también es afectada por intensa erosión en cárcavas que en época de lluvias genera flujos de detritos.



Fotografía 8.10 Erosión en cárcavas en la margen izquierda del río Ushugoya. El área también es afectada por derrumbes. El poblado de Tapuc se encuentra sobre la corona de un deslizamiento antiguo con presencia de cárcavas.



Fotografía 8.11 Vista panorámica del sector Casha, se encuentra sobre un deslizamiento rotacional antiguo con reactivaciones en forma de derrumbes y cárcavas en el cuerpo del depósito superficial.



Fotografía 8.12 Vista panorámica del poblado Goyllarisquiza, parte de la población se encuentra sobre un deslizamiento rotacional antiguo con reactivaciones en forma de flujo de tierra, presenta asentamientos.



Fotografía 8.13 Derrumbe en talud superior de la carretera Santa Ana de Tusi-Pampania, en febrero del 2012, interrumpió el tránsito de la carretera, específicamente en el tramo hacia el ingreso del Centro Poblado de Pampania. (Tomado de: <http://diariocorreio.pe>).



Fotografía 8.14 Vista de erosión en cárcavas y deslizamientos en el cerro Argoaro, la cárcava corta la carretera Pasco- Chunquipata que en época de lluvia genera huaicos interrumpiendo el tránsito vehicular.

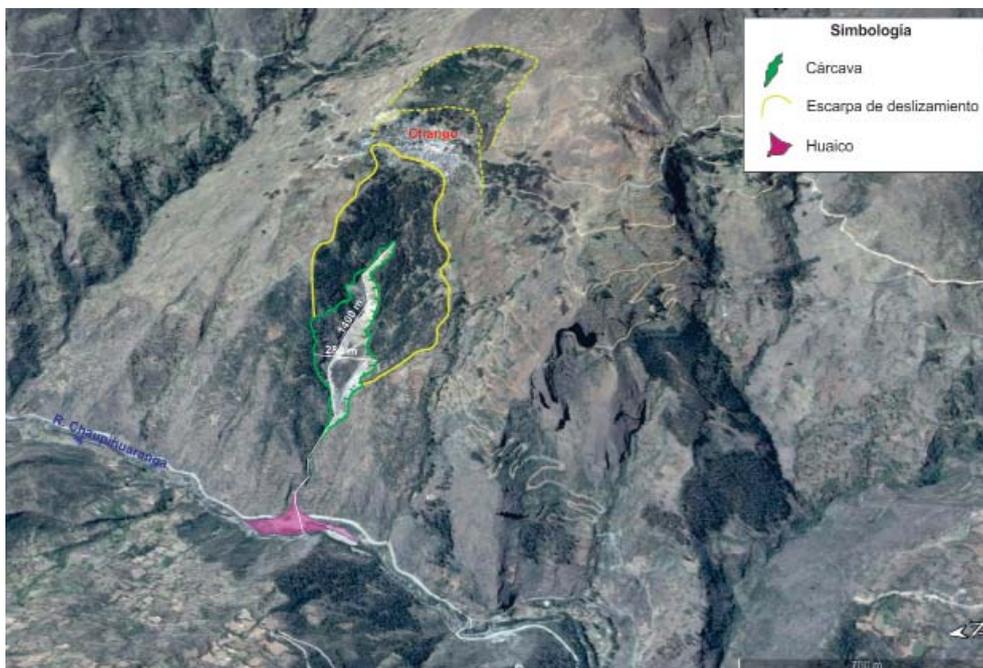


Figura 8.1 Peligros geológicos en el sector Chango. Imagen del Google Earth.

Cuadro 8.2
Zonas críticas identificadas en la provincia Pasco

Sector (Distrito)	Áreas sujetas a/comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
<p>9 Poblado de Pallanchacra (Pallanchacra)</p>	<p>Área sujeta a flujos de detritos (huaicos), erosión de laderas, erosión fluvial e inundación. Intensa erosión de laderas que han socavado más de 2 m de terreno y que acarrear huaicos, las cuales cruzan por el poblado de Pallanchacra (Fotografía 8.15). Derrumbes en cabecera del río Tingo aporta material a su cauce, aguas abajo por erosión fluvial e inundación en época de lluvias intensas puede afectar viviendas del poblado Salcachupan, que se encuentran en los bordes (Fotografía 8.16).</p>	<p>De generarse un huaico podría destruir más de 10 viviendas y llegaría a represar el río Tingo. Puede afectar la carretera a San Francisco de Mosca (Huánuco).</p>	<p>Reforestar con árboles de eucaliptos para minimizar o anular la acción erosiva de las aguas en las laderas. Limpieza de cauce del río, evitar la construcción de viviendas cerca a los bordes del río Tingo, construir defensa ribereña en el sector Salcachupan. En los tramos donde las cárcavas cortan la carretera colocar alcantarillas para evitar que la erosión siga profundizando.</p>
<p>10 Huariaca (Huariaca)</p>	<p>Deslizamientos, derrumbes, erosión de laderas, erosión fluvial, inundación y huaicos. Presencia de deslizamientos en la margen izquierda del río Huallaga, a la altura de los km 341 y km 344+200 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco, que se dan en substratos constituidos por capas rojas del Grupo Mitu y esquistos, con ladera de 20 a 35 °. En el sector Huariaca el deslizamiento tiene una escarpa de 110 m de longitud, salto principal de 15 m, con presencia de asentamientos, represó el río Huallaga, cubrió un tramo de 150 m de la carretera e inundó sótanos del hospital de Huariaca. Se ha reconstruido el muro de concreto al pie del talud superior de la carretera. (Fotografía 8.17). La calle Progreso se encuentra cortada por la quebrada Muliaco que acarrea huaicos en época de lluvias, afectando a viviendas que se encuentran en ambas márgenes, para lo cual han colocado sacos de arena en la parte baja y enrocado en la parte alta de la quebrada para canalizarla. En la margen derecha del río Huallaga también se generan huaicos ocasionales en quebrada de 8 m de ancho. También, se generan huaicos excepcionales en la quebrada Mosqueta, canalizada con muros de roca en ambas márgenes. En la parte alta de la quebrada, se pueden observar agrietamientos. Se han reforestado las laderas con árboles de eucalipto. El área además es afectada por erosión de laderas en el sector Jarcahuaca.</p>	<p>Puede afectar tramo del km 369+100 al km 372+300 de la carretera Cerro de Pasco-Huánuco. Afectó viviendas, postes de luz, tuberías de agua, Hospital de ESSALUD. En 1996, por la quebrada discurrió un huaico de gran magnitud que represó al río Huallaga, inundó y destruyó el sector de Progreso. La ocurrencia de erosiones en cárcavas afecta a las viviendas que se encuentran en las laderas.</p>	<p>Seguir con el programa de reforestación con árboles de eucaliptos para minimizar o anular la acción erosiva de las aguas en las laderas. Limpiar el cauce del canal y prohibir el arrojó de basura.</p>

Sector (Distrito)	Áreas sujetas alcomentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
11 Tramo de carretera Vinchos-Jarria-Pallanchaca y sector Ragán (Pallanchaca -Pasco)	Área sujeta a derrumbes, reptación de suelos y flujos de detritos. Zona de derrumbes generados por corte de carretera en aproximadamente 3 km por sectores. El material se encuentra acumulado en el talud inferior afectando varios desarrollos de la carretera a Pallanchaca. En épocas de lluvias el material suelto puede seguir bajando a manera de flujos, obstaculizando el paso en la carretera. En el sector Ragán se presenta reptación de suelos con presencia de pequeños saltos y desgarró de cobertura vegetal y huaticos en la quebrada Ragán. En febrero del 2014 producto de la saturación del terreno, apareció un hoyo de unos 21 m de diámetro x 20 m de profundidad, que involucra calizas (Fotografías 8.18 y 8.19)	Afecta 3 km de la carretera Jarria-Pallanchaca. En el 2013 producto de las intensas lluvias, destruyó 200 m de la carretera Chagahuanushca-Ragán.	Mantenimiento y mejoramiento de talud, colocar muros de contención al pie del talud. Realizar trabajos de drenaje de las aguas subterráneas en el sector Ragán y evitar el riego por gravedad.
12 Batanchaca-Puente Batanchaca. (Huaniaca/Pallanchaca.)	Área sujeta a derrumbes, deslizamientos, erosión fluvial y huatico. Escarpas de derrumbes y material arcilloso suelto en el pie de los taludes; excesivas precipitaciones pluviales y presencia de filtraciones. En el cuerpo de un deslizamiento se ha construido un muro de concreto de 50 m de longitud, altura del km 335+500. La zona también es afectada por erosión fluvial en la margen derecha del río Hualлага y huaticos que desembocan por la margen izquierda.	Afectan viviendas y la carretera asfaltada Cerro de Pasco-Huánuco en el km 335+500, en una longitud de 350 m.	Existe un muro de contención de 300 m de longitud. Colocar sistema de drenaje como cunetas de coronación. De seguir presentándose asentamientos cambiar el trazo de la carretera.
13 km 0+900 al km 1+900 carretera Pasco-San Pedro de Rocco, Sector Los Angeles (Simón Bolívar)	Área sujeta a huaticos, erosión fluvial. Flujo de detritos que alcanza una altura de hasta 2 m. Canteras que se encuentran en el cauce aportan material considerable. Destruyó el puente antiguo, actualmente se encuentra erosionando el nuevo puente e invade la carretera obstruyendo el paso hacia la ciudad de Pasco.	Puede afectar el nuevo puente e instalaciones de la empresa minera que se encuentra aguas abajo.	Realizar obras de defensa ribereña; limpieza y profundizar un poco más el cauce de la quebrada.

Sector (Distrito)	Áreas sujetas al/comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
<p>14 Yanapampa, La Quinua-Candelaria (Yanacancha)</p>	<p>Deslizamientos, erosión fluvial, flujo de detritos, erosión de laderas. El deslizamiento de Yanapampa presenta inestabilidad en los taludes superiores de la carretera, donde se producen pequeños deslizamientos, con saltos de hasta 15 m de alto y afectan unos 350 m, en la ladera media se pueden observar zona de derrumbes, así como también otras escarpas de deslizamientos que se manifiestan con el asentamiento del terreno ladera abajo y la inclinación de postes de transmisión eléctrica (Fotografía 8.20). La zona también es afectada por huacos y erosión de laderas en el cerro Maray. En el sector La Quinua-Candelaria, en el barrio Vista Alegre, presenta asentamientos diferenciales por relleno. Erosión fluvial al pie de la terraza del barrio Santa María que hacen colapsar las instalaciones en las partes traseras de las viviendas. Como consecuencia de lluvias intensas el río Huallaga puede llegar a subir de caudal y originar huacos que afectarían directamente la C.H. La Candelaria y el poblado La Quinua, 30 de Agosto. Un sismo de gran magnitud podría hacer colapsar el dique de la presa de relave de Milpo ubicada en las nacientes de la quebrada Pucayacu y afectar aguas abajo al poblado La Candelaria.</p>	<p>Puede afectar viviendas de Yanapampa, de los barrios de Vista Alegre y Santa María; Presa de relave de Milpo, C.H La Candelaria (Milpo) y La Quinua.</p>	<p>Reforestación de laderas; ubicar y captar aguas mediante canales revestidos; reubicar viviendas agrietadas, sellar mediante pisoneo los agrietamientos que se producen en las laderas superiores del pueblo. Hacer observaciones en el dique de la presa de relaves Milpo para ver si tiene problema de filtraciones. Cía. Minera Milpo debe hacer controles en el vertimiento de agua para sus tuberías de presión, de tal manera que reciban una adecuada cantidad de agua y energía para que no destruyan las tuberías y provoquen erosión en las laderas.</p>
<p>15 Sector Carhuac (Ninacaca)</p>	<p>Área sujeta a movimiento complejo (derrumbe-flujo de detritos), erosión de laderas, caída de rocas. El poblado Carhuac se encuentra sobre antiguos abanicos formados por la quebrada Huascacocha y torrenteras del cerro Pununan en la margen derecha de la quebrada Carhuac. Estos depósitos antiguos se originaron como derrumbes y luego se comportaron como flujo de detritos. Aún se observan algunos bloques aislados en los abanicos antiguos y otros como producto de caídas que se dan en la ladera. Este depósito es cortado por cárcavas que se dan en la ladera. Este depósito es También, se puede identificar desgarre de cobertura vegetal producto de reptación de suelos (Fotografía 8.21).</p>	<p>Destruyó la trocha antigua que conduce a Huachón. La nueva carretera afirmada se ha trazado a 3 m de la antigua carretera de la misma forma en época de lluvias podría ser afectada por los huacos que discurren de la quebrada Huascacocha.</p>	<p>Ladera muy inestable. Colocar badén, limpieza permanente del cauce de la quebrada Huascacocha, prohibir la construcción de viviendas cerca del cauce de la quebrada, forestar la ladera.</p>

Sector (Distrito)	Áreas sujetas al/comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
<p>16 Sector Huachón (Huachón)</p>	<p>Flujo de detritos, derrumbe, erosión de ladera y erosión fluvial. En el cerro Marca-Marca, ubicado en la margen derecha del río Huachón, se ha identificado un agrietamiento del terreno, que probablemente colapse y genere un derrumbe que afectaría al centro educativo y 07 viviendas del poblado Huachón, y podría represar el cauce del río Huachón. En el año 1997 y 2011, en la margen izquierda del río Huachón se presentaron derrumbes, el último evento destruyó 11 viviendas y vía de acceso; los depósitos del derrumbe llegaron hasta el cauce del río Huachón. Como consecuencia de las lluvias intensas, las laderas del cerro Lluycac Punta son afectadas por intensa erosión en cárcavas por donde discurren flujos de lodo (Fotografía 8.22). La zona denominada como Hatumpampa fue afectada por la erosión fluvial, destruyendo parte de la defensa ribereña; no se han identificado peligros por movimiento en masa. Otra área afectada por huacos es la carretera Huachón-Quiparacra, la cual es cortada por la quebrada Puco que recibe aporte de las quebradas Jatunpacana y Talenga, aguas arriba de esta última quebrada se está construyendo el túnel Jancapunta.</p>	<p>En el año 2011 afectó 11 viviendas y obstaculizó el tránsito vehicular. Puede afectar centro educativo y viviendas del poblado Huachón.</p>	<p>Reubicar algunas viviendas que se podrían ver afectadas. Realizar obras de defensa ribereña y profundizar un poco más el cauce de la quebrada. Reubicar las viviendas y el centro educativo ubicados en la zona de influencia del posible derrumbe. En la zona de Hatumpampa se debe reconstruir las defensas ribereñas, evitar la construcción de viviendas al borde de la terraza. Para la zona de agrietamiento, se debe monitorear y reforestar, especialmente en la zona donde se presentan erosiones de ladera. Implementar un sistema de alerta temprana.</p>
<p>17 Tramo de carretera El Milagro-Santa Isabel (Huachón/Paucartambo)</p>	<p>Derrumbes, deslizamiento, erosión de laderas, flujo de detritos (huacos). Zona de derrumbes en el talud superior de la carretera - en la margen derecha del río Paucartambo; con pendiente muy abrupta y poca vegetación que aportan material al cauce del río en el flanco norte del cerro Tita Cruz, la zona también es afectada por huacos que podrían afectar la presa Yuncán. Deslizamiento traslacional antiguo en el sector El Milagro, algunas viviendas y la carretera de acceso se encuentran dentro del cuerpo, en la margen derecha de la quebrada San Juan y margen izquierda del río Paucartambo. Al pie del deslizamiento presenta derrumbes. Erosión en cárcavas en el flanco sur del cerro Monopata.</p>	<p>Puede afectar la carretera El Milagro-Paucartambo por sectores, aprox. 4,5 km. Puede afectar instalaciones de la represa Yuncán, y viviendas del poblado Santa Isabel.</p>	<p>Captar y canalizar aguas mediante canales revestidos, limpieza de cauces, colocar diques de disipación de energía en los cauces de quebradas en el sector Santa Isabel. Mayor forestación, construcción de alcantarillas en los tramos donde las torrenteras cortan la carretera, mejorar el talud de la carretera. Se debe monitorear si existen algunas señales de reactivación del deslizamiento como agrietamientos.</p>
<p>18 Paucartambo, tramo de carretera Paucartambo-Cutuchaca (Paucartambo)</p>	<p>Área sujeta a flujo de detritos (huacos), derrumbes y erosión de laderas. El poblado Paucartambo se encuentra depositado sobre un abanico antiguo, a consecuencia de lluvias extremas se producen desbordes del río Paucartambo y huacos. Derrumbes en talud superior a lo largo de toda la carretera Paucartambo-Cerro de Pasco, con pendiente muy fuerte y rupturas planares y en cuña, con bloques menores a 50 cm de diámetro. (Figura 8.2).</p>	<p>Afecta la carretera a Paucartambo por sectores y viviendas de los poblados Paucartambo, Pichipata, Cacara, Chupaca, Coricancha. Puede afectar puente Paucartambo.</p>	<p>Obras de contención, limpieza y encauzamiento de río Paucartambo, desquinche de taludes rocosos inestables. Evitar la construcción de viviendas al borde del río.</p>

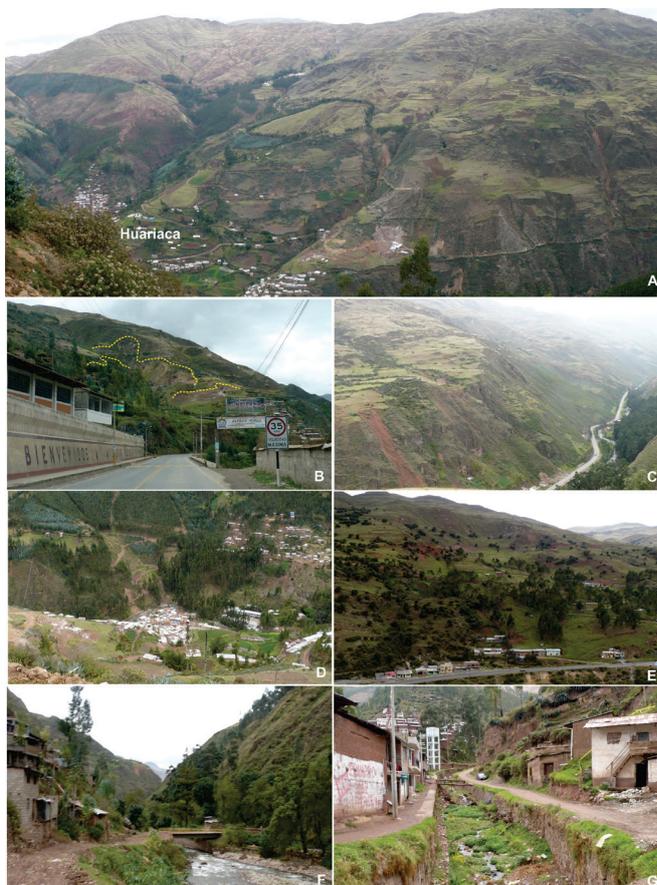
Sector (Distrito)	Áreas sujetas al comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
<p>19 Carretera Cerro de Pasco-Huayllay tramo San Juan-Colorado (Simón Bolívar)</p>	<p>Área sujeta a flujo de detritos, inundación y erosión fluvial. La carretera Pasco-Huayllay es cortada por los ríos San Juan, Blanco, Mugra, Racracancha, Tambo y Colorado, los cuales pueden afectar los estribos de puentes y pontones (Fotografía 8.23). El río San Juan corta la carretera Cerro de Pasco-Huayllay, aguas abajo el área está sujeta a inundaciones. En épocas de lluvias excepcionales los ríos crecen uniéndose ramales y sobrepasando el nivel de los pontones de la carretera.</p>	<p>Afecta un tramo de 4 km de la carretera Cerro de Pasco-Huayllay por sectores de 15 m aprox. Puede afectar puentes San Juan, Río Blanco y Colorado.</p>	<p>Realizar obras de defensa ribereña. Limpieza de cauce y profundizar un poco más el cauce de la quebrada. Colocar muro de gaviones para evitar el socavamiento de los estribos de los puentes y pontones.</p>
<p>20 Huayllay, mina Huarón (Huayllay)</p>	<p>Área sujeta a avalancha de rocas, caída de rocas, erosión de laderas y reptación de suelos. Parte del poblado Huayllay se encuentra sobre un depósito de avalancha de rocas antiguo, aún se pueden observar bloques de hasta 3 m de diámetro, la zona también es afectada por erosión de laderas y reptación de suelos. La carretera mina Huarón-Huayllay es afectada por reptación de suelos con presencia de derrumbes, deslizamientos, se ha colocado muro de contención insuficiente, puede afectar instalaciones de la mina. De ocurrir un sismo los bloques suspendidos en ladera de pendiente suave a moderada pueden afectar a viviendas del poblado Huayllay (Fotografía 8.24).</p>	<p>Puede afectar viviendas de Huayllay. La carretera mina Huarón-Huayllay es afectada por reptación de suelos. Puede afectar instalaciones de la mina Huarón</p>	<p>Reforestación de las laderas y protección del talud inferior de la carretera con enrocado, sistema de drenaje. Colocar muros de contención en Huayllay.</p>
<p>21 Cerro de Pasco, Anasquizque (Yanacancha)</p>	<p>Área sujeta a reptación de suelos, derrumbes, caída de rocas, flujo de detritos y flujo de tierras. La ciudad Cerro de Pasco, una de las ciudades más antiguas en minería en el país, actualmente se encuentra en una situación ambiental crítica, a esto le sumamos la mala planificación urbana. Las viviendas del AA.HH. Túpac Amaru y Chaupimarca se encuentran afectadas por caídas de rocas y algunas ubicadas sobre el relleno de Patarcocha pueden presentar problemas de asentamiento (Fotografía 8.25). Otro problema son los taludes inestables del botadero Rumillana que podrían colapsar. Al pie se generan derrumbes que se comportan como flujos de tierra de aprox. 1 km de recorrido, en la margen izquierda de la quebrada Tingo (Fotografía 8.26) Deslizamiento reactivado en el km 10+086 al frente presenta reptación de suelos. Posiblemente reactivado por filtración de agua (presencia de manantial), con escarpa circular delimitada por dos alcantarillas tipo pontón. Deslizamiento rotacional antiguo que se está reactivando en forma de reptación de suelo, con escarpa semicircular, en margen izquierda de la quebrada Tingo.</p>	<p>Puede afectar viviendas del AA.HH. Túpac Amaru, afecta los km 4+200 y 10+086 de la carretera antigua Cerro de Pasco-Pallanchaca.</p>	<p>Realizar estudios de microzonificación sísmica y geotécnica detallados en la ciudad de Cerro de Pasco, a fin de establecer la normatividad específica para las construcciones futuras y el reforzamiento de las existentes, así como las viviendas ubicadas sobre galerías subterráneas antiguas. Encauzamiento del río San Juan. Realizar el tratamiento de estabilización de taludes y cobertura del depósito de minerales de Rumillana.</p>



Fotografía 8.15 Erosión de laderas en el poblado Pallanchacra, en la margen izquierda del río Tingo.



Fotografía 8.16 Erosión fluvial e inundación en ambas márgenes del río Tingo. Invación del cauce del río Tingo, viviendas del poblado Salcachupán se encuentran muy cerca a los bordes del río; esta mala práctica aumenta el riesgo.



Fotografía 8.17 A y B) Erosión de laderas en Huariaca, en época de lluvia discurren huaicos; C y D) Derrumbes en talud superior de la carretera Huariaca-Huánuco; E) Parte del poblado de Huariaca se encuentra sobre un deslizamiento, en el cuerpo presenta reptación de suelos; F) Erosión fluvial en ambas márgenes del río Huallaga; G) Cauce de la quebrada ha sido invadida por viviendas del poblado de Huariaca, lo cual aumenta el riesgo; han sido canalizadas por sectores para mitigar los efectos de los huaicos, lo que es insuficiente.



Fotografía 8.18 Sectores de la carretera Vinchos-Jarria- Pallanchacra, donde se observan los derrumbes en taludes superiores e inferiores de la carretera que afectan varios tramos en la margen izquierda del río Condoragra.



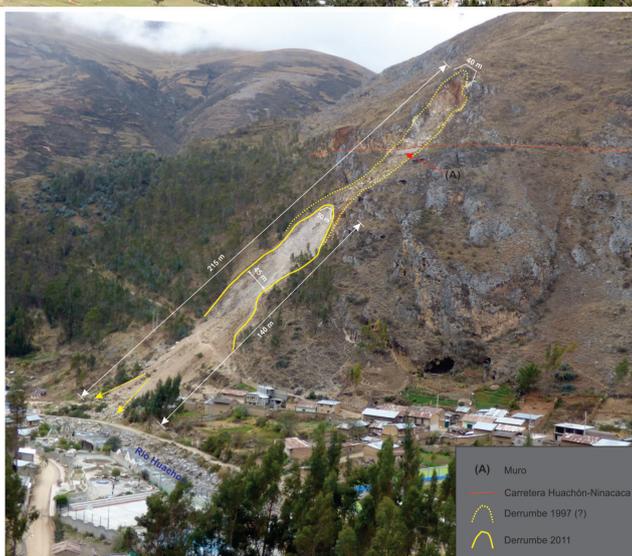
Fotografía 8.19 Hundimiento en el sector Ragán en formación kárstica, el cual colapsó el 15 de enero del 2014, con 21 m de diámetro por 20 m de profundidad (Tomado de <http://diariocorreo.pe>).



Fotografía 8.20 Deslizamiento rotacional de Yanapampa, algunas viviendas y colegio se encuentran en el cuerpo, también presenta reptación de suelos, margen derecha del río Huallaga.



Fotografía 8.21 A) Poblado de Carhuac ubicado sobre abanicos antiguos; B) cauce colmatado de bolones y bloques, en la quebrada Huascacocha.



Fotografía 8.22 Derrumbes y erosión en cárcavas, en el cerro Lluyc Punta, en la margen izquierda del río Huachón (arriba), margen derecha de río Huachón, cerro Marca Marca (abajo).



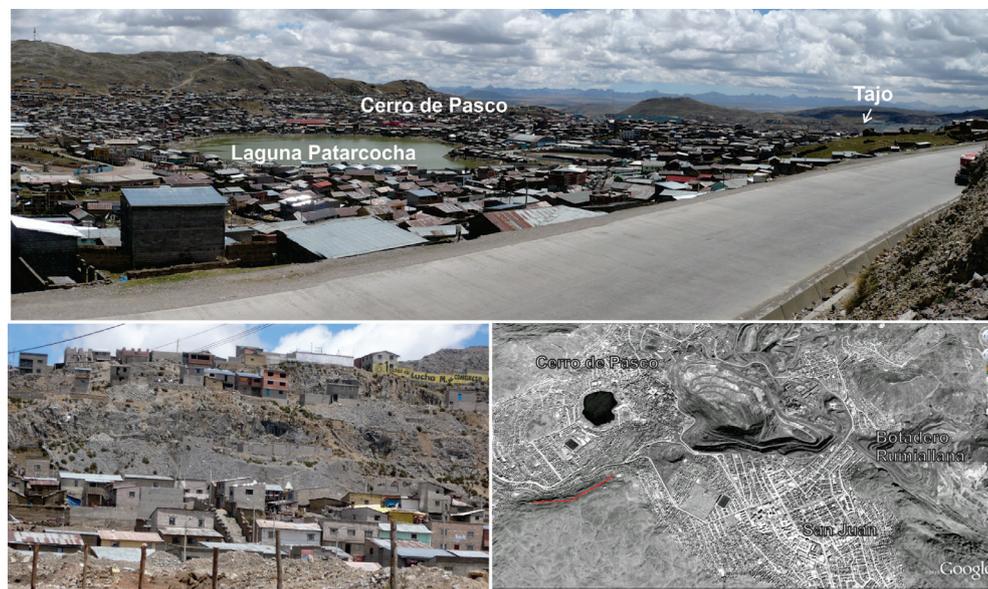
Figura 8.2 Vista de Google Earth. Poblado Paucartambo se encuentra sobre un depósito de flujo de detritos antiguo.



Fotografía 8.23 Erosión fluvial en los ríos Blanco, Colorado y San Juan puede afectar la carretera Cerro de Pasco-Huayllay, pontones y puente San Juan.



Fotografía 8.24 A) Pequeños deslizamientos en talud superior de la carretera Mina Huarón-Huayllay, con presencia de asentamientos en la carretera y reptación de suelos. B) Depósito de avalancha de rocas antiguo en el sector Huayllay, la zona también es afectada por reptación de suelos.



Fotografía 8.25 Vistas de la ciudad Cerro de Pasco, viviendas ubicadas sobre relleno en el sector Patarcocha, o sobre canchales de detritos.



Fotografía 8.26 A y B) Zona de reptación de suelos en el Botadero de Rumiallana; C y D) Flujo de tierra al pie del botadero, en la margen izquierda del río Tingo; E) Las laderas del cerro Tres Tejas también presentan reptación de suelos que desencadenan en pequeños derrumbes; y F) Erosión fluvial en margen izquierda del río Tingo, sector Pilar.

Cuadro 8.3
Zonas críticas identificadas en la provincia Oxapampa

Sector (Distrito)	Áreas sujetas al/comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
<p>22 Carretera Yanahuanca-Tingo Mal Paso-Buena Vista, Tunqui-Pozuzo-Santa Rosa (Pozuzo)</p>	<p>Área sujeta a derrumbes en ambas márgenes del río Blanco, a la altura del Km 3+650 de la trocha carrozable Tingo Mal Paso-Buena Vista, el talud superior de un tramo de la carretera afectado por derrumbes; el corte realizado para la construcción de la carretera ha desestabilizado los depósitos coluvio-deluviales; en el año 2011 obstruyó la vía de acceso a Buena Vista, todo este material suelto en época de lluvias genera huaticos que discurren por el río Blanco (Fotografías 8.27 a 8.29); en el año 2010 tuvo como resultado 04 personas fallecidas. En ambas márgenes del río Santa Cruz también se presentan derrumbes, procesos de erosión de laderas, afectando aproximadamente 7 km de la carretera Pozuzo-Tingo Mal Paso por sectores, debido a su recurrencia, la carretera debe mantenerse en limpieza permanente. El poblado Yanahuanca se encuentra afectado por intensa erosión en cárcavas que presentan derrumbes en sus márgenes, por donde discurren huaticos en época de lluvias; estos son de pequeña magnitud. El 02/02/2000, por crecida del río Pozuzo, se desbordó y afectó instalaciones de la Central Hidroeléctrica El Delfín. También, presenta erosión fluvial en la margen derecha del río Santa Cruz afectando aprox. 1200 m de la carretera Pozuzo-Tingo Mal Paso (Fotografía 8.30), en ambas márgenes del río Santa Rosa (Fotografía 8.31).</p>	<p>El derrumbe del año 2011 en la carretera Tingo Mal Paso-Buena Vista obstruyó la plataforma de la carretera. aprox. 300 m de trocha carrozable, 7 km de trocha Pozuzo-Tingo Mal Paso y Central Hidroeléctrica El Delfín, 1.2 km de la carretera Pozuzo-Tingo Mal Paso. Los derrumbes y flujos pueden obstruir estas carreteras. Erosión fluvial afecta tramo de 50 m trocha San Luis-San Cristobal y estribos del puente Santa Rosa de 45.5 m de longitud.</p>	<p>Realizar limpieza permanente de cauce de los ríos Blanco, Santa Cruz y Santa Rosa, es necesario la construcción de un badén, evitar la construcción de viviendas cerca al cauce de la quebrada. Desquinchar los bloques suspendidos en el talud superior de carretera Pozuzo-Tingo Mal Paso y ensanchamiento de la carretera. Colocar alcantarillas. Rellenar tramos de plataforma afectados por erosión y flujos de detritos. Colocar defensa ribereña para proteger plataforma.</p>
<p>23 Carretera Santa Rosa-Huancabamba-Agua Salada (Huancabamba)</p>	<p>Derrumbes y deslizamientos en el talud superior de la carretera Huancabamba-Agua Salada, los taludes son casi verticales (Fotografía 8.32). Cortes de carretera por huaticos que discurren por las quebradas Yanashara, Agua Salada, quebradas tributarias de la margen derecha del río Huaylamayo, entre otras (Fotografías 8.33 al 8.36). Área sujeta a inundaciones como San Pedro de Mallapampa, Pampa Chica, San Daniel, Sinchi Pampa y Huaylamayo por el desborde del río Huaylamayo y Sinchi Pampa por el desborde de la quebrada Punchao. Los poblados Huancabamba y San Daniel se encuentran asentados sobre abanicos antiguos en la margen derecha del río Huancabamba, el área también es afectada por intensa erosión en cárcavas que en época de lluvias generan huaticos en la margen izquierda del río Huancabamba.</p>	<p>Obstrucción de la carretera Huancabamba-Agua Salada, vehículos pueden ser aplastados por bloques que caen por varios desarrollos. Puede producirse la pérdida total de la plataforma como producto de huaticos que cortan la carretera. Nuevos flujos pueden afectar viviendas construidas sobre de huatico antiguo. Por desborde de la quebrada Yanashara puede afectar 10 viviendas de Huancabamba.</p>	<p>Detener la expansión de viviendas hacia las quebradas. Colocar defensa ribereña en la margen derecha del río Pozuzo para proteger la plataforma de la carretera. Es necesario construcción de badenes, cunetas y alcantarillas. Realizar un cambio del trazo de la carretera Huancabamba-Pozuzo.</p>

Sector (Distrito)	Áreas sujetas a comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
<p>24 Sector Nueva Berna, Puente Suares-La Florida, La Esperanza, Chacos y San Carlos (Chontabamba, Oxapampa)</p>	<p>Periódicamente los sectores Nueva Berna, San Carlos, La Esperanza son afectados por el desborde del río Chontabamba y Quebrada Llamaquíz (Fotografía 8.37). El tramo de carretera Tingó-Oxapampa es afectada por flujos de detritos (huaicos) en las quebradas Agua Palmera Mantarajirca, San Pedro, Tigre, Churumazú. Tunquecueva, Chacos, La Esperanza, San Luis, San Alberto (Fotografía 8.38). Estas torrenteras se generan sobre abanicos de flujos antiguos, los cuales han desviado el cauce del río Chontabamba. Aún se observa bloques de los eventos antiguos.</p>	<p>Pérdida de cultivos y algunas viviendas de los poblados Dos de Mayo, Chontabamba, Tunquecueva, San José, Florida, Santo Domingo y San Carlos. Afecta tramo de 10 km por sectores de la trocha San Carlos-Tingo, se llevó puente de madera en diciembre del 2010 en la quebrada Agua Palmera; en el km 1+860 puede afectar 2 viviendas y aprox. 40 m de trocha; en el km 2+359, en la quebrada Tigre puede afectar 4 viviendas, un badén y terrenos de cultivos; en el km 3-800 puede afectar tramo de 20 m y un badén. En la margen derecha del río Chontabamba puede afectar 46 viviendas, terrenos de cultivo, un puente. En el año 2000 destruyó 11 viviendas (08 en Nueva Berna y 03 en San Carlos).</p>	<p>Realizar trabajos de limpieza del cauce de las quebradas para que posteriores flujos puedan discurrir sin obstáculos reduciendo de algún modo la obstrucción de alcantarillas; seguir colocando alcantarillas y trabajos de mantenimiento a badenes. Es necesaria la construcción de defensa ribereña como muros en la margen derecha del río Chontabamba. Prohibir la construcción de viviendas cerca al borde del río.</p>
<p>25 Carretera Puente Paucartambo-Oxapampa (Villa Rica)</p>	<p>Derrumbes irregulares y deslizamientos a lo largo de toda la carretera asfaltada Puente Paucartambo-Oxapampa (km 2+050 al km 23+00), en la margen izquierda del río Paucartambo en los sectores Puente Paucartambo, Churumazú, Mesapata, San Pedro. Con presencia de asentamientos en la plataforma. (Fotografía 8.39). Este tramo también es afectado por flujos de detritos como en la quebrada Tres Aguas, y procesos de erosión de laderas por donde discurren pequeños huaicos en épocas de lluvias que cortan la carretera (Fotografía 8.40).</p>	<p>En el km 2+050 afecta cunetas, alcantarilla y 200 m de carretera. En el km 4+620 afecta aprox. 400 m de carretera por sectores, en Sogorno, afectó cunetas y se ha colocado alcantarillas. En el km 5+500, dos torrenteras cortan la carretera, se ha colocado badén En el km 10+500 afecta tramo de carretera y cuneta. En el km 13+760-km 14+200, se ha llevado 100 m de cuneta y carpeta asfáltica, con presencia de bloques de hasta 1 m de diámetro. En el km 19+200 afectó gaviones. En el km 21+600 - km 22+00 puede afectar 2 viviendas del sector Río Pisco, se ha colocado gaviones. En el km 23 tramo de la carretera Tamboro-Oxapampa se llevó cunetas.</p>	<p>Colocar y reconstruir gaviones en el talud superior de la carretera, muros de concreto y alcantarillas en el talud inferior y en algunos sectores se han construido badenes para que el flujo corra por encima de la carretera sin dañarla. Colocar trinchos o diques transversales en las cárcavas, para reducir sus efectos erosivos y de profundización. Colocar alcantarillas en donde la carretera es cortada por una cárcava.</p>
<p>26 Carretera Puente Paucartambo-Villa Rica, sector Alto Ocoñal (Villa Rica)</p>	<p>Área afectada principalmente por proceso de erosión de laderas, erosión fluvial, deslizamientos, huaicos y derrumbes. Deslizamientos en el talud inferior de la carretera Puente Paucartambo - Villa Rica, en los sectores Pampa Encantada y en el km 21+600, en la margen derecha de la quebrada Sal. Derrumbes y procesos de erosión en cárcavas en la carretera desvío a Villa Rica, Sector Nangazú. Derrumbes en el talud superior de la carretera Desvío-Villa Rica, presenta erosión fluvial en ambas márgenes de los estribos del puente Quebrada Sal. A consecuencia de lluvias intensas, en los años 2006 y 2009 se desbordó el río Entaz, afectando viviendas de Villa Rica (Fotografías 8.41 al 8.44).</p>	<p>El deslizamiento de Pampa Encantada en el año 2009 destruyó una vivienda, parte de la carretera Puente Paucartambo-Villa Rica y terrenos de cultivos. La inundación del 09/04/2009 afectó un centro educativo, dos locales comunales, una oficina pública destruida, una iglesia, 15 viviendas destruidas, 1 km de carretera afectada, un puente afectado, 0.5 ha de cultivos afectados.</p>	<p>Construcción de badenes, alcantarillas, cunetas en la carretera y muros de concreto en el talud inferior para estabilizar la ladera. Colocar defensa ribereña para proteger la plataforma de la carretera, rellenar tramos de carretera afectados por erosión en cárcavas, realizar limpieza del cauce del río Entaz.</p>

Sector (Distrito)	Áreas sujetas al/comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
<p>27 Sector Iscozacán, Centro Lagarto (Paicazú)</p>	<p>Área sujeta a inundaciones, erosión fluvial y reptación de suelos. Río Iscozacán en épocas de lluvias excepcionales alcanza una altura de 1 m a nivel de la carretera. Se ha colocado una defensa ribereña de 1000 m de longitud por 1.5 m de alto la cual se encuentra en mal estado por efecto de la erosión constante del río. La inundación es solo en épocas excepcionales, el último evento se presentó en el año de 1997. El 22/03/2010 a consecuencia de intensas lluvias por desborde de los ríos tributarios del río Comparachimas afectó las comunidades nativas Centro Castilla, Centro Comparachimas, Centro Esperanza Palma, Pampa Hermosa, Puerto Alegre, San Carlos, San Francisco de Chuchurras, San Juan, Santa Rosa de Chuchurras, Villa América (07 de Junio), Centro Lagarto y convento Paicazú. En el año 2011, el río Lagarto por su eventual crecida desvió su cauce hacia su margen derecha uniéndose con la quebrada Caliche hasta llegar a la quebrada Comparachimas, inundando grandes extensiones de terrenos de cultivos y viviendas de comunidades nativas Belén y Centro Lagarto. También presenta reptación de suelos en el tramo Santa Rosa de Chuchurra-Iscozacán (Fotografías 8.45 al 8.50).</p>	<p>En época de lluvias excepcionales aproximadamente 20 familias se ven afectadas por la invasión de las aguas del río en sus viviendas. En el año 2010 afectó 37 viviendas, 22 viviendas destruidas, 01 instituto educativo, 2 km de carretera afectada, 02 puentes afectados, un puente destruido, 340 ha de terrenos de cultivo destruidos, 120 ha de terrenos de cultivo afectados de las diferentes comunidades nativas. En el último evento, terrenos de cultivos de frutas y cacao del sector Belén se perdieron por desborde del Río Lagarto y quebrada Caliche, puede afectar 86 viviendas.</p>	<p>Estos terrenos no son aptos para construcción de viviendas. Se debe reforzar la defensa ribereña en el puerto Iscozacán, prohibir la construcción de más viviendas al borde del río, la cual está gravemente dañada. Es necesario construir defensa ribereña en la margen derecha del río Lagarto y programa de forestación en las márgenes, realizar limpieza del cauce del río Lagarto y quebrada Caliche. Las viviendas de las comunidades nativas afectadas deben ser construidas a 1 m por encima del nivel de inundación esperado.</p>
<p>28 Sector San Pedro de Pichanas- Quebrada Arochiriz (Puerto Bermúdez)</p>	<p>Derrumbes en talud superior de la carretera y flujos de detritos (huaicos) que cortan la carretera. El tramo San de Pedro de Pichanas hasta la quebrada Arochiriz es afectado por huaicos que aportan material al río Cacazú y cortan tramos de la carretera. Derrumbes en el sector Santa Rosa de Pichanas, San Pedro de Pichanas, Arroz con Huevo, en la margen derecha de la quebrada Huachiron. El área también es afectada por erosión fluvial y proceso de erosión de ladera que cortan la carretera San Juan de Cacazú-Puerto Bermúdez (Fotografías 8.51 al 8.53).</p>	<p>Obstrucción y asentamiento de la carretera San Pedro de Pichanas-Puerto Bermúdez por tramos, puede afectar pontones, alcantarillas y terrenos de cultivo.</p>	<p>Colocar badenes de concreto en los sectores donde la carretera es cortada por las quebradas, realizar banquetas para estabilizar el talud de la carretera; es necesario construir cunetas y alcantarillas para drenar el agua que satura, producto de las lluvias intensas.</p>
<p>29 Puerto Bermúdez, Comunidad Nativa Puerto Yesupe (Puerto Bermúdez)</p>	<p>Área sujeta a inundaciones, erosión fluvial y flujos de detritos (huaicos) El 29/01/97 se produce el desborde del río Pichis, ocasionando inundaciones en Puerto Bermúdez; todos los años se producen inundaciones. El 01/01/2002, el río Azupizí causó inundación afectando a la comunidad nativa Puerto Yesupe, dejando muchos damnificados, el fenómeno es activo de recurrencia periódica a consecuencia de lluvias intensas. Los sectores Alto Chivis, Santa Rosa de Chivis, Marginal, Gavilan y Agrupación son afectados por huaicos que aportan material al río Chivis (Fotografías 8.54 y 8.55).</p>	<p>Producto de la inundación del río Pichis fallecieron dos personas, 120 viviendas afectadas, 30 viviendas destruidas, 500 ha de terrenos de cultivo, y tramo de carretera a Puerto Bermúdez afectados. En Puerto Yesupe falleció una persona, 06 personas desaparecidas, 200 viviendas afectadas, 400 ha de terrenos de cultivo afectados.</p>	<p>Estos terrenos no son aptos para construcción de viviendas. Prohibir la construcción de más viviendas al borde del río. Es necesario construir defensa ribereña en Puerto Bermúdez y realizar programa de forestación en las márgenes de los ríos, realizar limpieza del cauce de las quebradas tributarias.</p>
<p>30 San Juan de Cascazú (Villa Rica)</p>	<p>Área sujeta a huaicos, deslizamiento, inundación y erosión fluvial San Juan de Cacazú ha sido afectada continuamente por crecidas y flujos principalmente en época de lluvias, en los años 2014, 2016 y 2017 de las quebradas que cruzan a este poblado. También presenta erosión fluvial en la margen derecha de los ríos Churuchurnas y Chivis.</p>	<p>Puede afectar a viviendas, carretera e institución educativa de la localidad de San Juan de Cacazú</p>	<p>Descolmatar los cauces de los ríos Cacazú, Chivis y Chururnas periódicamente. Reubicar las viviendas y evitar la construcción de nuevas edificaciones en la zona de inundación del río Cacazú. Colocar defensa ribereña e implementar un sistema de alerta y monitoreo ante inundaciones y huaicos en las quebradas Chivis, Chururnas, Cacazú y las quebradas que cruzan al poblado San Juan de Cacazú.</p>



Fotografía 8.27 Vistas del río Blanco, todos los años se generan huaicos, en el año 2010 obstruyó el paso vehicular de la trocha carrozable Tingo Mal Paso-Buena Vista.



Fotografía 8.28 A) Derrumbe en talud superior de la carretera Tingo Mal Paso-Buena Vista, obstruyó aprox.300 m de la trocha carrozable de acceso a Buena Vista, en la margen derecha del río Blanco. B) Derrumbes en talud superior de la carretera Pozuzo-Tingo Mal Paso, altura del poblado Yanahuanca, margen derecha del río Santa Cruz, km 7+500 afectado por sectores.



Fotografía 8.29 Derrumbe en margen izquierda del río Santa Cruz, de aproximadamente 150 m de desnivel, aporta material al cauce del río.



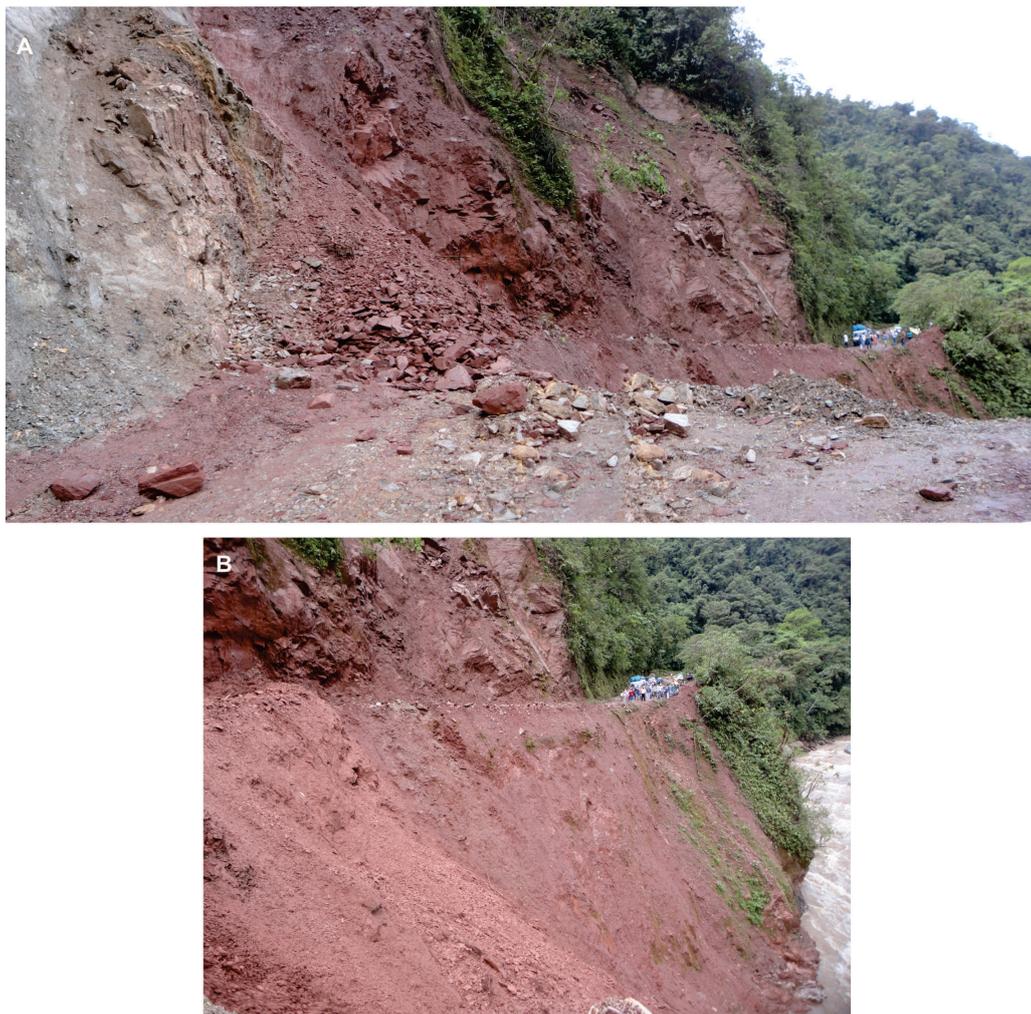
Fotografía 8.30 Erosión fluvial en la margen derecha del río Santa Cruz afecta aprox. 1200 m de carretera Pozuzo-Tingo Mal Paso.



Fotografía 8.31 A) Erosión fluvial en la margen derecha del río Santa Rosa afecta tramo de 50 m de la trocha San Luis-San Cristóbal. B) Erosión en ambas márgenes del río Santa Rosa, se ha colocado enrocado en ambas márgenes para proteger estribos del puente Santa Rosa de 45.5 m de longitud.



Fotografía 8.32 Vistas de la trocha carrozable Pozuzo-Codo de Pozuzo afectada por huacos y derrumbes (13/10/2011).



Fotografía 8.33 Derrumbe en el talud superior de la carretera Oxapampa-Pozuzo, en la margen derecha del río Pozuzo. Todos los años obstruye el paso vehicular, único acceso al poblado de Pozuzo desde Pasco (24/05/2011), sector Agua Salada.



Fotografía 8.34 Huaico en margen derecha del río Huancabamba, sector Agua Salada.



Fotografía 8.35 Huaico en la quebrada Agua Salada, también presenta derrumbes en ambas márgenes de la quebrada, afecta 100 m de la carretera a Huancabamba-Pozuzo.



Fotografía 8.36 Inundación en margen izquierda de la quebrada Yanashara, Puente Huancabamba de 7 m de longitud por represamiento del río Chorobamba puede afectar 10 viviendas de Huancabamba.



Fotografía 8.37 A) Vista aguas arriba, de la confluencia del río Chontabamba y quebrada Llamaquizú. B) Vista aguas abajo; ambas márgenes del río Chontabamba están sujetas a inundaciones, puede afectar 46 viviendas en la margen derecha del río Chontabamba. Se produce por el desborde del río Chontabamba, inundando localidades de Nueva Berna y San Carlos (14/12/1997 y 02/02/2000).



Fotografía 8.38 A) Sector 02 de Mayo, quebrada Agua Palmera de 5 m de ancho de cauce. Todos los años acarrea flujos de detritos, se llevó puente de madera en diciembre del 2010, por lo que se colocó pontón de 2.5 x 1.5 m de alto en el km 1+860 de carretera Oxapampa-Tingo, puede afectar 02 viviendas y aprox. 40 m de carretera. B) Km 2+359 de la carretera Oxapampa-Tingo, cortado por la quebrada Tigre. Todos los años acarrea huaicos, se ha colocado badén de 5 x 8 m, puede afectar 04 viviendas y terrenos de cultivos.



Fotografía 8.39 Derrumbes en talud superior de la carretera Puente Paucartambo - Oxapampa. A) Derrumbe en el km 02+050, afecta 200 m de carretera. B) Derrumbes en el sector Churumazú, afectó cunetas y plataforma de carretera. C) Derrumbe en el km 13+500 hasta el km 13+100 por sectores, la carretera presenta asentamientos, afectó aviones. D) Derrumbe en talud superior con presencia de asentamientos en la carretera, sector Churumazú afecta 250 m de carretera.



Fotografía 8.40 Huaico en la quebrada Tres Aguas se ha colocado badén y mampostería para proteger la plataforma de carretera Puente Paucartambo - Oxapampa, con presencia de bloques de hasta 1 m de diámetro en el cauce.



Fotografía 8.41 Erosión fluvial en la margen derecha del río Paucartambo, afecta carretera Puente Paucartambo-Villa Rica, en la margen izquierda presenta inundación y derrumbes.



Fotografía 8.42 A y B) Deslizamiento en Pampa Encantada destruyó una vivienda hace 2 años y parte de la carretera Puente Paucartambo - Villa Rica, margen derecha de la quebrada Sal, en la margen izquierda presenta derrumbes. C) Erosión en cárcavas en el km 21+500 de la carretera desvío a Villa Rica, afecta por sectores la plataforma de carretera. D) Deslizamiento en talud inferior de carretera Desvío -Villa Rica, margen derecha de la quebrada Sal, a la altura del km 21+600. E) Derrumbes en talud superior de carretera Puente Paucartambo - Villa Rica, Sector Ñangazú.



Fotografía 8.43 A) Erosión fluvial en la margen derecha del río Entaz, en aproximadamente 300 m de longitud puede afectar la carretera Villa Rica-Puerto Bermúdez. Se han colocado gaviones para proteger la plataforma de la carretera. B) Erosión fluvial e inundación en el sector Villa Rica por desborde del río Entaz.



Fotografía 8.44 Derrumbes en margen izquierda de la quebrada Sal, en el talud superior de la carretera Desvío-Villa Rica, presenta erosión fluvial en ambos márgenes de los estribos del puente Quebrada Sal.



Fotografía 8.45 Inundación fluvial en la margen izquierda del río Palcazú, aproximadamente 100 m cerca de la confluencia del río Iscozacín, el cual acarrea huacos y afecta terrenos de cultivo.



Fotografía 8.46 Erosión fluvial en la margen izquierda del río Iscozacín, Puerto Iscozacín. Hace 10 años el río se desbordó hasta la carretera afectando a las viviendas del Puerto. En el año 1997 el nivel del agua subió 1 m de alto sobre el nivel de la carretera, por represamiento con el río Palcazú. Como producto de la erosión fluvial se ha destruido la defensa ribereña reforzada con gaviones.



Fotografía 8.47 Erosión fluvial en la margen derecha del río Lagarto, aproximadamente 300 m de longitud, cada año se pierden terrenos de cultivo.



Fotografía 8.48 A) y B) Terrenos de cultivo del sector Belén afectado por desborde del Río Lagarto y quebrada Caliche, se desbordó 40 m hacia la margen derecha, destruyendo cultivos de cacao. C) y D) Desborde de la quebrada Caliche hacia la margen derecha.



Fotografía 8.49 Inundación en la margen derecha del río Lagarto donde se une con la quebrada Caliche, actualmente está migrando hasta la quebrada Aguaruna.



Fotografía 8.50 A) Inundación por desborde del río Chuchurras, 100 m hacia la margen izquierda, y erosión fluvial en la margen derecha, aprox. 350 m de longitud. Afectó viviendas del sector Santa Rosa de Chuchurras y la carretera Pampacocha-Iscozacín. B) En marzo del 2010 afectó viviendas de los poblados Pampacocha y 07 de Junio, en la margen derecha del río Omaíz, el nivel del agua alcanzó hasta 1 m de alto sobre el nivel de la carretera.



Fotografía 8.51 A) Derrumbe en talud superior de carretera Villa Rica-Puerto Bermúdez, en la margen derecha del río Cacazú. B) Derrumbes en el sector Santa Rosa de Pichanaz. C) Derrumbe en el talud superior que obstruyó 100 m de la carretera Villa Rica-Puerto Bermúdez, sector San Pedro de Pichanas. D) Derrumbe en el talud superior de la carretera Villa Rica-Puerto Bermúdez, de 40 m de alto. E) Derrumbes en el talud superior de la carretera a Puerto Bermúdez, sector Arroz con huevo. F) Derrumbe en la margen derecha de la quebrada Pichanaz.



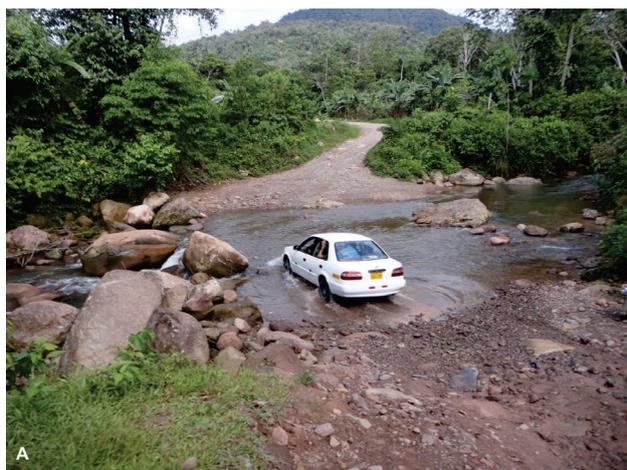
Fotografía 8.52 Flujo en quebrada Arochiriz en la margen derecha del río Cacazú, cauce de 6 m de ancho, el área también es afectada por erosión fluvial y en cárcavas que cortan la carretera San Juan de Cacazú-Puerto Bermúdez.



Fotografía 8.53 A) Derrumbes en el talud superior de la carretera de acceso a Puerto Bermúdez. B) Derrumbes en la margen derecha de la quebrada Huachirone.



Fotografía 8.54 Puerto Bermúdez, área sujeta a inundaciones en época de lluvias por desborde del río Pichis (margen izquierda).



Fotografía 8.55 A) Quebrada Huarochirone que corta la carretera a Puerto Bermúdez en época de lluvias, acarrea huaicos y se desborda aislando el acceso a Puerto Bermúdez. Se ha colocado enrocado en la margen izquierda de la quebrada. B) Huaico en la quebrada Nochos.

CAPÍTULO IX

ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE PROBLEMAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS

9.1 GENERALIDADES

El Perú, al conformar un territorio joven con variada geografía y climas diversos, se ve expuesto y vulnerable ante los peligros geológicos con potencial destructivo a lo largo y ancho del país, para lo cual debemos estar preparados; en consecuencia, se deben desarrollar medidas de mitigación apropiadas basadas en el reconocimiento de los cambios tanto en la vulnerabilidad como en la resistencia. El Ministerio de Economía y Finanzas (2006) define tres formas diferentes de mitigación de desastres: 1) reducir la vulnerabilidad, 2) aumentar la resistencia y 3) reducir el impacto.

La identificación de las señales de riesgo de los movimientos en masa es también un punto de importancia que las comunidades deben comprender y estar alertas ante su aparición; así tenemos las grietas en la cresta de los taludes y laderas, los abultamientos en el pie del talud, los asentamientos diferenciales, las condiciones de humedad del talud, los cortes del talud y la geología que la componen. Otras señales que podemos detectar, pero con mayor cantidad de herramientas, son las fallas geológicas, los plegamientos, las diaclasas, las fracturas en la roca que eventualmente pueden causar caída de bloques y cambios de litología, entre otros.

Los efectos de estos peligros sobre las personas y las estructuras se pueden disminuir mediante la supresión total de zonas con alto riesgo, limitando, prohibiendo o imponiendo condiciones sobre las actividades en estas zonas. Los gobiernos locales pueden lograr esto a través de políticas y reglamentos de uso del suelo. Las personas pueden reducir su exposición a los riesgos adquiriendo información sobre el historial de los peligros (Mapa de inventario de peligros geológicos y zonas críticas).

Algunas de las técnicas de estabilización con que se cuenta actualmente en el país se presentan en este capítulo. Adicionalmente, se tomó como base la información del Instituto Geológico y Minero de España "Manual de Taludes" (Ayala & Andreu, 1987) y "Manual de ingeniería de taludes" (Ayala & Andreu, 2006), Ingeniería Geológica (González et al., 2002) y el Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja No. 4 (Fidel et al., 2006).

Cabe mencionar que es una descripción de métodos de estabilización; para el diseño e implementación es esencial el

asesoramiento profesional antes, durante y después de la ejecución (de ser posible), así como la consulta de literatura adicional.

9.2 MEDIDAS PREVENTIVAS Y/O CORRECTIVAS

En esta sección se dan algunas propuestas de solución de forma general para la zona de estudio; esto con la finalidad de minimizar las ocurrencias de deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, flujos, procesos de erosiones de laderas, entre otros, así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

La estabilidad de una pendiente mejora cuando se llevan a cabo ciertas acciones. Para tener éxito, primero, hay que identificar el proceso de control más importante que está afectando la estabilidad del talud; en segundo lugar, hay que determinar la técnica adecuada que debe aplicarse suficientemente para reducir la influencia de ese proceso. La mitigación prescrita debe diseñarse de manera que se adapte a las condiciones específicas del problema que se esté estudiando. Por ejemplo, instalar tuberías de drenaje en una ladera que tiene muy poca agua subterránea no tiene sentido. Los esfuerzos por estabilizar una ladera se realizan durante la construcción o cuando surgen problemas de estabilidad de forma inesperada después de la construcción. La mayoría de las técnicas de ingeniería de laderas requieren un análisis detallado de las propiedades del suelo y un conocimiento adecuado de la mecánica del suelo y las rocas subyacentes. En toda situación de alto riesgo, donde un deslizamiento de tierras puede poner en peligro vidas o afectar negativamente la propiedad, siempre es necesario consultar a un profesional experto en derrumbes, por ejemplo, un ingeniero geotécnico o civil antes de emprender cualquier trabajo de estabilización. En las secciones siguientes se ofrece una introducción general a las técnicas que se pueden utilizar para aumentar la estabilidad del talud (Highland & Bobrowsky, 2008).

A continuación, se señalan una serie de recomendaciones que pueden servir como base para mitigar los peligros geológicos en las zonas críticas determinadas. Se recomienda evaluar al detalle, estos sectores para el correcto diseño de las obras de mitigación sugeridas, con especialistas.

9.2.1 Mitigación de peligros por caídas de rocas y derrumbes

La caída de rocas y derrumbes son comunes en esta región, en zonas con pendientes escarpadas de rocas y acantilados. Estos peligros son la causa de cuantiosas pérdidas y muertes, las primeras principalmente al obstaculizar el transporte y el comercio debido al bloqueo de las carreteras. A veces se desvían los caminos y carreteras alrededor de las zonas de caída de

rocas, pero esto no siempre es práctico. Muchas comunidades colocan avisos de peligro alrededor de las zonas donde hay un elevado riesgo de caída de rocas.

La aplicación de medidas correctivas en zonas con caídas se puede realizar sobre taludes que tienen pendientes fuertes y es necesaria su estabilización; para tener un factor de seguridad predeterminado y estabilizar fenómenos de rotura, los métodos más frecuentes se muestran en la figura 9.1.

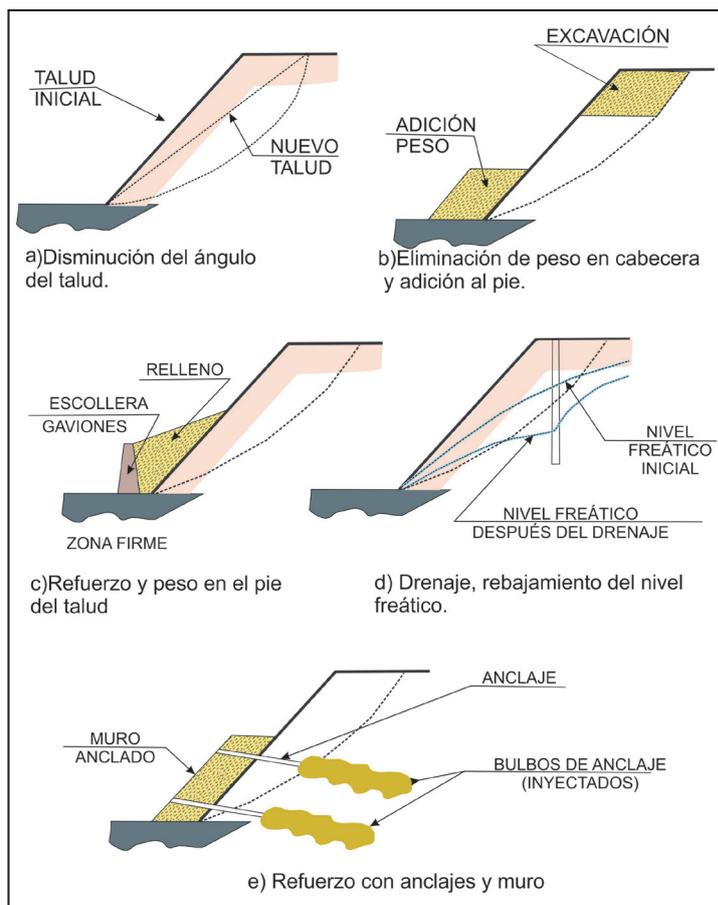


Figura 9.1 Métodos más frecuentes para aumentar el coeficiente de seguridad en taludes de suelos (Gonzales, 2002).

Para definir la solución ideal es necesario valorar diferentes parámetros tanto de tipo constructivo y económico. A continuación, se muestran algunos de los diferentes tipos de solución empleado en la corrección y tratamiento de estas zonas:

- Corrección por modificación de la geometría del talud. Consiste en estabilizar el ángulo del talud ya sea por inclinación del talud o por escalonamiento de taludes en bancos (Figura 9.2). Mediante este tipo de corrección se distribuyen las fuerzas debidas al peso de materiales, obteniéndose una nueva configuración más estable.
- Corrección por drenaje. Las medidas de corrección por drenaje son de dos tipos: 1) drenaje superficial mediante zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud con el fin de recoger las aguas superficiales o aquella recogidas por los drenajes profundos y evacuados lejos del talud evitándose su infiltración; y 2) drenaje profundo que tiene como finalidad deprimir el nivel freático del afloramiento, ya sea por medio de drenes horizontales, galería de drenaje, zanjas, pozos o drenes verticales, entre otros, como se muestran en la Figura 9.3. En ambos casos

es necesaria la participación de un hidrogeólogo para el diseño de los drenes.

- Corrección por elementos resistentes. Tiene por finalidad aumentar la resistencia al corte mediante sistemas más frecuente como: **Anclajes** formados por cables o barras de acero que se anclan en zonas estables del macizo, trabajan a tracción y proporcionan una fuerza contraria al movimiento y un incremento de las tensiones normales sobre la superficie de rotura (Figura 9.4). **Muros** que se construyen al pie del talud como elementos resistentes

de sostenimiento, contención o revestimiento (Figura 9.5); estos muros pueden ser de: 1) gravedad, se construyen de hormigón en masa, concreto ciclópeo, mampostería, piedra seca o piedra argamasa para taludes pequeños (Figura 9.6); 2) aligerados, ejecutados con hormigón armado en forma de L, aquí la pantalla vertical actúa como viga en voladizo y contrarresta el momento volcador del empuje del terreno principalmente con el momento estabilizador de las tierras situadas sobre el talón y muros contrafuertes (Figura 9.7).

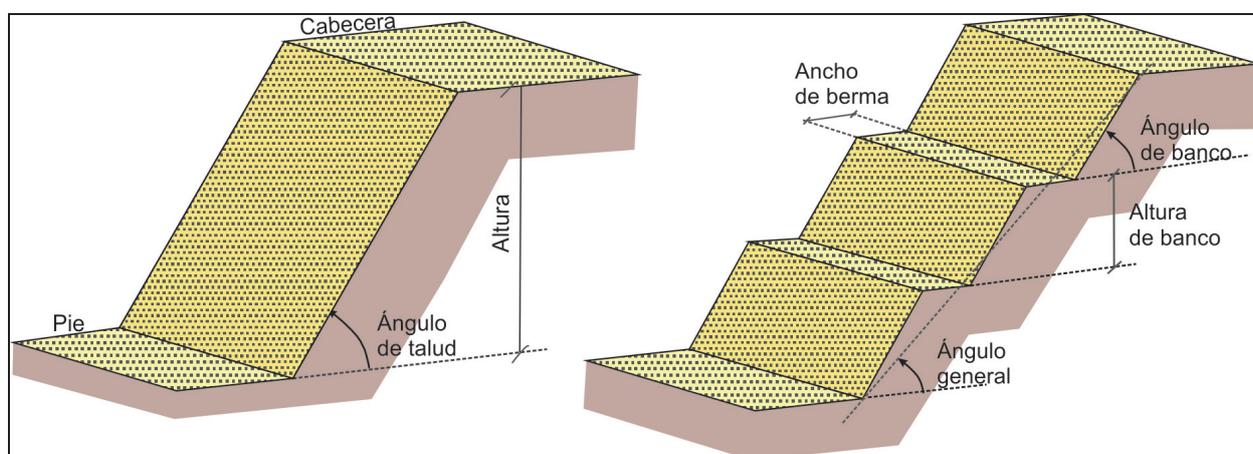


Figura 9.2 Talud con ángulo uniforme y talud con excavado de forma escalonada con bermas y bancos (Gonzáles et al., 2002).

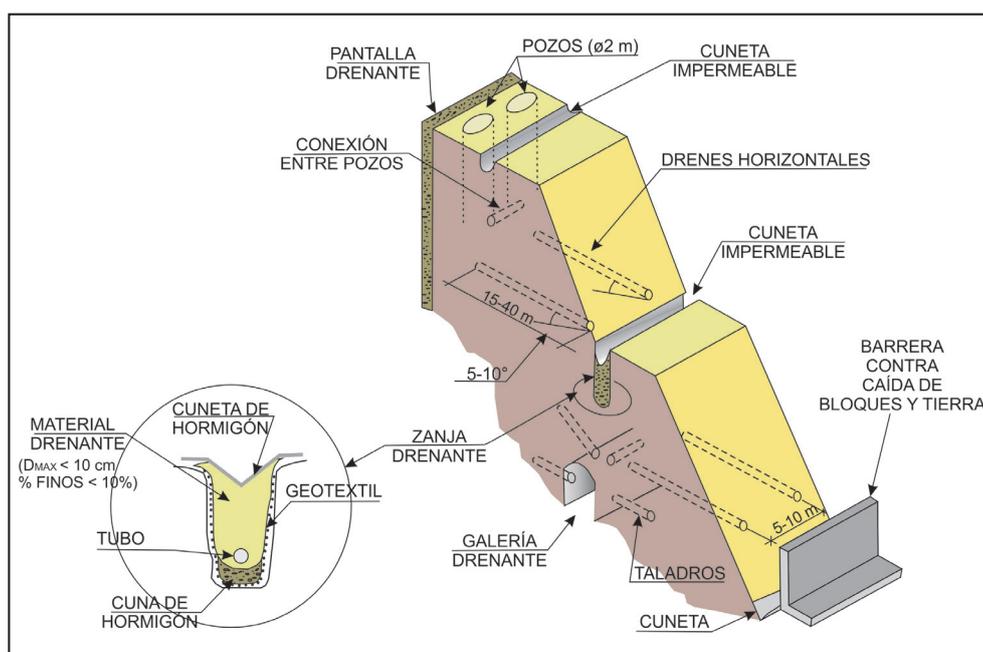


Figura 9.3 Medidas de drenaje y protección de taludes.

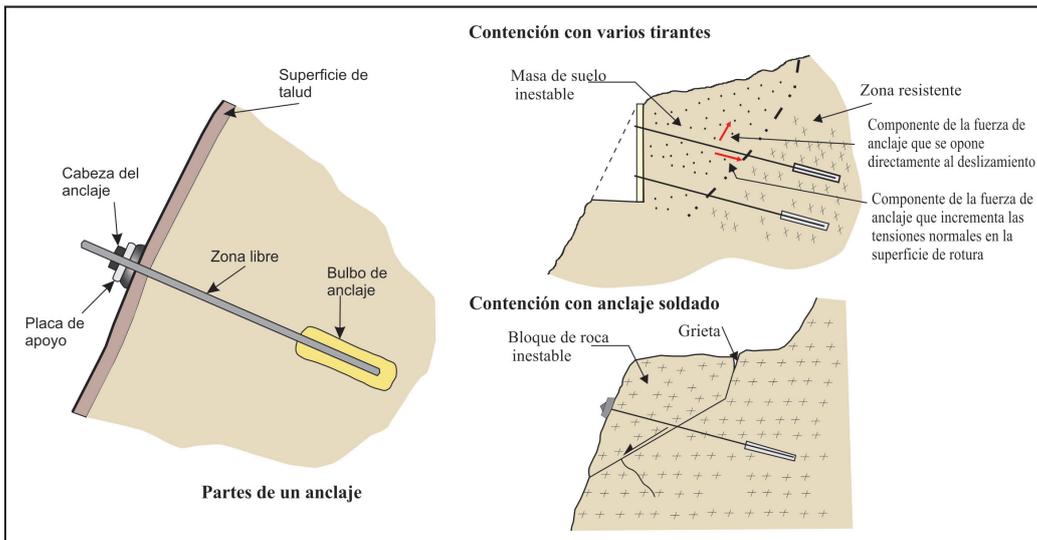


Figura 9.4 Esquema de las partes de un anclaje y ejemplos de aplicación.

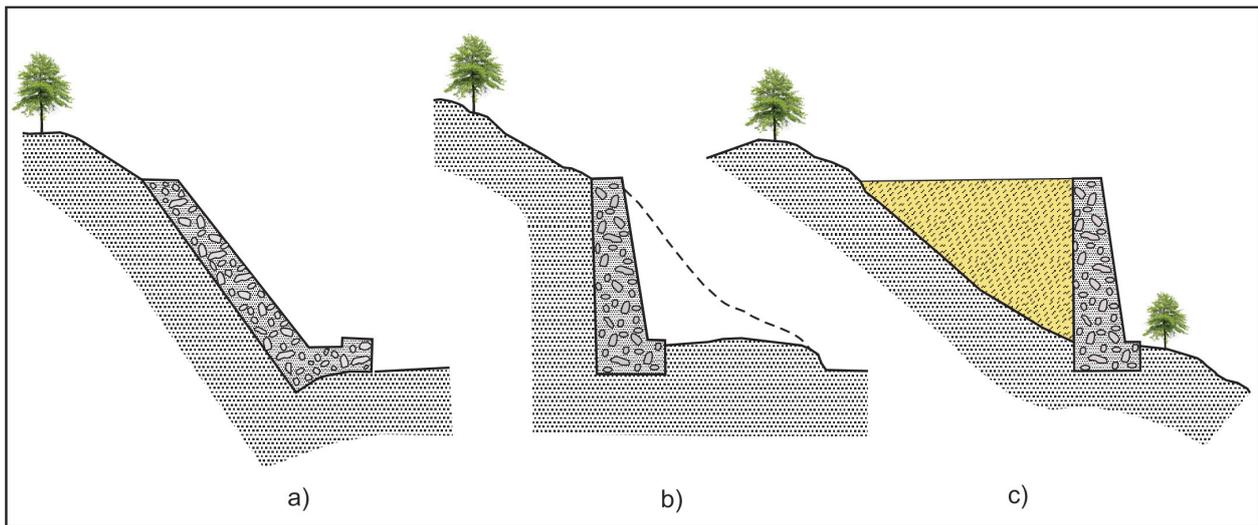


Figura 9.5 Tipo de muros: a) revestimiento, b) contención, c) sostenimiento (Jiménez, et al., 1976).

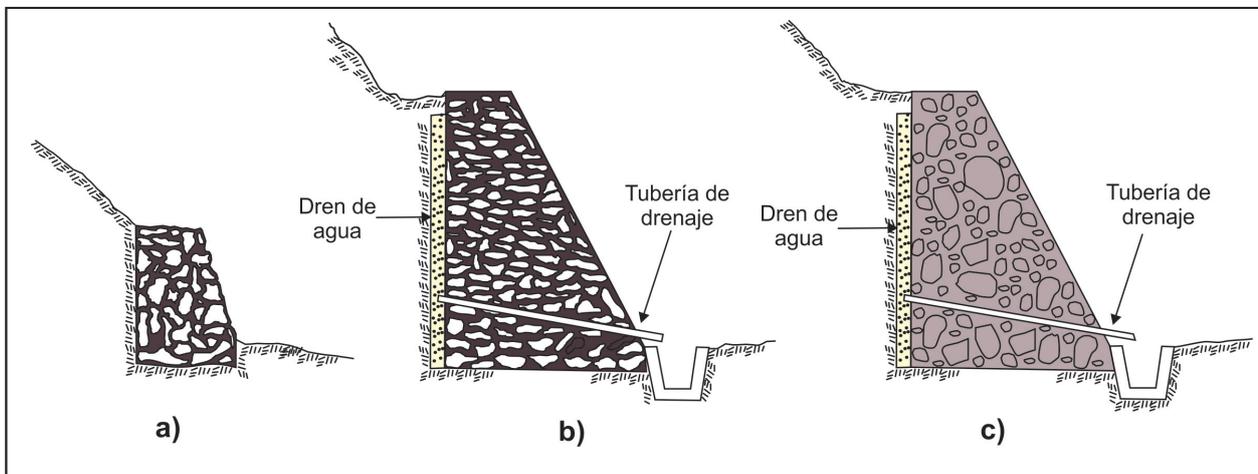


Figura 9.6 Muros de gravedad.

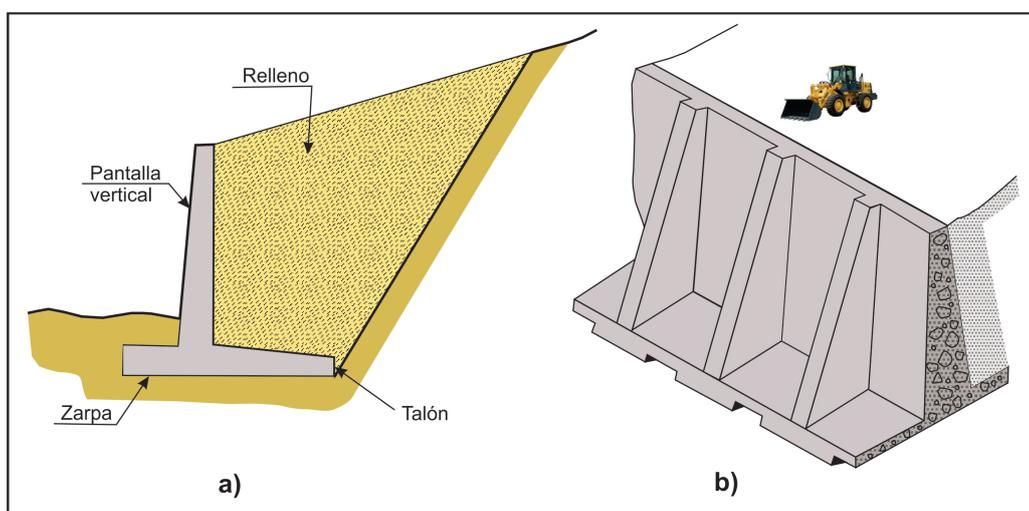


Figura 9.7 Muros aligerados: a) muro en L; b) muro con contrafuertes en el intradós (Jiménez, 1976).

Gaviones con forma de prisma rectangular que consisten en un relleno granular constituido por fragmentos de roca no degradable como caliza, andesita, granitos, etc., retenidos por una malla de alambre metálico galvanizado, la altura puede ser de 5 a 10 m (Figura 9.8). **Pantallas de pilotes**, de hormigón armado, constituyen alineaciones de pilotes cuyo diámetro varía entre 40 a 120 cm, siendo el espacio entre dos adyacentes lo suficientemente pequeño como para conseguir un sostenimiento relativamente continuo, son muy costosos; también se usan los **muros de pantalla**, enterrados de hormigón armado, su acción estabilizadora ante los deslizamientos existentes o potenciales es muy similar a la de las pantallas de pilotes (Figura 9.9).

Otros tipos de muros son los de tierra armada, formados por un paramento exterior prefabricado de hormigón o chapas metálicas y un relleno de suelo, reforzado mediante bandas o tirantes de metal o de material sintético que se anclan al paramento y al talud (Figura 9.10).

Túneles artificiales en carreteras o ferrocarriles protegen igualmente de los desprendimientos rocosos, se construyen de hormigón, y sobre su techo se coloca una capa de material granular para amortiguar el impacto de bloques y evitar que reboten (Fotografía 9.1). Si los desprendimientos no son de gran volumen, el túnel puede sustituirse por estructuras más ligeras o por galerías dinámicas. El diseño de estas medidas se realiza en función de la cantidad, volumen y peso de los bloques, pendiente de la ladera, trayectoria de los bloques, energía de impacto, distancias de alcance, grado

de riesgo potencial de las caídas, accesibilidad a la ladera y disponibilidad de espacio para su instalación.

- **Correcciones superficiales.** Estas medidas se aplican en la superficie de un talud de manera que afectan solo a las capas más superficiales del terreno con la finalidad de evitar o reducir la erosión y meteorización de la superficie del talud, eliminar los problemas derivados de los desprendimientos de rocas en los taludes donde estos predominan y aumentar la seguridad del talud frente a pequeñas roturas superficiales. En esta categoría se tiene por ejemplo el uso de: 1) **mallas metálicas** que cubren la superficie del talud con la finalidad de evitar la caída de fragmentos de roca, lo cual es siempre peligroso, especialmente en vías de transporte o cuando hay personal trabajando en el pie del talud; en la parte final de la malla se suele dejar un metro por encima de la zanja de acumulación de fragmentos sueltos de rocas, apropiados cuando el tamaño de roca a caer se encuentra entre 0.6 a 1 m (Fotografía 9.2). En muchos taludes de las carreteras principales de la región Pasco, es necesario utilizar esta medida y no solo realizar limpieza del material caído; 2) **sembrado de cobertura vegetal** en un talud o también denominado método biotecnológico, para evitar la erosión superficial tanto hídrica como eólica (Fotografía 9.3); 3) capa de hormigón que cubra el talud inestable; y 4) dejar un margen de seguridad al pie de talud frente a caídas y vuelcos de rocas con el fin de no destruir infraestructuras cercanas a ella.

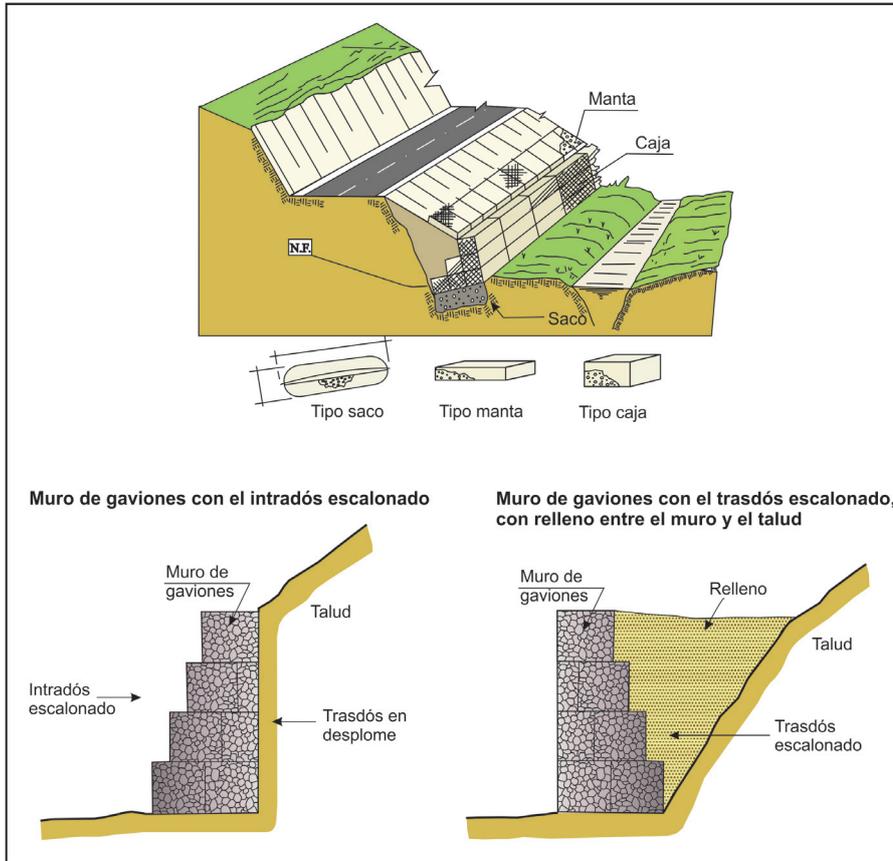


Figura 9.8 Muro de gaviones y ejemplos de aplicación.

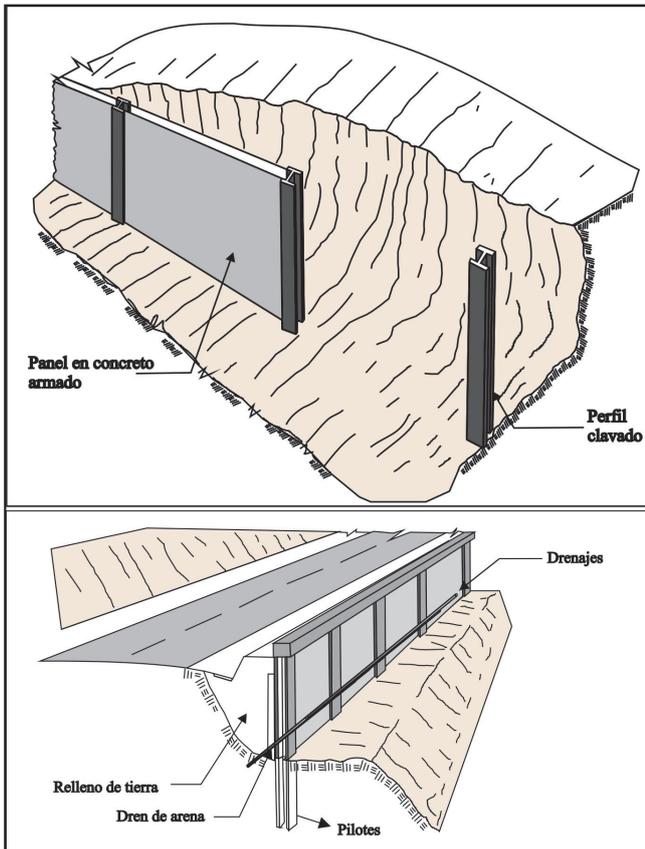


Figura 9.9 Ejemplo de muros de pantalla y muros con pilotes.

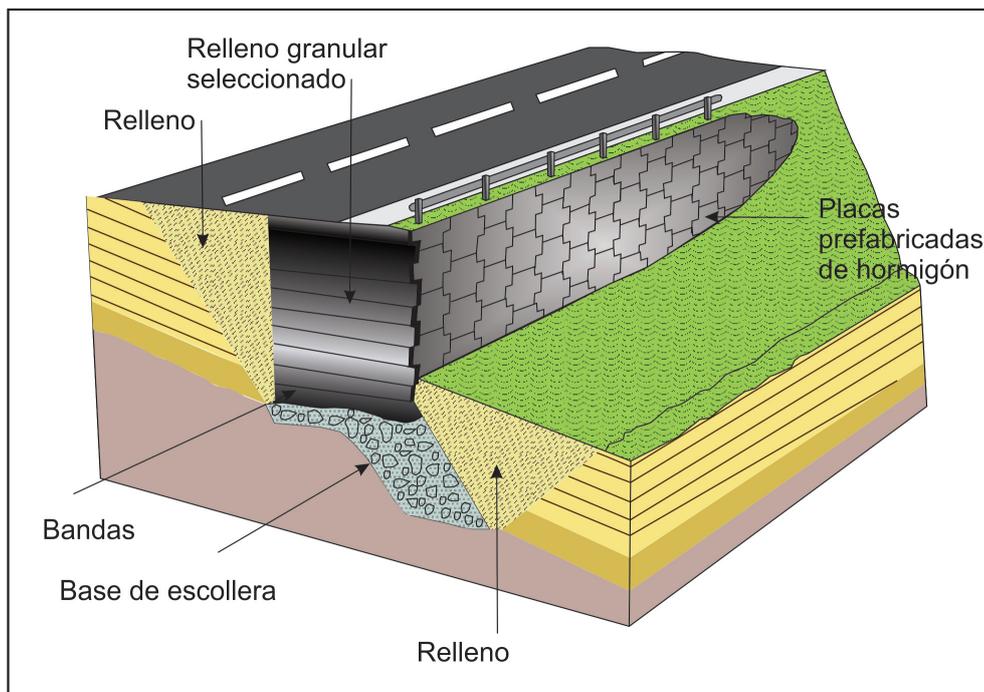
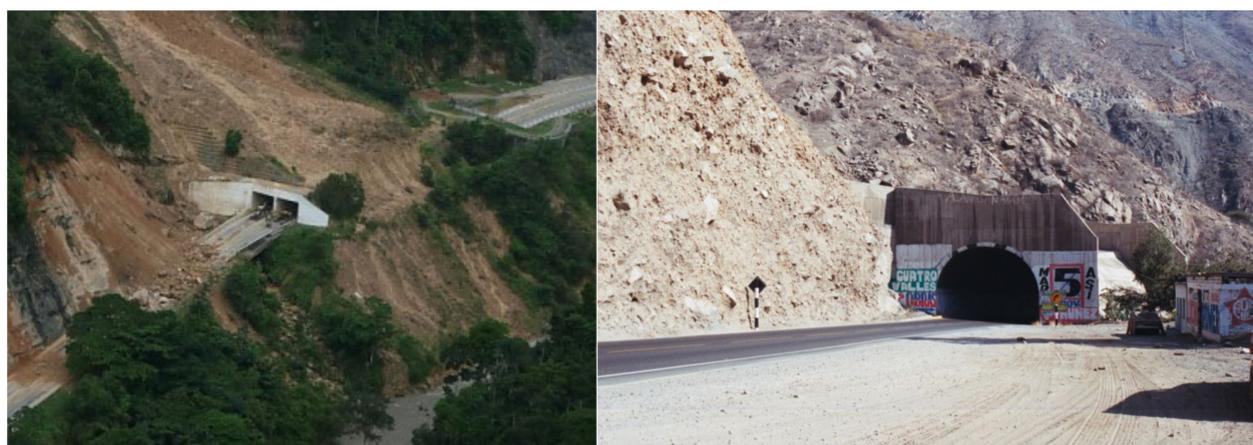


Figura 9.10 Muro de tierra armada (modificado de Sharp et al., 1977).



Fotografía 9.1 Falso túnel en la carretera Rafael Caldera Mérida (izquierda), Venezuela, carretera central Lima-La Oroya, Perú (derecha).



Fotografía 9.2 Mallas de protección con anclajes para caída de rocas o derrumbes tanto en detritos como roca alterada.



Fotografía 9.3 Ejemplo de laderas forestadas para controlar la erosión superficial.

9.2.2 Mitigación de peligros por deslizamientos

En el caso de los deslizamientos no muy rápidos y poco profundos son recomendables las obras de drenaje superficial sobre la masa deslizada, que deben realizarse una vez que estas se han estabilizado (zanjas de sistema de drenaje perimetrales, en espina de pez) y la modificación de la geometría, al actuar sobre dos de los factores principales que condicionan las inestabilidades. Otras medidas, como la instalación de anclajes y bulones (9.2.1), son recomendables en caso de inestabilidades en macizos rocosos para evitar los deslizamientos y desprendimientos de bloques, no siendo efectivas en deslizamientos en suelos (a no ser que se instalen sobre muros o vigas que repartan las fuerzas de forma uniforme); en este último caso, son más efectivos los elementos resistentes como pilotes, muros o pantallas.

En la figura 9.11 se presenta un esquema de la estabilización de un extenso deslizamiento superficial en suelos residuales limo-arcillosos. Las medidas de corrección o estabilización de laderas están encaminadas a prevenir los procesos y mitigar los daños. Cabe mencionar que los deslizamientos o flujos de dimensiones importantes, incluso con velocidades muy bajas, son muy difíciles o imposibles de detener.

Otras medidas son la construcción de escolleras en el pie del talud. Puede efectuarse en combinación con el descabezamiento del talud o como medida independiente (Figura 9.12). El peso

de la escollera en el pie del talud se traduce en un aumento de las tensiones normales en la parte baja de la superficie del deslizamiento, lo que aumenta su resistencia. Este aumento depende del ángulo de rozamiento interno en la parte inferior de la superficie del deslizamiento. Si es elevado, el deslizamiento puede producirse por el pie y es más ventajoso construir la escollera encima del pie del talud, pudiéndose estabilizar grandes masas deslizando mediante pesos relativamente pequeños de escollera. Si el ángulo de rozamiento interno es bajo, el deslizamiento suele ocurrir por la base y es también posible colocar el relleno frente al pie del talud. En cualquier caso, el peso propio de la escollera supone un aumento del momento estabilizador frente a la rotura. Por último, cuando la línea de rotura se ve forzada a atravesar la propia escollera, esta se comporta además como un elemento resistente propiamente dicho. Algo que debe tomarse en cuenta constantemente es que la base del relleno debe ser siempre drenante.

En ocasiones se emplean muros (9.2.1) para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención en el pie, como se muestra en la Figura 9.13; sin embargo, esta medida puede tener varios inconvenientes al momento de la construcción, ya que al excavar en el pie del talud puede favorecer la inestabilidad hasta que el muro este completamente instalado. Además, el muro puede no ser capaz de evitar posibles deslizamientos, por encima o por debajo del mismo como se aprecia en la figura.

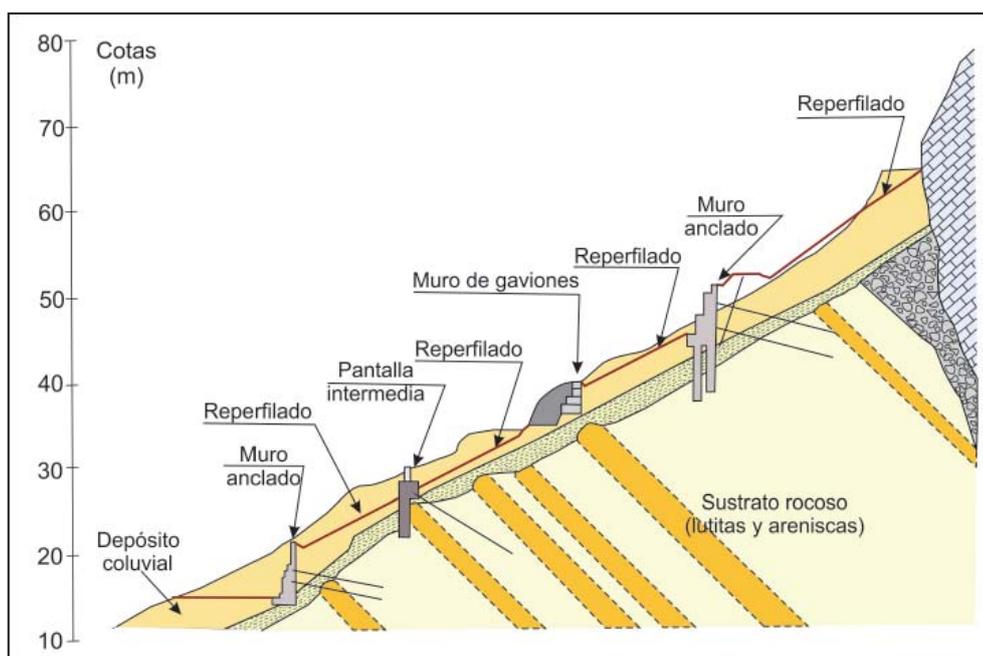


Figura 9.11 Esquema de las medidas de contención de un deslizamiento en suelo coluvial arcillo-limoso con sustrato formado por lutitas y areniscas.

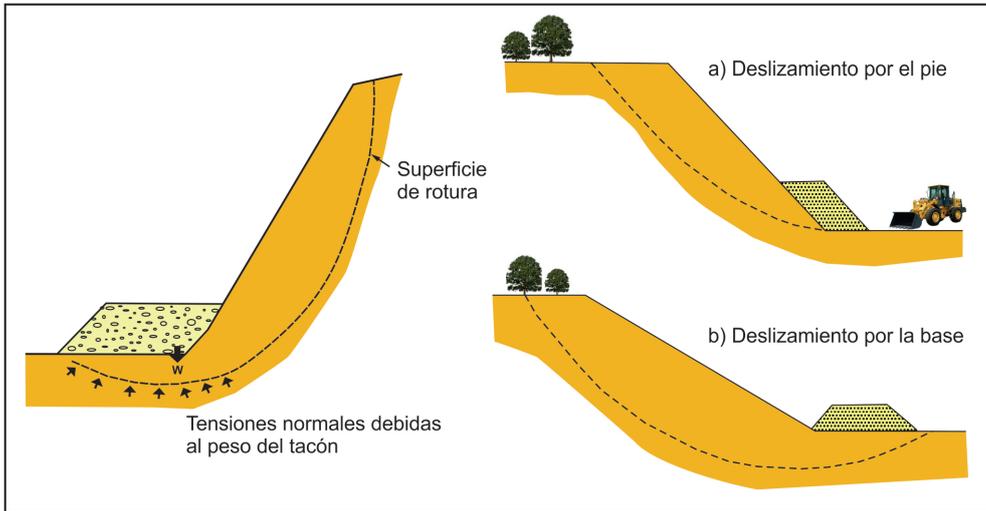


Figura 9.12 Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno, en el pie de un talud (izquierda), colocación de escollera según el ángulo de rozamiento interno del terreno (derecha).

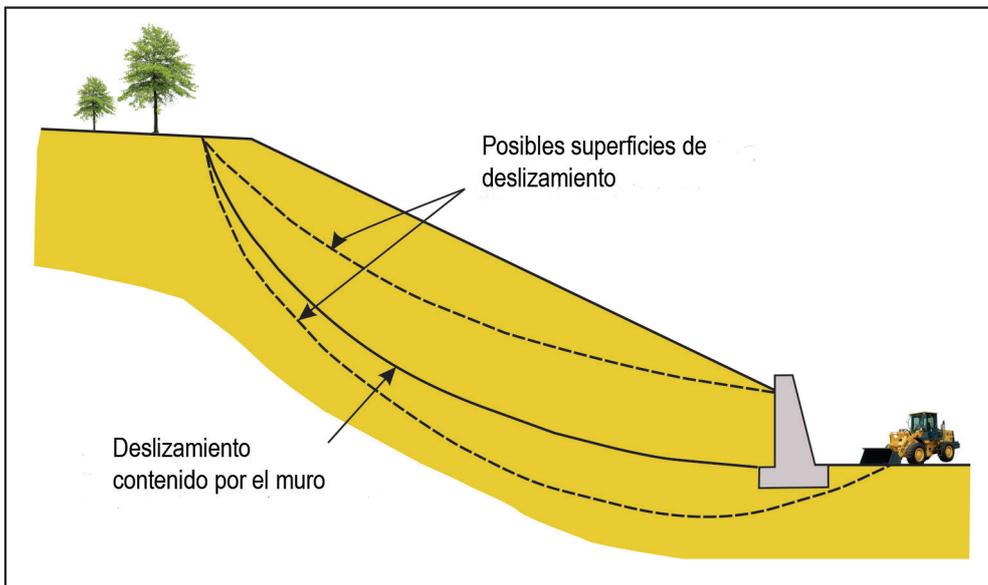


Figura 9.13 Control de un deslizamiento mediante un muro.

9.2.3 Mitigación de peligros por huacos

En quebradas de régimen temporal donde se producen huacos periódicos a excepcionales que pueden alcanzar grandes extensiones y pueden transportar grandes volúmenes de sedimentos gruesos y finos, con el propósito de propiciar la fijación de los sedimentos en tránsito y de minimizar el transporte fluvial, es preciso aplicar en los casos que sea posible, las medidas que se proponen a continuación:

- Encauzar el cauce principal de los lechos de los ríos o quebradas y aluviales secos (Fotografía 9.4), retirando los bloques rocosos en el lecho y seleccionando los que pueden ser utilizados para la construcción de enrocados, espigones o diques transversales artesanales siempre y cuando dichos materiales sean de buenas características geotécnicas. Hay que considerar siempre que estos lechos aluviales secos se pueden activar durante periodos de lluvia excepcional caso del Fenómeno El Niño (Fotografía 9.5).
- Propiciar la formación y desarrollo de bosques ribereños con especies nativas para estabilizar los lechos.
- Construir presas transversales de sedimentación escalonada para controlar las fuerzas de arrastre de las

corrientes de cursos de quebradas que acarrear grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional, cuya finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos, tales como presas SABO; tipo rejilla; barras flexibles que, debido a la permeabilidad de la red, los flujos se drenan como resultado de la retención del material sólido; fosas de decantación; etc. (Figura 9.14).

- Muchas de las quebradas, torrenteras o chorreras que generan huacos periódicos en la región, pueden ser controladas en las carreteras mediante badenes de concreto o mampostería de piedra, alcantarillas, pontones o puentes, entre otros (Fotografía 9.6), en función de las características geodinámicas y topográficas de la quebrada. Cabe mencionar que estas obras de infraestructuras que atraviesen estos cauces deben construirse con diseños que tengan en cuenta las máximas crecidas registradas, que permitan el libre discurrir de crecidas violentas provenientes de la cuenca media y alta, evitándose obstrucciones y represamientos violentos.

Además, estas obras deben ser acompañadas de obras de encauzamiento y limpieza del cauce de la quebrada aguas arriba (Fotografía 9.7), y obras de defensa contra la erosión (enrocados, gaviones o muros de concreto) ya mencionados.



Fotografía 9.4 Encauzamiento de quebrada en el sector Huariaca.



Fotografía 9.5 Construcción de disipadores de energía de las corrientes concentradas en el cauce de la quebrada, mediante diques transversales (enrocado y armazón de troncos) y canalización del cauce con muros laterales escalonados utilizando bloques de rocas para mitigar los efectos ante la ocurrencia de un flujo de detritos.

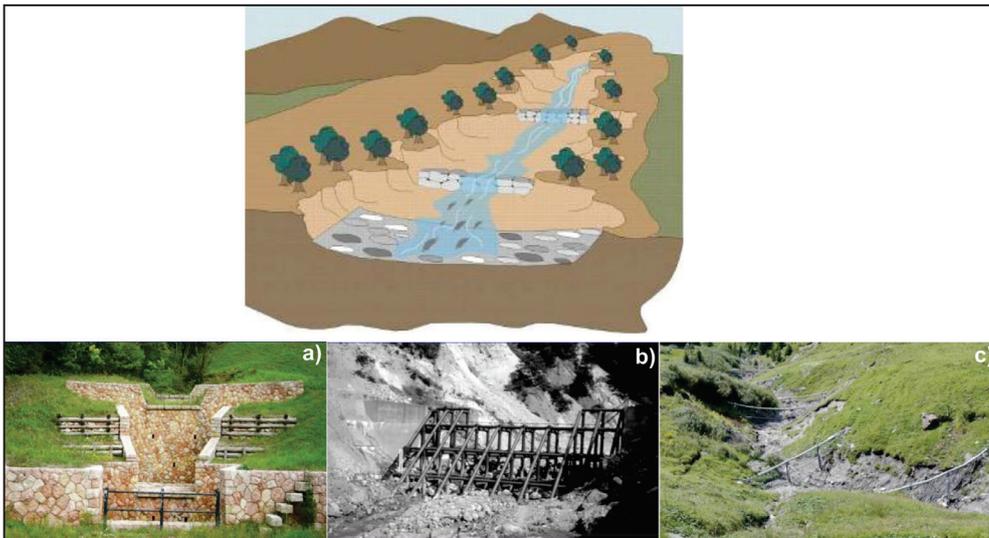


Figura 9.14 Presas de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huacos: a) tipo SABO, b) tipo rejilla, c) barras flexibles.



Fotografía 9.6 Obras de drenaje para redes viales, A) badenes, B) alcantarillas y pontones y C) puentes, puentes-badén.



Fotografía 9.7 Limpieza de cauce del río Santa Rosa, Pasco.

9.2.4 Mitigación de peligros por erosión de laderas

En zonas donde la erosión de laderas es aguda con presencia de cárcavas de gran amplitud, se generan abundantes materiales sueltos que son llevados a los cauces de las quebradas. En época de lluvias intensas, muchos de estos cauces con suficiente material pueden generar flujos. Para el control físico del avance de cárcavas se propone un conjunto de medidas, principalmente de orden artesanal, entre las que cabe destacar:

- Regeneración de la cobertura vegetal, de preferencia nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a esta para asegurar su estabilidad.
- Construcción de diques o trinchos transversales constituidos con materiales propios de la región como: troncos, ramas, etc. (Figuras 9.15 al 9.17 y Fotografía 9.8).
- Empleo de zanjas de infiltración articuladas (canales de desvío) de acuerdo con las condiciones climáticas de la región (Figura 9.18).
- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal conformada por pastos, malezas y arbustos con fines de estabilizar el terreno y controlar la erosión. En la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzarán versus la pendiente y profundidad de los suelos. Se recomienda además que las plantaciones forestales se ubiquen al lado superior de las zanjas de infiltración construidas paralelas a las curvas de nivel.
- Evitar el sobrepastoreo, ya que deteriora y destruye la cobertura vegetal, y finalmente evitar la quema de pajonales.

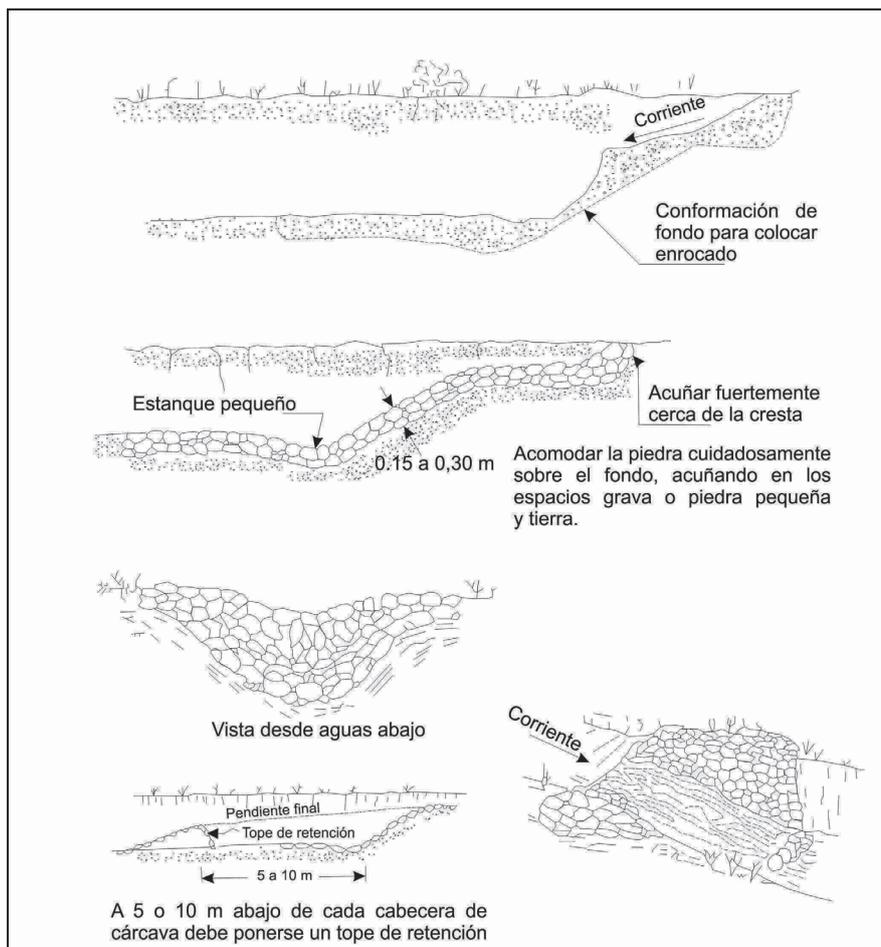


Figura 9.15 Trincho de piedra para cabecera de cárcava (adaptado de Valderrama et al., 1964).



Fotografía 9.8 Ejemplo de evacuación de aguas superficiales y control de erosión en cárcavas, mediante trinchos escalonados.

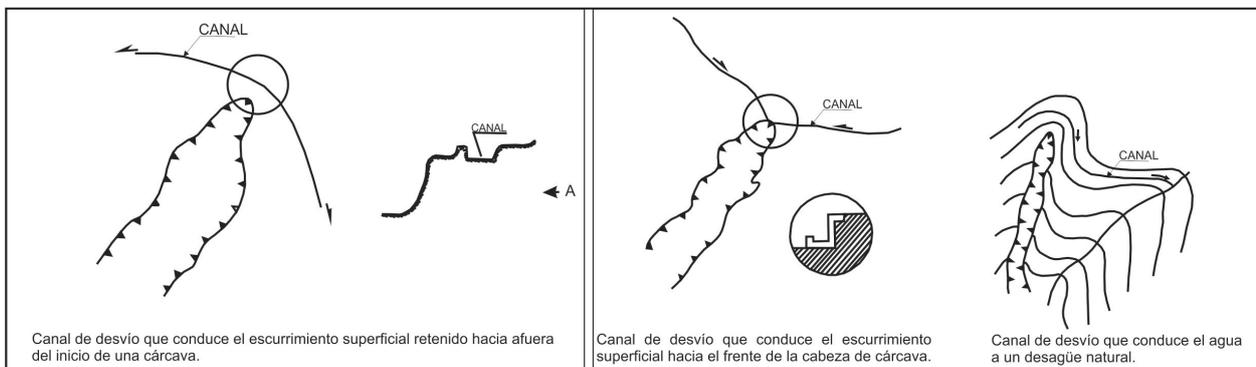


Figura 9.18 Canales de desvío

9.2.5 Mitigación de peligros por inundación y erosión fluvial

Para disminuir los daños por inundaciones en la región, se hace necesario aplicar las siguientes medidas:

- Encauzamiento del lecho principal, en ríos, quebradas afluentes y en zonas donde se produzcan socavamientos laterales de las terrazas aledañas. Para ello se debe construir espigones laterales, enrocado o gaviones (Figura 9.19 y Fotografía 9.9) para aumentar la capacidad de tránsito en el cauce de la carga sólida y líquida durante las crecidas y limpiar el cauce.
- Protección de las terrazas fluviales de los procesos de erosión fluvial por medio diques de defensa o espigones (Figura 9.20), que ayudan a disminuir el proceso de arranque y desestabilización.
- Realizar trabajos que propicien el crecimiento de bosques ribereños con especies nativas (molle, sauce, carrizos, caña brava); pero evitar la implantación de cultivos en el lecho fluvial para que no interrumpa el libre discurrir de los flujos hídricos.

9.2.6 Mitigación de peligros por hundimientos y subsidencias

Ante la imposibilidad de evitar los procesos de hundimiento y subsidencia de cierta magnitud, las medidas para paliar sus efectos deben basarse en la prevención de estos fenómenos.

En el caso de cavidades, la solución es el relleno de estas, previo conocimiento de su volumen y profundidad, y asegurarse de que el proceso es activo, los rellenos deben ser realizados periódicamente.

La subsidencia puede prevenirse y controlarse actuando sobre los procesos que la provocan. Si los materiales afectados no han sobrepasado las deformaciones elásticas, estas pueden recuperarse si se vuelve a las condiciones iniciales de equilibrio como, por ejemplo, en el caso de descenso del nivel freático. En las excavaciones subterráneas, la subsidencia puede prevenirse mediante inyecciones y tratamientos previos de consolidación del terreno.

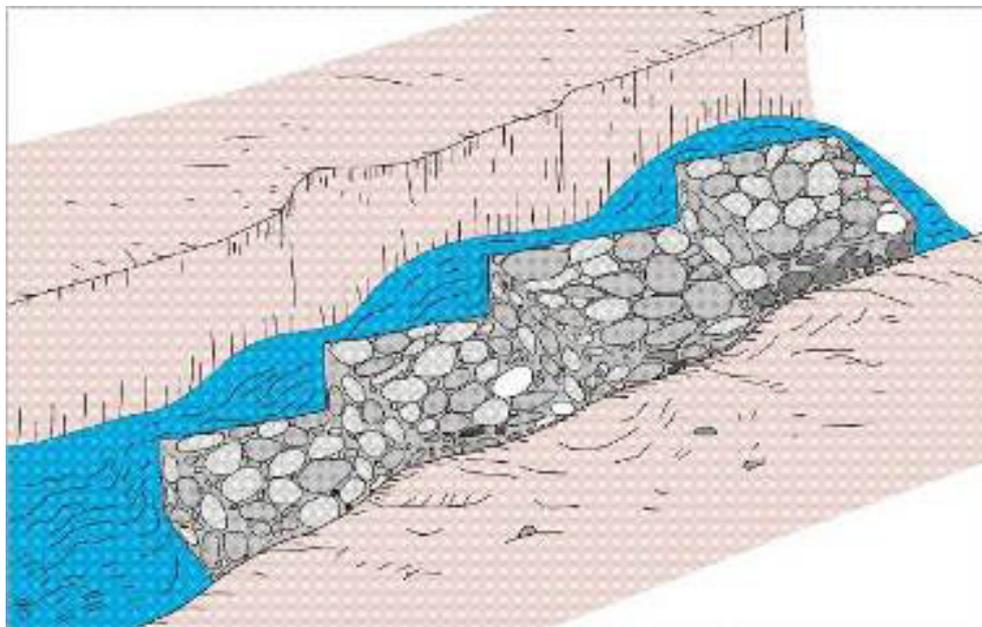


Figura 9.19 Gaviones para encauzar el lecho del río.



Fotografía 9.9 Ejemplos de uso de enrocados y muros de gaviones para protección de carretera. En muchos casos esto debe estar acompañado de un levantamiento de la rasante de la carretera.

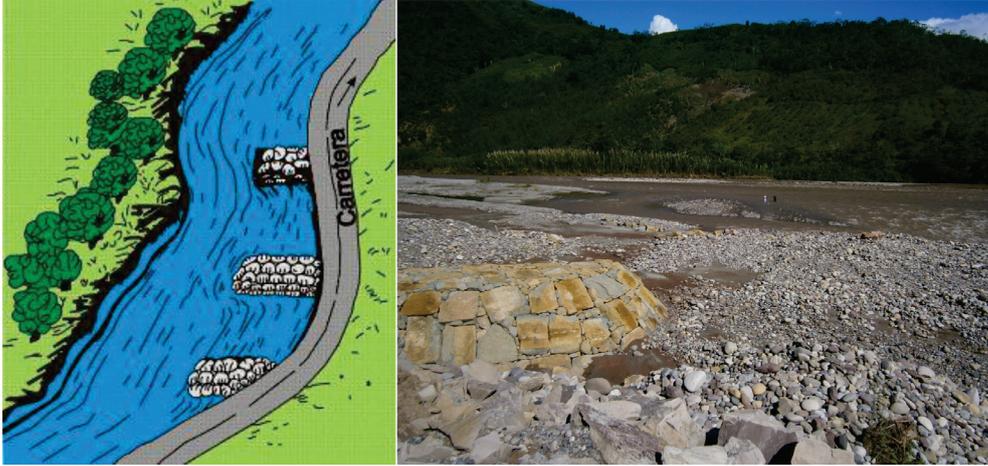


Figura 9.20 Espigones para proteger las terrazas fluviales.

9.3 SISTEMAS DE ALARMAS

Consisten en la instalación de diversos sistemas o instrumentos, en superficie o en profundidad, con la finalidad de detectar movimiento o medir determinados parámetros relacionados con los movimientos. Los más frecuentes son los siguientes:

- Instalación de inclinómetros y piezómetros en deslizamientos o en laderas cuya inestabilidad supone riesgos importantes (por ejemplo, en las laderas de embalses o de zonas urbanizadas). Se requiere establecer los valores tolerables (de desplazamiento) a partir de los cuales se considera que los movimientos son peligrosos o que puede producir la aceleración de estos. Es muy importante tomar los datos con precisión, de preferencia de forma automática y la interpretación de las medidas obtenidas, así como las decisiones deben basarse en juicios expertos. La frecuencia de medida está en función de las características del proceso y de la fase o estado de inestabilidad. Debe prestarse atención también al correcto funcionamiento y mantenimiento de los sistemas. En base a las medidas pueden establecerse correlaciones con las precipitaciones, lo que ayuda a definir los niveles o umbrales de alarma.
- Instalación de redes de cables en laderas rocosas con peligro de desprendimientos, mediante señales eléctricas o de otro tipo (al golpear los bloques desprendidos) generalmente se instalan en laderas rocosas con vías de ferrocarril y carreteras a su pie. El sistema puede estar conectado con señales que avisen del peligro inminente.
- Instalación de un sistema de vigilancia y alerta en las quebradas por flujo de detritos o huaicos, con el propósito de recopilar información sobre flujos en el campo tanto como sea posible. Para la estación de monitoreo de flujos de detritos eficaz se tiene como ejemplo el instalado en Taiwan, mediante un seguimiento de sensores como pluviómetro, cámara, medidor de nivel de agua por ultrasonidos, sensor de humedad de suelo, cable sensor y geófonos. Los datos son captados por los sensores de observación, actualizados y transferidos a través de sistemas de transmisión por satélite en tiempo real hacia una página web y móviles desde una cabina instrumental que es la fuente de alimentación de procesamiento de datos (Figuras 9.21 y 9.22). Esta información se utiliza no solo para ayudarnos a comprender el mecanismo físico de los flujos sino también para mejorar la exactitud del sistema actual de alerta sobre la base de umbrales de precipitaciones.



Figura 9.21 Sensores utilizados para el monitoreo de flujos de detritos (Fotografía tomada de Soil and Water Conservation Bureau SWCB-Taiwan por Vilchez, 2010).



Figura 9.22 Estación de monitoreo de flujo de detritos (Fotografía tomada de Soil and Water Conservation Bureau SWCB-Taiwan por Vilchez, 2010).

CONCLUSIONES

1. Litológicamente, el 90.6% de la superficie de la región Pasco está cubierta por sustrato rocoso y el resto está cubierto por depósitos inconsolidados de origen aluvial, coluvial, deluvial, lacustre, glaciar y fluvio-glaciar que rellenan valles fluviales y glaciares, así como laderas y vertientes.
2. La pendiente de los terrenos es un aspecto importante en la clasificación de las unidades geomorfológicas; para ello se tomaron en consideración seis rangos o grados de pendiente: muy baja: < 1° (15.3 %), baja: 1°-5° (17.6%), media: 5°-15° (23.3 %), fuerte: 15°-25° (19.8 %), muy fuerte: 25°-45° (22.8%) y abrupta: >45° (1.2 %).
3. Las unidades geomorfológicas diferenciadas en la región Pasco se han producido por dos grandes grupos de unidades de relieve: Geoformas de carácter tectónico-degradacional y erosional, y b) Geoformas de carácter deposicional y agradacional. Las primeras geoformas mencionadas se agrupan en montañas, colinas, lomadas y laderas, y presentan mayor distribución en la región, su origen está ligado a procesos sismo-tectónicos, volcánicos y erosivos ocurridos a lo largo de su historia geológica. Las unidades deposicionales se dividen en función a su origen en piedemontes, abanicos, morrenas, valles fluviales y glaciares, terrazas aluviales, planicie aluvial, llanura o planicie inundable, laguna y cuerpos de agua, bofedales, isla fluvial y depósitos antropógenos como rellenos, botaderos y ligados a procesos gravitacionales y deposicionales.
4. A lo largo de su historia, la región Pasco ha sido afectada muchas veces por fuertes precipitaciones pluviales y en algunas ocasiones por sismos, las que causan serias destrucciones materiales y en muchas ocasiones han cobrado vidas humanas. La información sobre eventos desastrosos ocurridos en la región registra la ocurrencia de inundaciones fluviales, deslizamientos, derrumbes, huaicos, entre otros.
5. Producto de los trabajos geológicos de campo y gabinete en la región Pasco se han identificado un total de 980 eventos, según su origen: por movimientos en masa (75.4 %); peligros geohidrológicos (14.5 %) y otros peligros geológicos (10.1%). En función a la tipología similar se presenta una mayor frecuencia de: caídas y derrumbes (35.9 %), deslizamientos (11.0%), flujos de detritos, lodo y avalanchas (20.6 %), movimientos complejos (1.9 %) y reptación de suelos (6.0%), inundaciones fluviales y lagunares (4.5 %), erosión fluvial (10.0 %), y otros peligros geológicos como erosión de laderas, hundimiento (10.1%).
6. El estudio de la sismicidad en la región Pasco indica que se han producido sismos con intensidades de hasta IX en la escala modificada de Mercalli (MM). Los datos históricos disponibles, con relación a los acontecimientos sísmicos ocurridos en Perú, indican una intensa actividad sísmica en la parte centro-oriental de la región. Algunos movimientos en masa fueron activados por estos sismos como es el caso de Chontabamba y Chorobamba, tramos de la carretera a Huancabamba y Paucartambo por efecto del sismo del 24 de diciembre de 1937, así como procesos de licuación de suelos. De acuerdo con el estudio sísmico probabilístico, las áreas más propensas a soportar aceleraciones importantes se encuentran en el sector este de la región (Puerto Bermúdez, Iscozacín). También, se determinó aceleraciones que varían entre 0.290 g y 0.422 g, correspondiente a una categoría de alta a muy alta sismicidad. Estudios anteriores sobre neotectónica de Perú y sismotectónica de Perú han permitido identificar la presencia de fallas activas en la región, muchas de las cuales producen sismos continuamente (Cayesh, Atalaya y Huaytapallana).
7. En el análisis de la susceptibilidad a movimientos en masa, se consideró cinco categorías, las cuales se mencionan su distribución espacial:
 - Las zonas de muy alta (10.46%) y alta susceptibilidad (21.46%) tienen una distribución importante en la región, se encuentran en el sector occidental de la región: vertientes de laderas de los ríos Tingo (Pallanchacra) y Huallaga (Huariaca, Ticlacayán), San José (Huayllay), laderas de los cerros Uncush Pucro y Condorcchichi; vertientes inferiores de las laderas de la quebrada Quillán (entre Caninaco y Tangurpunco), Pancay (Tupac), carretera central Buena Vista-Tambo del Sol Viejo a 2 km de Ninacaca, laderas de los cerros Cortadera, Andacancha, Hushuccacca y Huchuc Huanca. Cerros Liantashpunta, Jelgash, Yanachacca, Lomas Lahuacunca, Rumi Cruz y Torioc. Sector central de la región: laderas en los valles de los ríos Huachón que descienden

desde Huancash hasta Tingo del Hualca, Paucartambo y Bellavista desde Cuchambra hasta la localidad de Yaupi; vertientes de montañas localizadas al oeste de Pampacolca y Piscopampa. Cerros Sillapta, Maraynioc, Marca Marca. Vertientes de las laderas en ambas márgenes de los ríos Santa Cruz, Chorobamba y Pozuzo. Sector oriental de la región: Vertientes de las laderas del río Chinchihuani al noreste del distrito Constitución, límite con la región Ucayali.

- Las zonas de media susceptibilidad (32.59%), con una regular distribución se encuentran principalmente en la altiplanicie aluvial sedimentaria, al centro y sur occidente de la región; laderas inferiores de la Cordillera Callejón, de colinas y montañas como Jocco punta, Canchas Punta; cerros Jatun Huaguia, Huahurar, Pishua Jirca, Mancan Pucro. Terrenos ubicados en las cabeceras de la región, así como en las laderas de colinas al este de la región.
- Las zonas de baja susceptibilidad (30.79%) se localizan en la zona de bofedales y pampas Mitocancha y Picón disectadas por los ríos Condorconcha, Huascán, Yahuramayo, Maray Chaca, en la superficie localizada sobre los poblados de Yurcaya, Huaylas, Bocan, Pacorán Chico, Paucarcoto; terrenos planos localizados en terrazas de ríos y quebradas de la región. Así como en las colinas y lomadas al este de la región, en el límite con la región Ucayali.
- Las zonas de muy baja susceptibilidad (4.67%) corresponden a terrenos llanos con pendientes inferiores a 1°. Se relacionan a geoformas de terrazas medias,

terrazas bajas, planicies disectadas, complejos de orillares antiguos y sistemas de pantanos. Se distribuyen en los valles principales al este de la región como los ríos Nazarategui, Pichis, Ancayali, Apurucayali, Palcazú, Pozuzo, entre otros. En el centro de la región, valle de los ríos Paucartambo, Chorobamba, Huancabamba. Al oeste de la región, los valles de los ríos Chaupihuarango, Huallaga, Mantaro, entre otros.

8. En la región Pasco, las inundaciones combinadas con la erosión fluvial son las que afectan principalmente a las poblaciones que se encuentran en la Llanura Amazónica. Estas ocurrencias se producen por desborde y cambio de nivel de agua de los ríos Huaylamayo, Huancabamba, Paucartambo, Chorobamba, Iscozacín, Pichis, Palcazú, Pachitea y sus tributarios principales, y son las zonas de alta y muy alta susceptibilidad a las inundaciones y erosiones fluviales.
9. La determinación de peligros potenciales individuales y el análisis de densidad de ocurrencias de peligros geológicos potenciales en un área o sector definieron para la región Pasco 30 "zonas críticas" por peligros geológicos. En ellas se expone infraestructura o población, vulnerable a uno o más peligros geológicos. Estas zonas críticas se consideran con peligro potencial de generar desastres, y que necesitan que se realicen obras de prevención y/o mitigación. La mayor cantidad de zonas críticas a la ocurrencia de peligros geológicos se ubica en la provincia de Pasco (13), seguido por las provincias de Oxapampa (9) y Daniel A. Carrión (8). Cabe mencionar que las recomendaciones que se indican en este informe deben realizarse con especialistas.

RECOMENDACIONES

1. Para realizar una buena planificación urbana, se debe tener en cuenta los mapas de susceptibilidad a diferentes procesos.
2. Antes de elegir la ubicación, diseño, método constructivo, tecnología, materiales, y planes de contingencia de nuevas urbanizaciones e infraestructura proyectadas, es necesario considerar las condiciones geológicas y su exposición a los peligros geológicos; así como el comportamiento local del suelo frente a un sismo severo, así como las precipitaciones probables y los procesos que originarían.
3. En las zonas que indicaron valores de susceptibilidad alta y muy alta, es necesario trabajar a mayor detalle las zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos incluidos. De acuerdo con ello se puede recomendar obras de mitigación, sistemas de alerta temprana o reubicación de viviendas.
4. Para fortalecer la capacidad local es muy importante educar a la población involucrada, a fin de que sepan cómo actuar ante eventos catastróficos, así como el conocimiento de peligros geológicos que existen dentro de su jurisdicción, para así minimizar las pérdidas de vidas humanas y económicas a causa de estos desastres.
5. La mejora de la calidad de vida de la población debe ser incorporada como meta en los planes de desarrollo e inversión que formulen e impulsen los municipios, las regiones y el Gobierno central.

BIBLIOGRAFÍA

- Alva, J. (1983) - *Breve historia del fenómeno de licuación de suelos en el Perú* (en línea). Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, 4, Lima, 1983. 12 p. (consulta: 5 noviembre 2017). Disponible en: <http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis16_a.pdf>
- Alva, J.; Meneses, J. & Guzmán, V. (1984) - *Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú* (en línea). Congreso Nacional de Ingeniería Civil, 5, Tacna, 11 p. (consulta: 5 noviembre 2017). Disponible en: <http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis17_a.pdf>
- Alva, J. & Chang L. (1987) - *Mapa de áreas de deslizamientos por sismos en el Perú* (en línea). Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, 5, Lima, 1987, 11 p. (consulta: 5 noviembre 2017). Disponible en: <http://www.jorgealvahurtado.com/files/redacis18_a.pdf>
- Atlas geográfico, económico y cultural del Perú* (2009) – Volumen 8: Pasco - Junín. Lima: Empresa Editora El Comercio, 95 p.
- Autoridad Nacional del Agua (2012) – *Compendio de los recursos hídricos superficiales de Pasco*. Lima: ANA, 41 p. Disponible también en: <<http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/560>>
- Ayala, F.J. & Andreu, F., dir. (1987) - *Manual de taludes*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 456 p., Serie Geotecnia.
- Ayala, F.J. & Olcina, J. (2002) - *Riesgo Naturales*. Barcelona: Ariel, 1512 p.
- Ayala, F.J. & Andreu, F., dir. (2006) - *Manual de ingeniería de taludes*. 1. ed., 2. reimp. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 456 p., Guías y Manuales, 3.
- Bernal, I. & Tavera, H. (2002) - *Geodinámica, sismicidad y energía sísmica en Perú*. Lima: Instituto Geofísico del Perú, 63 p.
- Blanc, J.L.; Cabrera, J. & Sébrier, M. (1983) - Estudio microtectónico de la falla sísmica de Huaytapallana (Andes del Perú Central). *Revista Geofísica*, (18-19): 5-23.
- Blanc J.L. (1984) - *Néotectonique et sismotectonique des Andes du Pérou Central dans la région de Huancayo*. Thèse Docteur, Université Paris-Sud, Centre d'Orsay, Paris, 162 p.
- Cahill, T.A. & Isacks, B.L. (1991) - Seismicity and shape of the subducted Nazca plate. *Journal of Geophysical Research*, 97(B12): 17503-17529.
- Carrillo, V. (1962) - *Reconocimiento geológico del pueblo de Chango anexo del distrito de Chacayán de la provincia Daniel A. Carrión del departamento de Pasco*, Informe inédito. Lima: Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros, 10 p. (disponible A.T. Ingemmet A1169).
- Casaverde, L. & Vargas, J. (1980) - *Zonificación sísmica del Perú*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 32 p., PUCP Serie Difusión. Trabajo presentado en el II Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismo Resistente, Lima, 1980.
- CGS Consultores Asociados (1997) - Geología de los cuadrángulos de Codo del Pozuzo y Río Palcazu, Hojas: 20-m y 20-n. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 88, 144 p.
- Cobbing, E.J., Pitcher, W.S. & Garayar, J. (1973) - Geología de los cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta. *Servicio de Geología y Minería, Boletín*, 26, 172 p.
- Cobbing, E.J.; Sánchez, A.; Martínez, W. & Zárate, H. (1996a) - Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 76, 297 p.
- Cobbing, E.; Quispesivana, L. & Paz, M. (1996b) - Geología de los cuadrángulos de Ambo, Cerro de Pasco y Ondores. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 77, 238 p.
- Cummins, J.D. & Mahul, O. (2009) - *Catastrophe risk financing in developing countries: Principles for public intervention*. Washington, DC: World Bank, 268 p.

- Dávila, J. (1999) - *Diccionario geológico*, 3a. ed. Lima: INGEMMET, 1006 p.
- Dávila, J. (2006) - *Diccionario geológico bilingüe español-inglés*. Lima: [s.e.], 696 p.
- De La Cruz, J.; Valencia, M. & Boulanger, E. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Aguaytía, Panao y Pozuzo. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 80, 134 p.
- De La Cruz, J.; Lara, M. & Raymundo, T. (1997) - Geología de los cuadrángulos de San Alejandro, Santa Rosa, Río Nova y Puerto Inca. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 98, 117 p.
- De la Cruz, O. & Raymundo, T. (2003) - *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Oxapampa (22-m). escala 1:100 000*, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 19 p.
- Dorbath, L.; Cisternas, A. & Dorbath, C. (1990) - Assessment of the size of large and great historical earthquakes in Peru. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 80(3): 551-576.
- Dumont, J.-F. (1992) - Rasgos morfoestructurales de la llanura amazónica del Perú: efecto de la neotectónica sobre los cambios fluviales y la delimitación de las provincias morfológicas. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, 21(3): 801-833.
- Fidel, L.; Zavala, B; Núñez, S. & Valenzuela, G. (2006) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja No. 4. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 29, 383 p.
- Freeman, P.K.; Martin, L.A.; Linnerooth-Bayer, J.; Warner, K. & Pflug, G. (2003) - *Gestión de riesgo de desastres naturales: sistemas nacionales para la gestión integral del riesgo de desastres estrategias financieras para la reconstrucción en caso de desastres naturales* (en línea). Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo, 84 p. (consulta: 10 junio 2015). Disponible en: <<http://www.cridlac.org/digitalizacion/pdf/spa/doc16160/doc16160.htm>>
- González de Vallejo, L.; Ferrer, M.; Ortuño, L. & Oteo, C., eds. (2002) - *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson Educación, 732 p.
- Guzmán, A. & Nuñez, S. (1998) - Geología de los cuadrángulos de Masisea, Huarimán, Iparía, Noaya, Sempaya y Cumaria. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 114, 143 p.
- Highland, L.M. & Bobrowsky, P. (2008) - *Manual de derrumbes: una guía para entender todo sobre los derrumbes*. Reston, VA: U.S. Geological Survey, 174 p. Traducción de U.S. Geological Survey Circular 1325.
- Hungr, O.; Evans, S.G.; Bovis, M.J. & Hutchinson, J.N. (2001) - A review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental & Engineering Geoscience*, 7(3): 221-238.
- Hutchinson, J.N. (1988) - General report: Morphological and geotechnical parameters of landslide in relation to geology and hydrogeology. En: Bonnard, C., ed. *Proceedings of the 5th International Symposium on Landslides, 10-15 July 1988. Lausanne, Switzerland*. Rotterdam: Balkema, vol. 1, p. 3-35.
- Hylsky, J. (1970-1972) - *Erosión en cárcavas*. La Habana: Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de Geología. Serie Oriente, 7-11. (Primera a quinta parte: capítulos 1 al 14).
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geotecnia (1980) - *Reconocimiento geodinámico en las carreteras La Merced-Satipo y La Merced-Pozuzo, Dptos. Pasco y Junín*, informe inédito. Lima: Ingemmet, 18 p. (Disponible A.T. Ingemmet A1360)
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2003) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja No. 3. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 28, 373 p.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2005) - Estudio de los recursos minerales del Perú, Franja No. 4. *INGEMMET, Boletín, Serie B: Geología Económica*, 14, 422 p.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2009) - *Peligros geológicos en el distrito de Chaupimarca* (provincia y Región Pasco), Informe inédito. Lima: INGEMMET, 6 p. (disponible A.T. Ingemmet A6525).
- Instituto Nacional de Defensa Civil (1995-2013) - *Compendios Estadísticos* (en línea). Lima: INDECI, ediciones 1996-2013. (consulta: 05 julio 2015). Disponible en: <<https://www.indeci.gob.pe/contenido.php?item=NDY>>
- ingInstituto Nacional de Estadística e Informática (2009) - *Libro electrónico – Mapa de pobreza provincial y distrital 2007* (en línea). Lima: INEI, 250 p. (consulta noviembre 2015). Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0911/index.htm>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017) - *Pasco: Compendio Estadístico 2017* (en línea). Cerro de Pasco:

- INEI, Oficina Departamental de Estadística e Informática Pasco, 358 p. (consulta: noviembre 2015). Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1504/libro.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018a) – *Perú: Perfil sociodemográfico, Informe Nacional. Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas* (en línea). Lima: INEI, 644 p. (consulta: noviembre 2015). Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1539/libro.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018b) - *Resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017: Pasco* (en línea). Lima: INEI, 5 tomos. (consulta: noviembre 2015). Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1572/>
- Instituto Nacional de Vías (1998) – *Manual de estabilidad de taludes – Geotecnia Vial*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 340 p.
- Jaén, H.; Vargas, L. & Ortiz, G. (1997) - Geología de los cuadrángulos de Bolognesi y Puntijao. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 104, 161 p.
- Jiménez, J.; Alpañes, J. & Serrano, A. (1976) – *Geotecnia y cimientos II: mecánica del suelo y de las rocas*. Madrid, Editorial Rueda, 1186 p.
- Kalliola, R.; Puhakka, M. & Danjoy, W., eds. (1993) - Amazonía Peruana: vegetación húmeda tropical en el llano subandino. Proyecto Amazonía, Jyvaskyla y Lima: Universidad de Turku y ONERN, 265 p.
- Kunreuther, H.; Meyer, R. & Michel-Kerjan, E. (2009) – *Overcoming decision biases to reduce losses from natural catastrophes*. Philadelphia, PA: Risk Management and Decision Processes Center. The Wharton School, University of Pennsylvania, 26 p.
- LAGESA-C.F.G.S. (1997) - Geología de los cuadrángulos de Obenteni y Atalaya. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 95, 163 p.
- Llamas, M. & Custodio, E. (2002) - Acuíferos explotados intensivamente: conceptos principales, hechos relevantes y algunas sugerencias. *Boletín Geológico y Minero*, 113(3): 223-228.
- Leon W., Monge R. & Chacón N. (1996) - Geología del cuadrángulo de Chucharras, Ulcumayo, Oxapampa y La Merced (Hoas: 21-m, 22-l, 22-m, 23-m). *INGEMMET, Boletín, Serie A. Carta Geológica Nacional*, 78, 159 p.
- Lozinski, W. (1909) - Über die mechanische Verwitterung der Sandsteine im Gemässigten Klima. *Bulletin International de l'Académie des Sciences de Cracovie: class des Sciences Mathématiques et Naturelles* 1: 1-25.
- Luque, G. & Rosado, M. (2013) - *Zonas críticas por peligros geológicos en la región Pasco: primer reporte*, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 60 p. También disponible en: <http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/117725/ZONAS_CRITICAS_PASCO_2013.pdf/8bf50df6-85a0-47c6-89ce-d76a16ec56a2>
- Macharé, J.; Camac, D. & Leureyro, J. (1997) - Nuevos datos sobre las fallas activas de Shitari y Cayesh, en los Andes peruanos. En: Congreso Peruano de Geología, 9, Lima, 1997, *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 467-470.
- Macharé, J.; Benavente, C. & Audin, L. (2009) - Síntesis descriptiva del Mapa Neotectónico 2008. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 40, 103 p.
- Martín, A.; Salazar, A.; Nozal, F. & Suárez, A. (2004) - *Mapa geomorfológico de España a escala 1:50.000: Guía para su elaboración*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 128 p.
- McGuire, R.K. (1976) - Fortran computer program for seismic risk analysis. *U.S. Geological Survey, Open-File Report 76-0067*, 90 p. (consulta: 22 mayo 2015). Disponible en: <<http://pubs.er.usgs.gov/usgspubs/ofr/ofr7667>>
- Medina, L. & Ochoa, M. (en preparación) – Riesgo geológico en la región Loreto. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*.
- Mendivil, S. (1963) - *Remoción de tierras en el distrito de Huariaca, Departamento de Pasco*, Informe inédito. Lima: Comisión Carta Geológica Nacional, 34 p. (disponible A.T. Ingemmet A1246).
- Morales, G. (2005) – *Investigación meteorítica en el Perú y Sud América: Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Chile*. Lima: FIMART, 102 p.
- Naciones Unidas. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (2009) - *UNISDR Terminología sobre reducción del riesgo de desastres* (en línea). Ginebra: Naciones Unidas, 38 p. (consulta: 10 julio 2017). Disponible en: <http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf>

- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (1976) - *Mapa ecológico del Perú a Escala 1:1.000.000*: guía explicativa. Lima: ONERN, 146 p.
- Ojeda, J.; Castro, E.; Valencia, A. & Fonseca, S. (2001) - *Evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa: Guía metodológica*. Bogotá: INGEOMINAS, Escuela Colombiana de Ingeniería y CVC, 166 p.
- Pérez, G.; Perales, F. & Taype, V. (1971) - *Estudio geológico del área afectada por el derrumbe en el cerro Chungar, (Provincia de Cerro de Pasco, Departamento de Pasco)*, Informe inédito. Lima: Servicio de Geología y Minería, 12 p. (disponible A.T. Ingemmet A1285).
- Pérez, G. (1971a) - *Deslizamiento de tierras en el cerro Raya-Paco (Distrito de Paucar, Provincia Daniel A. Carrión, Departamento de Pasco)*, informe inédito. Lima: Servicio de Geología y Minería, 11 p. (disponible A.T. Ingemmet A4306).
- Pérez, G. (1971b) - *Flujos de barro y peligro de deslizamiento de rocas en el cerro Huairascirca y la quebrada Chaparagra, caserío de Huairascirca, Provincia Daniel A. Carrión, Departamento de Pasco*, informe inédito. Lima: Servicio de Geología y Minería, 12 p. (disponible A.T. Ingemmet A4310).
- Pérez, G. & Taype, V. (1971c) - *Derrumbes producidos en el Cerro Misahuiyanan, caserío "Virgen de Fátima" comunidad de Yanacocha, distrito de Yanahuanca, Provincia de Daniel A. Carrión, Departamento de Pasco*, informe inédito. Lima: Servicio de Geología y Minería, 10 p. (disponible A.T. Ingemmet A4309).
- Perú. Ministerio de Economía y Finanzas. Dirección General de Programación Multianual del Sector Público (2006) - *Conceptos asociados a la gestión del riesgo de desastres en la planificación e inversión para el desarrollo* (en línea). Lima: MEF, 59 p. Serie Sistema Nacional de Inversión Pública y la Gestión del Riesgo de Desastres, 1. (consulta: 2 julio 2015:) Disponible en: <<https://es.calameo.com/books/00206955867512b6f496b>>
- Perú. Ministerio de Economía y Finanzas. Dirección General de Programación Multianual del Sector Público (2010) - *Evaluación de la rentabilidad social de las medidas de reducción del riesgo de desastre en los proyectos de inversión pública* (en línea). Lima: MEF, 107 p. Serie Sistema Nacional de Inversión Pública y la Gestión del Riesgo de Desastres, 4. (consulta: 2 julio 2015) Disponible en: <https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/estudios_documentos/documentos/EvaluaciondeRentabilidadSocial_MEF_4.pdf>
- Perú. Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2017) – Estadísticas de servicios públicos de telecomunicaciones. *Boletín Estadístico de la Dirección General de Regulación y Asuntos Internacionales de Comunicaciones* (en línea), 2, 24 p. (consulta: 10 octubre 2015). Disponible en: <https://portal.mtc.gob.pe/comunicaciones/regulacion_internacional/estadistica_catastro/documentos/2017/Bolet%C3%ADn%20I%202017.pdf>
- Perú. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016) - *Decreto supremo N° 003-2016-VIVIENDA: Decreto supremo que modifica la norma técnica E.030 "diseño sismoresistente" del reglamento nacional de edificaciones, aprobada por decreto supremo N° 011-2006-VIVIENDA, modificada con decreto supremo N° 002-2014-VIVIENDA*. *El Peruano*, Separata especial, 24 enero 2016, 32 p.
- Perú. Ministerio del Ambiente (2015) – *Mapa nacional de cobertura vegetal*: Memoria descriptiva. Lima: MINAM, 105 p.
- Philip, H. & Mégard, F. (1977) - Structural analysis of the superficial deformation of the 1969 Pariahuanca earthquakes (Central Perú). *Tectonophysics*, 38(3-4): 259-278
- Provias Nacional (2015) - *Sistema de Información Geográfica de Provias Nacional* (en línea). Lima: Provias Nacional. (consulta: 05 octubre 2015). Disponible en: <<http://giserver.proviasnac.gob.pe/flexviewers/provias/>>
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007) - *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, 432 p., Publicación Geológica Multinacional, 4.
- Quispesivana, L. & Navarro, P. (2003) – *Mapa geológico del cuadrángulo de Ondores (hoja 23-k)*, escala: 1:100,000. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Dirección de Geología Regional.
- Rodríguez, R. (2003a) - *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Cerro de Pasco (22-k), cuadrante I, escala 1:50 000*, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 13 p.
- Rodríguez, R. (2003b) - *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Cerro de Pasco (22-k), cuadrante IV, escala 1:50 000*, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 11 p.
- Rodríguez, R.; Cueva, E. & Carlotto, V. (2011) - *Geología del cuadrángulo de Cerro de Pasco, hoja 22-k, escala*

- 1:50,000. *INGEMMET, Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional*, 144, 160 p.
- Romero, D. & Latorre, O. (2003) - *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Oyón (22-j), cuadrante II, escala 1:50 000*, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 14 p.
- S & Z Consultores Asociados (1997) - Geología de los cuadrángulos de Bajo Pichanaqui y Puerto Bermúdez. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 85, 180 p.
- Sánchez, R.; Mayorga, R.; Urrego, L & Vargas, G. (2002) - Modelo para el pronóstico de la amenaza por deslizamientos en tiempo real (en línea). En: Simposio Latinoamericano de Control de Erosión, 1, Bucaramanga, 2002. Memorias. Bucaramanga: CDMB, 8 p. (consulta: junio 2015). Disponible en: <http://www.docentes.unal.edu.co/gvargasc/docs/PUBLICACIONES_RIESGOS/Modelo-pronosticoFRM.pdf>
- Schmudde, T. (1968) – Floodplains. En: Fairbridge, R.W., ed. *The encyclopedia of geomorphology*. New York: Reinhold Publishing Corporation, p. 359-362.
- Sébrier, M.; Huamán, D.; Blanc, J.L.; Macharé, J. Bonnot, D. & Cabrera, J. (1982) - *Observaciones acerca de la neotectónica del Perú*. Lima: Instituto Geofísico del Perú, 107 p. (Proyecto SISRA – Grupo Peruano de Neotectónica).
- Sébrier, M.; Blanc, J.L.; Bonnot, D.; Cabrera, J.; Deza, E., et al. (1985) - *Observaciones acerca de la neotectónica del Perú*. En: Centro Regional de Sismología para América del Sur. Proyecto SISRA. Lima: CERESIS, vol 14, p. 254-269.
- Sébrier, M.; Lavenu, A.; Fornari, M. & Soulas, J.P. (1988) - Tectonics and uplift in Central Andes (Peru, Bolivia and northern Chile) from Eocene to present. *Géodynamique*, 3(1-2): 85-106.
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (2019) - *Áreas naturales protegidas de administración nacional con categoría definitiva* (en línea). Lima: SERNANP. (consulta: enero 2019). Disponible en: <<http://www.sernanp.gob.pe/documents/10181/165150/Listado+ANP+12.02.2019.pdf/d9f3ac65-ecf6-42ce-a8d3-941a1708e2e0>>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2010a) - *Guía climática turística* (en línea). Lima: SENAMHI, 216 p. (consulta: 03 junio 2015). Disponible en: <<https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-20.pdf>>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2010b) - *Mapa de precipitación anual periodo lluvioso Set-May* (en línea). (consulta: 26 mayo 2014). Disponible en: <http://sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/Images/Atlas/SENAMHI/02_precipitacion.jpg>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2010c) - *Mapa de precipitación acumulada El Niño 1997-1998* (en línea). (consulta: 26 mayo 2014). Disponible en: <http://sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/Images/Atlas/SENAMHI/05_pp_nino.jpg>
- Sharp, J.C.; Ley, G.M.M. & Sage, R. (1977) - Pit slope manual. *Chapter 4: Groundwater* (en línea). Ottawa: Canada Centre for Mineral and Energy Technology, 240 p., Canmet Report 77-13. (consulta: setiembre 2015). Disponible en: <<http://publications.gc.ca/site/eng/9.865773/publication.html>>
- Silgado, E. (1978) - Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974). *Instituto de Geología y Minería, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 3, 130 p.
- Stauder, W. (1975) – Subduction of the Nazca Plate under Peru as evidenced by focal mechanisms by seismicity. *Journal of Geophysical Research*, 80(8): 1053-1064.
- Suárez, G.; Molnar, P. & Burchfiel, B.C. (1983) - Seismicity, fault plane solutions, depth of faulting, and active tectonics of the Andes of Perú, Ecuador, and Southern Colombia. *Journal of Geophysical Research*, 88(B12): 10403-10428.
- Tavera, H. & Buforn, E. (2001) - Source mechanism of earthquakes in Peru. *Journal of Seismology*, 5(4): 519-539.
- Tavera, H.; Agüero, C.; Fernández, E. (2016) – *Catálogo general de isostas para sismos peruanos* (en línea). Lima: Instituto Geofísico del Perú, 193 p. (consulta: 20 mayo 2015). <Disponible en: <http://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/791>>
- Tavera, H. (2017) – *Mapa sísmico del Perú 2017*. (en línea). Lima: Instituto Geofísico del Perú. (consulta: 15 junio 2017). Disponible en: <https://scts.igp.gob.pe/sites/scts.igp.gob.pe/files/mapas/mapa-sismico/2017/Mapa_sismico_2017_B1.pdf>

- Valderrama, L.; Montenegro, E. & Galindo, J. (1964) - *Reconocimiento forestal del departamento de Cundinamarca*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 86 p.
- Valenzuela, G. & Vilchez, M. (2003) - *Inspección de la seguridad física del poblado de Chango, Prov. Daniel Carrión, Dpto. de Pasco*, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 12 p. (Disponible A.T. Ingemmet A5891)
- Varnes, D.J. (1978) - Slope movement types and processes. En: Schuster, R.L. & Krizek, R.J., eds., *Landslides: analysis and control*. Washington, DC: Transportation Research Board, National Research Council, p. 11-33, Special Report 176.
- Vilcapoma, L. & Tavera, H. (2000) - La falla de Huaytapallana (Huancayo) y los terremotos de julio y octubre de 1969. En: Congreso Peruano de Geología, 10, Lima 2000, *Resúmenes*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 180.
- Villota, H. (2005) - *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 p.
- Von Peter, G.; Von Dahlen, S. & Saxena, S.C. (2012) – Unmitigated disasters? New evidence on the macroeconomic cost of natural catastrophes. *BIS Working Papers* (en línea), 394, 38 p. (consulta: mayo 2015). Disponible en: <<https://www.bis.org/publ/work394.htm>>
- Zamudio, Y. & Tavera, H. (2004) - Análisis temporal de la actividad sísmica en el sur del Perú y sus implicancias tectónicas. En: Congreso Peruano de Geología, 12, Lima, 2004, *Resúmenes extendidos*, Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 328-331.
- Zapata, A.; Rosell, W. & Abarca, F. (2003) - *Memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Ambo (21-k), escala 1:100 000*, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 28 p.
- Zavala, B. & Vilchez, M. (2006) – Estudio de riesgos geológicos en la Región Huánuco. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 34, 174 p.
- Zavala, B.; Vilchez, M.; Rosado, M; Pari, W. & Peña, F. (2014) - Estudio geoambiental en la cuenca del río Colca, *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 57, 236 p.

RELACIÓN DE MAPAS E ILUSTRACIONES

Mapas

Mapa 1	Mapa de cobertura vegetal y uso de suelo
Mapa 2	Mapa litológico
Mapa 3	Mapa de pendientes
Mapa 4	Mapa geomorfológico
Mapa 5	Mapa Hidrogeológico
Mapa 6	Mapa de inventario de peligros geológicos
Mapa 7	Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa
Mapa 8	Mapa de susceptibilidad a erosión fluvial e inundaciones
Mapa 9	Mapa de zonas críticas por peligros geológicos

Figuras

Figura 2.1	Ubicación y características demográficas en el departamento Pasco.
Figura 2.2	Índice de pobreza a nivel de distritos del departamento Pasco.
Figura 2.3	Características y servicios básicos en las viviendas y hogares del departamento Pasco (INEI, 2018b).
Figura 2.4	Principales minas del departamento Pasco (INGEMMET, 2015).
Figura 2.5	Mapa climático del departamento Pasco (SENAMHI, 2010a).
Figura 2.6	Mapa de isoyetas para el periodo lluvioso, setiembre-mayo (arriba) y con presencia del fenómeno El Niño 1997-1998 (abajo). SENAMHI, 2010b y c.
Figura 2.7	Áreas Naturales protegidas en el departamento Pasco, actualizadas al 2014.
Figura 4.1	Imagen Landsat de la región Pasco, se aprecia el relieve de montañas modeladas en roca volcánica del Grupo Calipuy.
Figura 6.1	Esquema de caída de rocas (Varnes, 1978).
Figura 6.2	Esquemas de derrumbes.
Figura 6.3	Flujo de detritos.
Figura 6.4	Tipos de deslizamiento: a) deslizamiento traslacional, b) deslizamiento rotacional.
Figura 6.5	Esquema de movimiento complejo.
Figura 6.6	Esquema de reptación de suelos.
Figura 6.7	Esquema de erosión fluvial.
Figura 6.8	Erosión en cárcavas que afectan el talud superior e inferior de carretera.
Figura 6.9	Distribución de máximas intensidades sísmicas en la región Pasco.
Figura 6.10	Distribución espacial de los Sismos en los alrededores de la región Pasco con una sección Sísmica transversal SO-NE (Tavera, 2017).

- Figura 6.11** Aceleraciones sísmicas máximas para 20 años
- Figura 6.12** Aceleraciones sísmicas máximas para 50 años
- Figura 6.13** Aceleraciones sísmicas máximas para 100 años
- Figura 6.14** Zonificación sísmica del Perú
- Figura 6.15** Curva de Peligro Anual para la ciudad de Cerro de Pasco (Pto. 76.25 O–10.68 S).
- Figura 6.16** Curva de peligro sísmico calculada para el poblado Huancabamba (Pto. 75.72 O–10.42 S).
- Figura 6.17** Mapa neotectónico de la región Pasco (Macharé et al., 2009).
- Figura 8.1** Peligros geológicos en el sector Chango, imagen del Goole Earth.
- Figura 8.2** Vista del Google Earth. Poblado Paucartambo se encuentra sobre un depósito de flujo de detritos antiguo.
- Figura 9.1** Métodos más frecuentes para aumentar el coeficiente de seguridad en taludes de suelos (Gonzáles, 2002).
- Figura 9.2** Talud con ángulo uniforme y talud con excavado de forma escalonada con bermas y bancos (Gonzáles et ál, 2002).
- Figura 9.3** Medidas de drenaje y protección de taludes.
- Figura 9.4** Esquema de las partes de un anclaje y ejemplos de aplicación.
- Figura 9.5** Tipo de muros: a) revestimiento, b) contención, c) sostenimiento (Jiménez et al., 1976).
- Figura 9.6** Muros de gravedad.
- Figura 9.7** Muros aligerados: a) muro en L, b) muro con contrafuertes en el intradós (Jiménez, 1976).
- Figura 9.8** Muro de gaviones y ejemplos de aplicación.
- Figura 9.9** Ejemplo de muros de pantalla y muros con pilotes.
- Figura 9.10** Muro de tierra armada (modificado de Sharp et al., 1977).
- Figura 9.11** Esquema de las medidas de contención de un deslizamiento en suelo coluvial arcillo-limoso con sustrato formado por lutitas y areniscas.
- Figura 9.12** Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno, en el pie de un talud (izquierda), colocación de escollera según el ángulo de rozamiento interno del terreno (derecha).
- Figura 9.13** Control de un deslizamiento mediante un muro.
- Figura 9.14** Presas de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huaicos, tipo SABO (a); tipo rejilla (b); barras flexibles (c).
- Figura 9.15** Trincho de piedra para cabecera de cárcava (adaptado de Valderrama et al., 1964).
- Figura 9.16** Trincho de matorral tipo una hilera de postes y trincho de matorral tipo doble hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964).
- Figura 9.17** Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas, fijación de sedimentos y protección de desaguaderos naturales (tomado de Instituto Nacional de Vías-Colombia, 1998).
- Figura 9.18** Canales de desvío
- Figura 9.19** Gaviones para encauzar el lecho del río (Dirección de Geología Ambiental, 2003).
- Figura 9.20** Espigones para proteger las terrazas fluviales.
- Figura 9.21** Sensores utilizados para el monitoreo de flujos de detritos (fotografía tomada de Soil and Water Conservation Bureau SWCB-Taiwan por Vílchez, 2010).
- Figura 9.22** Estación de monitoreo de flujo de detritos (fotografía tomada de Soil and Water Conservation Bureau SWCB-Taiwan por Vílchez, 2010).

Fotografías

- Fotografía 3.1** Depósitos fluviales en la confluencia de los ríos Huancabamba y Santa Cruz, provincia de Oxapampa.
- Fotografía 3.2** A) Talud de carretera Paucartambo-Carhuamayo, en granodioritas, mostrando un suelo de meteorización; B) derrumbes en talud superior de carretera con bloques originados por fracturamiento y meteorización del macizo granodiorítico.
- Fotografía 3.3** Afloramiento de ignimbritas de la Formación Huayllay (A y B) localizados en los alrededores del poblado del mismo nombre.
- Fotografía 3.4** Formas pétreas en ignimbritas de la Formación Huayllay en el Santuario Nacional de Huayllay, que muestra la figura de “el elefante”.
- Fotografía 3.5** Calizas gris claras (A). Lutitas intercaladas con limoarcillitas carbonosas, calizas micríticas gris claras, limoarcillitas verdes y niveles de areniscas rojizas (B) de la formación Chonta, en el sector Centro Bocaz, carretera Puente Paucartambo-Río Pescado-Iscozacín.
- Fotografía 3.6** Areniscas con intercalaciones de lutitas del Grupo Goyllarisquizga en la carretera a Yanahuanca, con presencia de caída de rocas y vuelcos en el talud de corte.
- Fotografía 3.7** Areniscas rojizas de la Formación Sarayaquillo en un talud superior de la carretera Puente Paucartambo-Oxapampa, en el km 02+050.
- Fotografía 3.8** Areniscas semiconsolidadas con niveles de lutitas y limolitas rojas de la Formación Casapalca en el km 206+200 de la carretera Canta-Huayllay.
- Fotografía 3.9** Calizas de la Formación Jumasha, expuestos en la carretera nueva Yanahuanca-Pampamarca.
- Fotografía 4.1** Montañas en rocas intrusivas, en la margen izquierda del río Paucartambo, frente al poblado Yaupi.
- Fotografía 4.2** Montañas constituidas por rocas intrusivas en el sector El Milagro, margen izquierda del Río Paucartambo.
- Fotografía 4.3** Vista de montañas modeladas en rocas volcánico-sedimentarias, cerca de la confluencia de los ríos Huaylamayo y Chorobamba, sector Lanturachi.
- Fotografía 4.4** Montañas en rocas volcano-sedimentarias del Grupo Mitu, margen derecha del río Tingo.
- Fotografía 4.5** Vista de montañas modeladas en rocas sedimentarias conformadas por secuencias de la Formación Chonta frente al sector Chunquipata.
- Fotografía 4.6** Montañas en rocas sedimentarias del Grupo Ambo, margen izquierda del río Huallaga, en el sector Torocochoa.
- Fotografía 4.7** Calizas estratificadas plegadas constituyen montañas y colinas estructurales en el cerro Rachacancha.
- Fotografía 4.8** Vista de montañas y colinas estructurales en el Cerro Ventanilla, sector Yacucancha.
- Fotografía 4.9** Montañas modeladas en roca metamórfica; cerro Shuchungaga, en el sector de Tapuc, margen derecha de quebrada Ushugayo.
- Fotografía 4.10** Colinas en rocas volcánicas de la Formación Huayllay, en el sector Machay.
- Fotografía 4.11** Colinas en rocas metamórficas y sedimentarias en los alrededores del poblado Cerro de Pasco.
- Fotografía 4.12** Colinas metamórficas en el sector Jailapampa, distrito de San Francisco de Asís, provincia de Pasco, Pasco.
- Fotografía 4.13** Colinas en rocas sedimentarias, calizas de la formación Casapalca, atrás se encuentran colinas en rocas volcánicas, sector Huayllay.
- Fotografía 4.14** Colinas estructurales en los cerros Ballena constituidos por calizas, al oeste de la región Pasco.
- Fotografía 4.15** Colinas estructurales en rocas sedimentarias de la formación Jumasha y Cajamarca, Cerro Tucocancha, sector Curpa Curpa.
- Fotografía 4.16** Vista de Colinas y lomadas estructurales en la mina Runtocochoa, sector Huarón.

- Fotografía 4.17** Lomadas en sector Loma Linda.
- Fotografía 4.18** Lomadas en sector Pampacochas.
- Fotografía 4.19** Abanico en quebrada Talenga, sector Huachón.
- Fotografía 4.20** Abanico antiguo en la margen izquierda del río Chaupihuarango, sector Maral, distrito Paucar. Se observa además montañas modeladas en rocas sedimentarias.
- Fotografía 4.21** Depósito de deslizamiento, en la margen izquierda del río Chaupihuarango, el poblado Yacán se encuentra asentado en dicho depósito.
- Fotografía 4.22** Vertiente coluvial de detritos en el valle del río San Juan Baños de Rabí.
- Fotografía 4.23** Áreas sujetas a inundaciones en la margen derecha del río Palcazú, sector Iscozacín.
- Fotografía 4.24** Llanura inundable en la margen izquierda del río Chuchurras, sector San Juan de Chuchurras.
- Fotografía 4.25** Lagunas Yunacocha, sector Acopalca (A) y Raracocha Chico (B).
- Fotografía 4.26** Altiplanicie aluvial y cauce-llanura inundable en el río Colorado, sectores Colorado, límite con la región Junín.
- Fotografía 4.27** Vistas de la altiplanicie en las alturas de Huayllay.
- Fotografía 4.28** Bofedal en ambas márgenes del río Chiuric.
- Fotografía 4.29** El Oconal a 500 m del sector Villa Rico.
- Fotografía 4.30** Isla con vegetación en el río Omaíz, sector Pampacocha.
- Fotografía 4.31** Terraza aluvial en ambas márgenes del río Masanque, sector Pampacochas.
- Fotografía 4.32** Sector Dos de Mayo, se observa terrazas en ambas márgenes del río Oxapampa.
- Fotografía 4.33** Valle fluvial del río Tingo, sector de Jarritas.
- Fotografía 4.34** Vista del Botadero de Rumillana de la empresa minera Volcán.
- Fotografía 4.35** Depósitos de la Mina Colquijirca, sector Colquijirca.
- Fotografía 6.1** Derrumbes en talud superior de carreteras A) sector Mayan; B) en forma de canchales de detritos en el sector San Juan de Rabi; C) km 13+000 de la carretera Quiparacra-Mayan; D) carretera Villa Rica-Puerto Bermúdez; E) derrumbes en la margen derecha del río Pozuzo, carretera Huancabamba-Pozuzo.
- Fotografía 6.2** Flujos de detritos A) Flujo en carretera Huancabamba-Pozuzo, en el Parque Nacional Yanachaga; B) Flujo de detritos en río Blanco; C) Flujo antiguo en forma de abanico, el poblado de Mayan se encuentra asentado sobre este depósito; D) Flujo antiguo en margen izquierda del río Chaupihuaranga.
- Fotografía 6.3** Avalancha de rocas en Huayllay.
- Fotografía 6.4** Deslizamientos en el sector Huariaca.
- Fotografía 6.5** Reptación en el sector Chínche.
- Fotografía 6.6** Reptación en el sector Gallinazo, distrito Palcazú.
- Fotografía 6.7** Movimientos complejos (deslizamiento-flujo) en el sector Santiago Pampa.
- Fotografía 6.8** Área sujeta a inundaciones en ambas márgenes del río Huancabamba.
- Fotografía 6.9** A) Erosión fluvial en margen derecha de río Chorobamba que afecta tramo de 20 m de carretera de acceso a Huancabamba; B) Erosión fluvial en margen derecha del río Santa Rosa, camino rural a San Cristóbal.
- Fotografía 6.10** Erosión de laderas en Tunaspampa, en época de lluvia genera huaicos.
- Fotografía 6.11** Erosión de laderas en el sector Alta de Jarcahuaca.
- Fotografía 6.12** Hundimiento en el sector Ragán.
- Fotografía 8.1** A) Vista panorámica del Movimiento complejo (deslizamiento-flujo) de Santiago Pampa. B) Vista del pie del movimiento complejo que se comportó como un flujo de lodo. Destruyó la carretera y embalsó al río Andachaca.

- Fotografía 8.2** Vista donde se observa el evento que en un inicio se generó como un deslizamiento. A lo largo de su trayectoria se comportó como un flujo de lodo, debido a las propiedades de los materiales involucrados. Este flujo en su recorrido se dividió en dos brazos I y D.
- Fotografía 8.3** a) Desplazamientos consecutivos del terreno de la parte alta de la ladera con presencia de grietas transversales. b) Presencia de saltos en la parte alta de la corona del deslizamiento-flujo de Santiago Pampa.
- Fotografía 8.4** Zona afectada por inundación fluvial en ambas márgenes del río Andachaca, sector Chinche. Se ha colocado muro de contención.
- Fotografía 8.5** Derrumbes en el sector Yanahuanca, el poblado se encuentra en un depósito antiguo de un derrumbe, con reactivaciones en forma de derrumbes en el pie, margen derecha del río Yanahuanca.
- Fotografía 8.6** Sector Chipipata, con presencia de grietas transversales (izquierda), vista de saltos de la escarpa del deslizamiento (derecha).
- Fotografía 8.7** Vista del deslizamiento antiguo de Yacán; nótese escarpa antigua aún visible, con reactivaciones al pie del deslizamiento en la margen izquierda del río Chaupihuaranga y presencia de erosión en cárcavas.
- Fotografía 8.8** a) Erosión fluvial en la margen izquierda del río Chaupihuaranga que puede afectar la carretera Yanahuanca-Ambo; una piscigranja y colegio del sector Molino, también son afectados por la crecida del río; b) Vivienda del poblado Chango afectada por los asentamientos, 13 de agosto del 2013 (Tomado de: <http://diariocorreo.pe>).
- Fotografía 8.9** A la izquierda: Vista de deslizamientos en la margen derecha del río Ushugoya, poblados Chacayán y Mito, se encuentran asentados dentro de estos deslizamientos, presenta reactivaciones como derrumbes al pie del deslizamiento y erosión en cárcavas. A la derecha: Se observan deslizamientos en la cabecera de las quebradas, el poblado Tapuc se encuentra muy cerca al borde de la corona de estos procesos; esta zona también es afectada por intensa erosión en cárcavas que en época de lluvias genera flujos de detritos.
- Fotografía 8.10** Erosión en cárcavas en la margen izquierda del río Ushugoya. El área también es afectada por derrumbes. El poblado de Tapuc se encuentra sobre la corona de un deslizamiento antiguo con presencia de cárcavas.
- Fotografía 8.11** Vista panorámica del sector Casha, se encuentra sobre un deslizamiento rotacional antiguo con reactivaciones en forma de derrumbes y cárcavas en el cuerpo del depósito superficial.
- Fotografía 8.12** Vista panorámica del poblado Goyllarisquizga, parte de la población se encuentra sobre un deslizamiento rotacional antiguo con reactivaciones en forma de flujo de tierra, presenta asentamientos.
- Fotografía 8.13** Derrumbe en talud superior de la carretera Santa Ana de Tusi-Pampania, en febrero del 2012, interrumpió el tránsito de la carretera, específicamente en el tramo hacia el ingreso del Centro Poblado de Pampania. (Tomado de: <http://diariocorreo.pe>).
- Fotografía 8.14** Vista de erosión en cárcavas y deslizamientos en el cerro Argoaro, la cárcava corta la carretera Pasco- Chunquipata que en época de lluvia genera huaicos interrumpiendo el tránsito vehicular.
- Fotografía 8.15** Erosión de laderas en el poblado Pallanchacra, en la margen izquierda del río Tingo.
- Fotografía 8.16** Erosión fluvial e inundación en ambas márgenes del río Tingo. Invasión del cauce del río Tingo, viviendas del poblado Salcachupán se encuentran muy cerca a los bordes del río; esta mala práctica aumenta el riesgo.
- Fotografía 8.17** A y B) Erosión de laderas en Huariaca, en época de lluvia discurren huaicos; C y D) Derrumbes en talud superior de la carretera Huariaca-Huánuco; E) Parte del poblado de Huariaca se encuentra sobre un deslizamiento, en el cuerpo presenta reptación de suelos; F) Erosión fluvial en ambas márgenes del río Huallaga; G) Cauce de la quebrada ha sido invadida por viviendas del poblado de Huariaca, lo cual aumenta el riesgo; han sido canalizadas por sectores para mitigar los efectos de los huaicos, lo que es insuficiente.
- Fotografía 8.18** Sectores de la carretera Vinchos-Jarria- Pallanchacra, donde se observan los derrumbes en taludes superiores e inferiores de la carretera que afectan varios tramos en la margen izquierda del río Condoragra.
- Fotografía 8.19** Hundimiento en el sector Ragán en formación kárstica, el cual colapsó el 15 de enero del 2014, con 21 m de diámetro por 20 m de profundidad (Tomado de <http://diariocorreo.pe>).

- Fotografía 8.20** Deslizamiento rotacional de Yanapampa, algunas viviendas y colegio se encuentran en el cuerpo, también presenta reptación de suelos, margen derecha del río Huallaga.
- Fotografía 8.21** A) Poblado de Carhuac ubicado sobre abanicos antiguos; B) cauce colmatado de bolones y bloques, en la quebrada Huascacocha.
- Fotografía 8.22** Derrumbes y erosión en cárcavas, en el cerro Lluyac Punta, en la margen izquierda del río Huachón (arriba), margen derecha de río Huachón, cerro Marca Marca (abajo).
- Fotografía 8.23** Erosión fluvial en los ríos Blanco, Colorado y San Juan puede afectar la carretera Cerro de Pasco-Huayllay, pontones y puente San Juan.
- Fotografía 8.24** A) Pequeños deslizamientos en talud superior de la carretera Mina Huarón-Huayllay, con presencia de asentamientos en la carretera y reptación de suelos. B) Depósito de avalancha de rocas antiguo en el sector Huayllay, la zona también es afectada por reptación de suelos.
- Fotografía 8.25** Vistas de la ciudad Cerro de Pasco, viviendas ubicadas sobre relleno en el sector Patarcocha, o sobre canchales de detritos.
- Fotografía 8.26** A y B) Zona de reptación de suelos en el Botadero de Rumiallana; C y D) Flujo de tierra al pie del botadero, en la margen izquierda del río Tingo; E) Las laderas del cerro Tres Tejas también presentan reptación de suelos que desencadenan en pequeños derrumbes; y F) Erosión fluvial en margen izquierda del río Tingo, sector Pilar.
- Fotografía 8.27** Vistas del río Blanco, todos los años se generan huaicos, en el año 2010 obstruyó el paso vehicular de la trocha carrozable Tingo Mal Paso-Buena Vista.
- Fotografía 8.28** A) Derrumbe en talud superior de la carretera Tingo Mal Paso-Buena Vista, obstruyó aprox.300 m de la trocha carrozable de acceso a Buena Vista, en la margen derecha del río Blanco. B) Derrumbes en talud superior de la carretera Pozuzo-Tingo Mal Paso, altura del poblado Yanahuanca, margen derecha del río Santa Cruz, km 7+500 afectado por sectores.
- Fotografía 8.29** Derrumbe en margen izquierda del río Santa Cruz, de aproximadamente 150 m de desnivel, aporta material al cauce del río.
- Fotografía 8.30** Erosión fluvial en la margen derecha del río Santa Cruz afecta aprox. 1200 m de carretera Pozuzo-Tingo Mal Paso.
- Fotografía 8.31** A) Erosión fluvial en la margen derecha del río Santa Rosa afecta tramo de 50 m de la trocha San Luis-San Cristóbal. B) Erosión en ambos márgenes del río Santa Rosa, se ha colocado enrocado en ambos márgenes para proteger estribos del puente Santa Rosa de 45.5 m de longitud.
- Fotografía 8.32** Vistas de la trocha carrozable Pozuzo-Codo de Pozuzo afectada por huaicos y derrumbes (13/10/2011).
- Fotografía 8.33** Derrumbe en el talud superior de la carretera Oxapampa-Pozuzo, en la margen derecha del río Pozuzo. Todos los años obstruye el paso vehicular, único acceso al poblado de Pozuzo desde Pasco (24/05/2011), sector Agua Salada.
- Fotografía 8.34** Huaico en margen derecha del río Huancabamba, sector Agua Salada.
- Fotografía 8.35** Huaico en la quebrada Agua Salada, también presenta derrumbes en ambos márgenes de la quebrada, afecta 100 m de la carretera a Huancabamba-Pozuzo.
- Fotografía 8.36** Inundación en margen izquierda de la quebrada Yanashara, Puente Huancabamba de 7 m de longitud por represamiento del río Chorobamba puede afectar 10 viviendas de Huancabamba.
- Fotografía 8.37** A) Vista aguas arriba, de la confluencia del río Chontabamba y quebrada Llamaquizú. B) Vista aguas abajo; ambos márgenes del río Chontabamba están sujetas a inundaciones, puede afectar 46 viviendas en la margen derecha del río Chontabamba. Se produce por el desborde del río Chontabamba, inundando localidades de Nueva Berna y San Carlos (14/12/1997 y 02/02/2000).
- Fotografía 8.38** A) Sector 02 de Mayo, quebrada Agua Palmera de 5 m de ancho de cauce. Todos los años acarrea flujos de detritos, se llevó puente de madera en diciembre del 2010, por lo que se colocó pontón de 2.5 x 1 .5 m de alto

en el km 1+860 de carretera Oxapampa-Tingo, puede afectar 02 viviendas y aprox. 40 m de carretera. B) Km 2+359 de la carretera Oxapampa-Tingo, cortado por la quebrada Tigre. Todos los años acarrea huaicos, se ha colocado badén de 5 x 8 m, puede afectar 04 viviendas y terrenos de cultivos.

- Fotografía 8.39** Derrumbes en talud superior de la carretera Puente Paucartambo - Oxapampa. A) Derrumbe en el km 02+050, afecta 200 m de carretera. B) Derrumbes en el sector Churumazú, afectó cunetas y plataforma de carretera. C) Derrumbe en el km 13+500 hasta el km 13+100 por sectores, la carretera presenta asentamientos, afectó gaviones. D) Derrumbe en talud superior con presencia de asentamientos en la carretera, sector Churumazú afecta 250 m de carretera.
- Fotografía 8.40** Huaico en la quebrada Tres Aguas se ha colocado badén y mampostería para proteger la plataforma de carretera Puente Paucartambo - Oxapampa, con presencia de bloques de hasta 1 m de diámetro en el cauce.
- Fotografía 8.41** Erosión fluvial en la margen derecha del río Paucartambo, afecta carretera Puente Paucartambo-Villa Rica, en la margen izquierda presenta inundación y derrumbes.
- Fotografía 8.42** A y B) Deslizamiento en Pampa Encantada destruyó una vivienda hace 2 años y parte de la carretera Puente Paucartambo - Villa Rica, margen derecha de la quebrada Sal, en la margen izquierda presenta derrumbes. C) Erosión en cárcavas en el km 21+500 de la carretera desvío a Villa Rica, afecta por sectores la plataforma de carretera. D) Deslizamiento en talud inferior de carretera Desvío - Villa Rica, margen derecha de la quebrada Sal, a la altura del km 21+600. E) Derrumbes en talud superior de carretera Puente Paucartambo - Villa Rica, Sector Ñangazú.
- Fotografía 8.43** A) Erosión fluvial en la margen derecha del río Entaz, en aproximadamente 300 m de longitud puede afectar la carretera Villa Rica-Puerto Bermúdez. Se han colocado gaviones para proteger la plataforma de la carretera. B) Erosión fluvial e inundación en el sector Villa Rica por desborde del río Entaz.
- Fotografía 8.44** Derrumbes en margen izquierda de la quebrada Sal, en el talud superior de la carretera Desvío-Villa Rica, presenta erosión fluvial en ambas márgenes de los estribos del puente Quebrada Sal.
- Fotografía 8.45** Inundación fluvial en la margen izquierda del río Palcazú, aproximadamente 100 m cerca de la confluencia del río Iscozacín, el cual acarrea huaicos y afecta terrenos de cultivo.
- Fotografía 8.46** Erosión fluvial en la margen izquierda del río Iscozacín, Puerto Iscozacín. Hace 10 años el río se desbordó hasta la carretera afectando a las viviendas del Puerto. En el año 1997 el nivel del agua subió 1 m de alto sobre el nivel de la carretera, por represamiento con el río Palcazú. Como producto de la erosión fluvial se ha destruido la defensa ribereña reforzada con gaviones.
- Fotografía 8.47** Erosión fluvial en la margen derecha del río Lagarto, aproximadamente 300 m de longitud, cada año se pierden terrenos de cultivo.
- Fotografía 8.48** A) y B) Terrenos de cultivo del sector Belén afectado por desborde del Río Lagarto y quebrada Caliche, se desbordó 40 m hacia la margen derecha, destruyendo cultivos de cacao. C) y D) Desborde de la quebrada Caliche hacia la margen derecha.
- Fotografía 8.49** Inundación en la margen derecha del río Lagarto donde se une con la quebrada Caliche, actualmente está migrando hasta la quebrada Aguaruna.
- Fotografía 8.50** A) Inundación por desborde del río Chuchurras, 100 m hacia la margen izquierda, y erosión fluvial en la margen derecha, aprox. 350 m de longitud. Afectó viviendas del sector Santa Rosa de Chuchurras y la carretera Pampacocha-Iscozacín. B) En marzo del 2010 afectó viviendas de los poblados Pampacocha y 07 de Junio, en la margen derecha del río Omaíz, el nivel del agua alcanzó hasta 1 m de alto sobre el nivel de la carretera.
- Fotografía 8.51** A) Derrumbe en talud superior de carretera Villa Rica-Puerto Bermúdez, en la margen derecha del río Cacazú. B) Derrumbes en el sector Santa Rosa de Pichanaz. C) Derrumbe en el talud superior que obstruyó 100 m de la carretera Villa Rica-Puerto Bermúdez, sector San Pedro de Pichanas. D) Derrumbe en el talud superior de la carretera Villa Rica-Puerto Bermúdez, de 40 m de alto. E) Derrumbes en el talud superior de la carretera a Puerto Bermúdez, sector Arroz con Huevo. F) Derrumbe en la margen derecha de la quebrada Pichanaz.

- Fotografía 8.52** Flujo en quebrada Arochiriz en la margen derecha del río Cacazú, cauce de 6 m de ancho, el área también es afectada por erosión fluvial y en cárcavas que cortan la carretera San Juan de Cacazú-Puerto Bermúdez.
- Fotografía 8.53** A) Derrumbes en el talud superior de la carretera de acceso a Puerto Bermúdez. B) Derrumbes en la margen derecha de la quebrada Huachirone.
- Fotografía 8.54** Puerto Bermúdez, área sujeta a inundaciones en época de lluvias por desborde del río Pichis (margen izquierda).
- Fotografía 8.55** A) Quebrada Huarochirone que corta la carretera a Puerto Bermúdez en época de lluvias, acarrea huaicos y se desborda aislando el acceso a Puerto Bermúdez. Se ha colocado enrocado en la margen izquierda de la quebrada. B) Huaico en la quebrada Nochos.
- Fotografía 9.1** Falso túnel en la carretera Rafael Caldera Mérida (izquierda), Venezuela, carretera central Lima-La Oroya, Perú (derecha).
- Fotografía 9.2** Mallas de protección con anclajes para caída de rocas o derrumbes tanto en detritos como roca alterada.
- Fotografía 9.3** Ejemplo de laderas forestadas para controlar la erosión superficial.
- Fotografía 9.4** Encauzamiento de quebrada en el sector Huariaca.
- Fotografía 9.5** Construcción de disipadores de energía de las corrientes concentradas en el cauce de la quebrada, mediante diques transversales (enrocado y armazón de troncos) y canalización del cauce con muros laterales escalonados utilizando bloques de rocas para mitigar los efectos ante la ocurrencia de un flujo de detritos.
- Fotografía 9.6** Obras de drenaje para redes viales, A) badenes, B) alcantarillas y pontones y C) puentes, puentes-badén.
- Fotografía 9.7** Limpieza de cauce del río Santa Rosa, Pasco.
- Fotografía 9.8** Ejemplo de evacuación de aguas superficiales y control de erosión en cárcavas, mediante trinchos escalonados.
- Fotografía 9.9** Ejemplos de uso de enrocados y muros de gaviones para protección de carretera. En muchos casos esto debe estar acompañado de un levantamiento de la rasante de la carretera.

Gráficos

- Gráfico 2.1** Población total por área de residencia en provincias del departamento Pasco, INEI, 2017.
- Gráfico 2.2** Viviendas por provincia, según el Censo INEI – 2017.
- Gráfico 6.1** Inventario de peligros geológicos en la región Pasco.
- Gráfico 6.2** Ocurrencia de peligros geológicos.
- Gráfico 6.3** Ocurrencias de movimientos en masa en la región Pasco.
- Gráfico 6.4** Litología vs peligros geológicos en la región Pasco.
- Gráfico 6.5** Porcentaje de ocurrencias de movimientos en masa en la región Pasco.
- Gráfico 6.6** Ocurrencias de peligros hidrológicos en la región Pasco.
- Gráfico 6.7** Porcentaje de peligros hidrológicos en la región Pasco.
- Gráfico 6.8** Grado de peligro asignado a las ocurrencias de peligros geológicos inventariados en la región Pasco. C: caídas, D: deslizamientos, F: flujos, MC: movimientos complejos, RS: reptación de suelos, EL: erosión de laderas, EF: erosión fluvial, IF: inundación fluvial, IL: inundación lagunar y H: hundimientos.
- Gráfico 6.9** Grado de vulnerabilidad asignado a las ocurrencias de peligros geológicos inventariados en la región Pasco. C: caídas, D: deslizamientos, F: flujos, MC: movimientos complejos, RS: reptación de suelos, EL: erosión de laderas, EF: erosión fluvial, IF: inundación fluvial, IL: inundación lagunar y H: hundimientos.
- Gráfico 8.1** Zonas críticas por provincias en la región Pasco.

Cuadros

- Cuadro 2.1** Población total y por área de residencia, según distritos del departamento de Pasco.
- Cuadro 2.2** Población censada, urbana y rural, tasa de crecimiento promedio anual y densidad poblacional.

Cuadro 2.3	Población censada y tasa de crecimiento promedio anual, por provincia, 2007-2017.
Cuadro 2.4	Viviendas según tipo de viviendas, 2007-2017.
Cuadro 2.5	Red vial por tipo de red y superficie de rodadura del departamento de Pasco.
Cuadro 2.6	Red vial nacional inventariada del departamento de Pasco.
Cuadro 2.7	Red vial departamental inventariada del departamento de Pasco.
Cuadro 2.8	Áreas naturales protegidas en el departamento de Pasco.
Cuadro 6.1	Principales peligros geológicos ocurridos en el departamento Pasco.
Cuadro 6.2	Porcentaje de la distribución de movimientos en masa según su litología.
Cuadro 6.3	Peligro asignado a los peligros geológicos en la región de Pasco.
Cuadro 6.4	Vulnerabilidad asignada a los peligros geológicos en la región de Pasco.
Cuadro 6.5	Datos macrosísmicos de la región Pasco y alrededores.
Cuadro 6.6	Factores de zona Z.
Cuadro 6.7	Clasificación del factor detonante (sismicidad).
Cuadro 7.1	Ponderación de variables temáticas.
Cuadro 7.2	Unidades consideradas y susceptibilidad a los movimientos en masa en la región Pasco.
Cuadro 7.3	Susceptibilidad a los movimientos en masa en la región Pasco.
Cuadro 7.4	Ponderación de las variables.
Cuadro 7.5	Unidades consideradas y susceptibilidad a las inundaciones.
Cuadro 7.6	Grados de susceptibilidad a las inundaciones en la región Pasco.
Cuadro 8.1	Zonas críticas identificadas en la provincia Daniel Alcides Carrión.
Cuadro 8.2	Zonas críticas identificadas en la provincia Pasco.
Cuadro 8.3	Zonas críticas identificadas en la provincia Oxapampa.



Av. Canadá 1470 - San Borja, Lima 41, Perú

Teléfono: 051 - 1- 618 9800

Fax: 051-1-225-3063 | 051-1-225-4540

www.ingemmet.gob.pe

comunicacion@ingemmet.gob.pe