

**INGEMMET, Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica
N° 72**



Peligro Geológico en la Región Junín

**Lima, Perú
2020**



**INGEMMET, Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica
N° 72**

Peligro Geológico en la Región Junín

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° 72

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2020-02061

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 11 de febrero del año 2020 en los talleres de INGEMMET

Tiraje: 50

© INGEMMET

Derechos Reservados. Prohibida su reproducción

Presidente Ejecutivo: Henry Luna Córdova.

Gerente General: 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.

Revisor Externo: Ricardo Aniya Kohatsu.

Corrección gramatical y de estilo: Nelly Córdova Núñez.

Diagramación: Daniel Chiroque Linares.

Fotografía de la carátula: Inundación fluvial en el sector San Ramón, distrito de San Ramón, provincia de Chanchamayo, región Junín.

Referencia bibliográfica

Luque, G.; Rosado, M.; Pari, W.; Peña, F. & Huamán, M. (2020) - Peligro geológico en la región Junín. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 72, 222 p., 9 mapas.

Publicación disponible en libre acceso en la página web (www.ingemmet.gob.pe). 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 (GEOCATMIN - <http://geocatmin.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.....	13
1.6 METODOLOGÍA.....	13
1.6.1. Trabajos previos (gabinete i).....	13
1.6.2 Recopilación de datos en campo (campo).....	13
1.6.3 Procesamiento de la información (gabinete ii).....	13
1.7 AGRADECIMIENTOS.....	13
CAPÍTULO II.....	15
ASPECTOS GENERALES.....	15
2.1 SITUACIÓN DE LA REGIÓN.....	15
2.2 OCUPACIÓN ANTRÓPICA.....	18
2.2.1 Densidad poblacional.....	18
2.2.2 Crecimiento poblacional.....	21
2.3 INDICADORES SOCIOECONÓMICOS.....	23
2.3.1. Indicadores de pobreza.....	23
2.3.2 Indicadores de vivienda.....	24
2.3.2. Indicadores de educación.....	25
2.3.3 Indicadores de salud.....	26
2.3.4 Indicadores de economía.....	27
2.3.5 Energía.....	27
2.4 INFRAESTRUCTURA MAYOR.....	29
2.4.1 Red vial terrestre o transporte carretero.....	29
2.4.2 Transporte fluvial.....	30
2.4.3 Transporte ferroviario.....	31
2.4.4 Transporte aéreo.....	32
2.5 ACTIVIDAD MINERA.....	34
2.6 CLIMA.....	36
2.6.1 Temperatura y humedad.....	38
2.6.2 Precipitación.....	38
2.7 HIDROGRAFÍA.....	40
2.8 ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS.....	42
2.9 COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO.....	44
2.9.1 Bosques de zonas húmedas - zonas pluviales.....	44
2.9.2 Matorral de zonas áridas - zonas húmedas.....	46

2.9.3	Herbazales de zonas húmedas - zonas pluviales	46
2.9.4	Coberturas antrópicas	47
2.9.5	Otras áreas	47
CAPÍTULO III	.....	49
CONTEXTO LITOLÓGICO ESTRUCTURAL	.....	49
3.1	GENERALIDADES	49
3.2	UNIDADES LITOLÓGICAS	49
3.2.1	Unidad I: Depósitos inconsolidados	49
3.2.2	Substrato rocoso	52
CAPÍTULO IV	.....	61
CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO	.....	61
4.1	GENERALIDADES	61
4.2	PENDIENTE DE LOS TERRENOS	61
4.3	UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	62
4.3.1	Geoformas de carácter tectónico-degradacional y erosional	62
4.3.2	Geoformas de carácter deposicional y agradacional	72
CAPÍTULO V	.....	83
ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS	.....	83
5.1	GENERALIDADES	83
5.2	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	83
5.2.1	Acuíferos	84
5.2.2	Acuitardos (AT).....	88
CAPÍTULO VI	.....	93
PELIGROS NATURALES	.....	93
6.1	GENERALIDADES	93
6.2	REGISTROS HISTÓRICOS DE EVENTOS DESASTROSOS EN LA REGIÓN	94
6.3	PELIGROS GEOLÓGICOS Y SUSCEPTIBILIDAD EN LA REGIÓN	101
6.3.1	Movimientos en masa	103
6.3.2	Peligros geohidrológicos	120
6.3.3	Otros peligros geológicos.....	127
6.3.4	Grado de correlación entre peligro - vulnerabilidad y tipología de peligros geológicos	129
6.4	PELIGRO SÍSMICO	131
6.4.1	Sismicidad histórica	132
6.4.2	Distribución de máximas intensidades sísmicas	135
6.4.3	Distribucion espacial de los sismos	135
6.4.4	Estudio sísmico probabilístico.....	137
6.4.5	Zonificacion y aceleraciones máximas.....	141
6.4.6	Movimientos en masa detonados por sismos	143
6.5	ACTIVIDAD NEOTECTÓNICA	144
CAPÍTULO VII	.....	147
ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS	.....	147
EN LA REGIÓN JUNÍN	.....	147
7.1	GENERALIDADES	147
7.2	ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS.....	147
7.2.1	Provincia Yauli.....	148
7.2.2	Provincia Junín.....	150
7.2.3	Provincia Tarma.....	152

7.2.4	Provincia Chanchamayo	157
7.2.5	Provincia Jauja	164
7.2.6	Provincia Concepción	167
7.2.7	Provincia Chupaca	175
7.2.8	Provincia Satipo	178
7.2.9	Provincia Huancayo	182
CAPÍTULO VIII	.....	187
ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE PROBLEMAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS	.....	187
8.1 GENERALIDADES	.....	187
8.2 MEDIDAS PREVENTIVAS Y/O CORRECTIVAS	.....	187
8.2.1 Mitigación de peligros por caídas de rocas y derrumbes	.....	188
8.2.2 Mitigación de peligros por deslizamientos	.....	194
8.2.3 Mitigación de peligros por huaicos	.....	196
8.2.4 Mitigación de peligros por erosión de laderas	.....	199
8.2.5 Mitigación de peligros por inundación y erosión fluvial	.....	202
8.2.6 Mitigación de peligros por hundimientos y subsidencias	.....	203
8.3 SISTEMAS DE ALARMAS	.....	203
CONCLUSIONES	.....	205
RECOMENDACIONES	.....	207
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....	209
RELACIÓN DE MAPAS E ILUSTRACIONES	.....	215

RESUMEN

Como resultado del inventario y cartografía de peligros a escala 1:50 000, la interpretación de fotografías aéreas, imágenes satelitales Landsat, Google Earth, información propia y de otras fuentes bibliográficas como registros históricos de INDECI, se identificaron 1762 ocurrencias de peligros geológicos según su origen: por movimientos en masa (72.9 %); peligros geohidrológicos (12.0 %) y otros peligros geológicos (15.1%). En función a la tipología similar se obtuvo una mayor frecuencia de caídas y derrumbes (38.0%), deslizamientos (11.9%), flujos de detritos, lodo y avalanchas (18.0%), vuelcos (0.4%), movimientos complejos (1.4%) y reptación (3.2%), inundaciones fluviales y lagunares (4.1%), erosión fluvial (7.9%), y otros peligros geológicos como erosión de laderas y hundimiento (15.1%).

Sísmicamente, la región ha sido afectada por sismos con intensidades de hasta XI (MM). Los datos históricos indican una intensa actividad sísmica en la parte central-oriental de la región. Algunos movimientos en masa fueron activados por el sismo de 1938 en el valle del Mantaro: el sismo de 1962 en el anexo de Yungul, el terremoto de Satipo de 1947 y el sismo de 1969 con origen en la Falla de Huaytapallana, distrito Pariahuanca. De acuerdo con el estudio sísmico probabilístico las áreas más propensas a soportar aceleraciones importantes se encuentran en la parte central de la región (Huancayo, San Ramón y Satipo). También, se determinó aceleraciones que varían entre 0.25 g y 0.35 g, correspondiente a una categoría de intermedia a alta sismicidad. Estudios anteriores sobre neotectónica y sismotectónica en el país han permitido identificar, en la región, la presencia de fallas activas (Cayesh, Atalaya, Huaytapallana y pliegues de Huancayo), muchas de las cuales producen sismos continuamente.

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, mencionándose su distribución espacial siguiente:

- Las zonas de muy alta y alta susceptibilidad tienen una distribución importante en la región; se encuentran principalmente en el sector occidental de la región: vertientes de laderas de los ríos Mantaro (Cullhuas, Llocllapampa,

Yanacancha, Curiaca), Huasahuasi (Huasahuasi), Ulcumayo (Ulcumayo, Canap, Quilcacta) y Chia (Ingenio), laderas de los cerros Quiuyasa (San José de Quero), Chuyapata (Tapo); y los cerros Turpur, Hatunchota, Marca Marca, Jachaloma, Ventanilla, Patacancha en la margen derecha del río Mantaro; los cerros Geshgash, Pullhuaynioj, Arcapaco, Pusaulto, Mataorjo en la margen izquierda del río Mantaro (carretera La Oroya-Jauja); vertientes inferiores de las laderas de la quebrada Jatun Mullqui, río Molinos y río Masma (entre Molinos y Masma), río Yauli (carretera central Huacha-La Oroya), sector Siutucancha, Huayhuay, ladera de los cerros Yuracancha, Yanac Puquio, Cumbre, Antahuaro (alrededores de La Oroya), Ancan Punta (al oeste de la laguna Junín), entre otros. En el sector central de la región: laderas en los valles de los ríos Andamarca, Acobamba, San Fernando hacia el sur central de la región que limita con la región Huancavelica, margen izquierda del río Mantaro (La Boca); vertientes de las laderas de los cerros Hulacara El Palomar, Guapen, Pachochari, flanco occidental de la Cordillera San Carlos, sector Pampa Hermosa, Cerro La Cumbre al sureste de La Merced (Chanchamayo) y cerros Puy Puy, entre otros. En el sector oriental de la región: laderas de los cerros Ashibantipangoni, Capirobanti, Santa Maía, Iroquija, Mencorivanti, Mamarohuato, ladera oeste del cerro Caperusilla, laderas estructurales a lo largo de las quebradas Enejani, Pichiquia, Chiquireni, Quileni y Calshingari, entre otros.

- Las zonas de moderada susceptibilidad con una regular distribución se encuentran principalmente en las laderas de colinas sedimentarias volcánicas como las de los cerros Aymara, Punapuna, Chaupi Ranra, Amaro Punta, Loma Condorhuayin, cerro Cotacancha Chico, en el sector occidental de la región; vertientes de laderas de los ríos Anapati y Ene, en el sector oriental de la región, y terrenos ubicados en las cabeceras de región.
- Las zonas de baja susceptibilidad se localizan en la zona de bofedales alrededores de la laguna Junín y pampas Cascamachay disectadas por los ríos Mantaro (en la superficie localizada sobre los poblados de Huacrapuquio-Huaripampa), Ene (Natalia Sanchez-Santo Domingo de

Anapati), Río Negro, Satipo (Satipo), San Ramón (San Martín de Pangoa), Mazamari (Mazamari), Tambo (Poyeni-Shima), y en terrenos planos localizados en terrazas de ríos y quebradas de la región.

- Las zonas de muy baja susceptibilidad corresponden a terrenos llanos con pendientes inferiores a 1°. Se relacionan con geoformas como terrazas bajas, planicies disectadas. Se distribuyen en los valles principales al este de la región en las terrazas del río Mantaro, entre otros. Al oeste de la región, están los valles de los ríos San Ramón, Mantaro, entre otros, y las lomadas disectadas por las quebradas Bayuca, Amasisa, Lobo, Pucaruro, Panguana y Shima.

En la región Junín, 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 Satipo, Chanchamayo, Perené, Ene, Tambo y sus tributarios

principales, y son las zonas de alta y muy alta susceptibilidad a las inundaciones y erosiones fluviales, así como también algunos sectores del río Mantaro.

Se determinó la existencia de 58 zonas críticas por peligros geológicos en la región Junín. La mayor cantidad de estas zonas se ubican en las provincias de Concepción (12) y Chanchamayo (12), seguido por las provincias de Tarma (10), Satipo (8), Huancayo (6), Yauli (4), Jauja (2), Junín (2) y Chupaca (2).

Finalmente, se proponen algunas alternativas para el manejo de los problemas generados por los movimientos de masa en la región. Se presentan 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 (SIG). Su utilización como herramientas de prevención proporciona una base importante para la planificación y ordenamiento territorial.

ABSTRACT

As a result of the inventory and hazard mapping at a scale of 1: 50,000, the interpretation of aerial photographs, Landsat satellite images, Google Earth, own information and other bibliographic sources as historical records of INDECI, identified 1762 occurrences of geological hazards according to their origin : by mass movements (72,9%); geohydrological hazards (12,0%) and other geological hazards (15,1%). According to the similar typology, a higher frequency was obtained: falls (38,0%), landslides (11,9%), debris flows, mud and avalanches (18,0%), overturning (0,4 %), complex movements (1,4%) and creep (3,2%), fluvial and lagoon floods (4,1%), fluvial erosion (7,9%), and other geological hazards such as slope erosion and subsidence (15,1%).

Seismically, the region has been affected by earthquakes with intensities up to XI (MM). Historical data indicate intense seismic activity in the central-eastern part of the region. Some mass movements were triggered by the 1938 earthquake in the Mantaro valley, the 1962 earthquake in the Yungul annex, the Satipo earthquake in 1947, and the 1969 earthquake that originated in the Huaytapallana district of Pariahuanca. According to the probabilistic seismic study, the areas most prone to withstand major accelerations are found in the central part of the region (Huancayo, San Ramón and Satipo). It was also determined accelerations that vary between 0,25 g and 0,35 g, corresponding to a category of intermediate to high seismicity. Previous studies on neotectonics and seismotectonics in the country have made it possible to identify in the region the presence of active faults (Cayesh, Atalaya, Huaytapallana and Huancayo folds), many of which produce earthquakes continuously.

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, mentioning their following spatial distribution:

- Areas of very high and high susceptibility, have an important distribution in the region, are found in the western sector of the region: slopes of the Mantaro rivers (Cullhuas, Llocllapampa, Yanacancha, Curiaca), Huasahuasi (Huasahuasi), Ulcumayo

(Ulcumayo, Canap, Quilcacta) and Chia (Ingenio), hillsides of the Quiuyasa hills (San José de Quero), Chuyapata (Tapo); and the hills Turpur, Hatunchota, Marca Marca, Jachaloma, Ventanilla, Patacancha on the right bank of the Mantaro river; the hills Geshgash, Pullhuaynioj, Arcapaco, Pusaulto, Mataorjo on the left bank of the Mantaro river (La Oroya-Jauja highway); lower slopes of the slopes of the Jatun Mullqui creek, Molinos river and Masma river (between Molinos and Masma), Yauli river (Huacha-La Oroya central highway), Siutucancha sector, Huayhuay, Yuracancha hillside, Yanac Puquio, Cumbre, Antahuaro (surroundings of La Oroya), Ancan Punta (west of the Junín lagoon), among others. In the central sector of the region: slopes in the valleys of the Andamarca, Acobamba, San Fernando rivers towards the central south of the region bordering the Huancavelica region, left bank of the Mantaro river (La Boca); slopes of the hillsides of Hulacara El Palomar, Guapen, Pachochari, western flank of the San Carlos mountain range, Pampa Hermosa sector, La Cumbre hill southeast of La Merced (Chanchamayo) and Puy Puy hills, among others. In the eastern sector of the region: hillsides of the Ashibantipangoni, Capirobanti, Santa Maía, Iroquija, Mencorivanti, Mamarohuato hills, the western slope of the Caperusilla hill, the structural slopes along the Enejani, Pichiquia, Chiquireni, Quileni and Calshingari streams, others.

- The zones of moderate susceptibility, with a regular distribution, are found mainly on the slopes of sedimentary, volcanic hills such as the hills Aymara, Punapuna, Chaupi Ranra, Amaro Punta, Loma Condorhuayin, Cotacancha Chico hill, in the western sector of the region; slope slopes of the Anapati and Ene rivers, in the eastern sector of the region and land located in the headwaters of the region.
- The areas of low susceptibility are located in the area of bofedales around the Junin lagoon and Cascamachay pampas dissected by the Mantaro rivers (on the surface located on the villages of Huacrapuquio-Huaripampa), Ene (Natalia Sanchez-Santo Domingo de Anapati), Río Negro, Satipo (Satipo), San Ramon (San Martín de Pangoa), Mazamari (Mazamari), Tambo (Poyeni-Shima); and flat terrains located in terraces of rivers and streams of the region.

- The areas of Very low susceptibility, corresponds to flat land with slopes lower than 1 °. They are related to geofoms such as low terraces, dissected plains. They are distributed in the main valleys east of the region on the terraces of the Mantaro river, among others. To the west of the region, the valleys of the San Ramon, Mantaro rivers, among others, and on the hillsides dissected by the Bayuca, Amasisa, Lobo, Pucaruro, Panguana and Shima streams.
- In the Junin 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 Satipo, Chanchamayo, Perene, Ene, Tambo rivers and their main tributaries, and are areas of high and very high susceptibility to flooding and river erosion. As well as some sectors of the Mantaro river.

The existence of 58 critical zones was determined by geological hazards in the Junin region. The largest number of these zones are located in the provinces of Concepción (12) and Chanchamayo (12), followed by the provinces of Tarma (10), Satipo (8), Huancayo (6), Yauli (4), Jauja (2), Junin (2) and Chupaca (2).

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. 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 Geographic Information System (GIS). Its use as prevention tools provides an important basis for planning and territorial ordering.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PRESENTACIÓN

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), en el marco del cumplimiento de sus funciones entre las cuales se encuentra efectuar el estudio de los peligros geológicos que afectan el territorio nacional, y cómo afectan a los centros poblados y obras de infraestructura, así como realizar estudios hidrogeológicos y brindar apoyo a las comunidades, realizó en los años 2011 y 2012 el “Estudio de riesgos geológicos en las regiones Pasco, Junín y Lima”, que busca evaluar los problemas de geodinámica externa (peligros geológicos por procesos de movimientos en masa y peligros geohidrológicos) que afectan a estas regiones, para así generar información geocientífica que sirva para futuros proyectos de planificación a desarrollarse en estos territorios.

Una de las problemáticas en la región es la ubicación de la población sobre antiguas quebradas “secas” o laderas inestables, o dentro de las fajas marginales de los ríos, sin tomar en cuenta el peligro latente de vivir en estas zonas, donde las condiciones geológicas, geográficas y climáticas son desfavorables y afectadas con cierta periodicidad por la generación de procesos que ocasionan desastres y afectan en diferente grado a estas poblaciones, vías de comunicación e infraestructura. Los movimientos en masa son considerados como una de las causas más comunes de la ocurrencia de dichos desastres. Esta condición en especial constituye un alto riesgo para la región en épocas de avenidas excepcionales, durante el fenómeno El Niño o sismos de gran magnitud. Sumado a estos hechos, el riesgo de estas poblaciones se incrementa debido a la precariedad del material y la autoconstrucción de sus viviendas, generando altos costos en los trabajos de recuperación de las zonas afectadas, pérdida de vidas humanas y pérdidas económicas, así como la interrupción de las actividades socioeconómicas y comerciales. Por las razones expuestas, se considera muy importante su reconocimiento y evaluación.

La presente memoria es el resultado de los trabajos de gabinete y campo realizados por profesionales de la DGAR. Se pone a

consideración tanto de la comunidad científica, profesionales técnicos de la región, autoridades del gobierno regional y municipalidades en los temas sobre prevención de desastres.

Este trabajo contribuye al conocimiento de los aspectos físicos, la ubicación de zonas críticas y la susceptibilidad a los peligros naturales a los que se encuentran expuestos centros poblados y obras de infraestructura existentes en la región estudiada. Este conocimiento permitirá proponer políticas, programas y acciones de prevención ante los peligros naturales, así como los resultantes de los procesos de ocupación territorial. Esta información constituye la base para el ordenamiento territorial y el desarrollo sostenible de las regiones involucradas.

1.2 ANTECEDENTES

Existen numerosos estudios e investigaciones que muestran la recurrencia de procesos de movimientos en masa e inundaciones que han afectado a centros poblados y sectores productivos, así tenemos:

Los estudios de geología regional efectuados por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, en la región entre los años 1966-1998, están disponibles en los boletines de la Serie A, números: 12, 18, 36, 44, 48, 69, 71, 77, 78, 85, 86, 95, 111, 118, 120 y 125, que caracterizan la región y determinan los tipos de rocas, sus edades y las potencialidades como recursos minerales. Desde el punto de vista geodinámico, la base de datos sobre peligros de geodinámica externa preparada por la antigua Dirección de Geotecnia del INGEMMET, en el año 1997, utilizó información de diversos estudios técnicos, tesis de universidades, información del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Reporte de poblaciones vulnerables del ANA, reportes periodísticos, entre otros. Se señala que fueron registradas 142 ocurrencias de peligros geológicos y geohidrológicos en la región Junín.

Algunos trabajos anteriores han estudiado la Geodinámica y prevención de desastres en la región Junín, destacando algunas publicaciones del INGEMMET como: “Riesgos Geológicos en

el Perú - Franja No. 3" (Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 2003) y "Riesgos Geológicos en el Perú - Franja No.4" (Fidel et ál, 2006). Otros estudios que merecen especial atención son el "Estudio geodinámico de la cuenca del río Mantaro (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, 1980), "Estudio geodinámico en el distrito de Ulcumayo" (Pérez, 1974), entre otros.

- En el estudio "Riesgos geológicos en el Perú - Franja No. 3"; (Fidel L. *et al.*, 2003) refieren la ocurrencia de movimientos en masa y geohidrogeológicos cuya data está ingresada en el SISBDGEO.
- Durante el año 2006, el INGEMMET desarrolló el estudio de Riesgos Geológicos de la Franja N° 4, entre los paralelos 10°00' y 12°00' de latitud sur, donde refieren 20 zonas críticas, en cuya parte central se encuentra la región Junín. Dicho estudio detalla la ocurrencia de movimientos en masa y geohidrogeológicos cuya data está ingresada en el SISBDGEO.
- En el estudio geodinámico de la cuenca del río Mantaro (1980) se hizo una caracterización geomorfológica, litológica, geohidrológica y geodinámica de la cuenca, señalándose la seguridad física de asentamientos y pueblos involucrados. De acuerdo con la interpretación histórica y los fenómenos que se presentan se considera una cuenca dinámicamente activa, siendo los más relevantes la activación de la Falla Huaytapallana que en 1968 permitió la liberación de energía, lo que originó el rompimiento de la laguna Lazo-Huntay; las pronunciadas erosiones de la margen izquierda del río Mantaro a la altura de Huancayo-Huayucachi; fenómenos de karsticidad en Huayucachi, Huacrapuquio, etc. Deben tomarse medidas preventivas necesarias, porque en el caso de ocurrir lluvias excepcionales o sismos de gran magnitud las pérdidas serían cuantiosas en las regiones Junín y Huancavelica.

Asimismo, cabe mencionar las evaluaciones técnicas de seguridad física de los sectores Villa Junín, anexo José Galvez, poblado de Morococha antigua, Comunidad campesina San José de Villano, Anexo La Florencia, Anexo Puente Capelo, Anexos Antacalla y Andamayo, entre otras evaluaciones realizadas por INGEMMET, que han contribuido en la determinación de zonas vulnerables a los fenómenos de remoción en masa más frecuentes y/o la evaluación de riesgos e impactos a los que están sujetas las poblaciones y las obras de infraestructura existentes.

Los reportes elaborados por INDECI registraron 109 emergencias por peligros geológicos y geohidrológicos en la región Junín, entre los años 1995 y 2012. Se han realizado otros trabajos

de investigación en la región Junín sobre temas como minería, contaminación ambiental, cobertura vegetal, ordenamiento ambiental entre otros. Los más notables son los realizados por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN, actualmente INRENA), Ministerio del Ambiente.

1.3 ALCANCES DEL ESTUDIO

El alcance principal de este estudio está relacionado al conocimiento de la geología aplicado a la identificación de los peligros geológicos (movimientos en masa) y geohidrológicos (inundaciones y erosión fluvial), la evaluación o análisis de susceptibilidad del ámbito territorial a los peligros utilizando métodos heurísticos. Es importante la experiencia del evaluador que con la ayuda de los SIG genera información adecuada del medio físico, básica y muy útil tanto 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 Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, y profesionales en 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	Hidrogeología
Bach. Melanie Huamán Nieto	
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 de este estudio es contribuir al desarrollo sostenible de la región Junín, y al mejoramiento de las condiciones de vida de sus habitantes, brindando a las autoridades y a la población en general información de base y temática sobre peligros geológicos que los afectan.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Obtener 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 por regiones y conocer la geodinámica del territorio nacional.
- Evaluar la susceptibilidad a la ocurrencia de peligros geológicos (movimientos en masa) y geohidrológicos (inundaciones y erosión fluvial) de la región.
- Identificar las zonas críticas a peligros geológicos en la región para obtener alcances de la vulnerabilidad de la población e infraestructura, ante la posible ocurrencia de peligros naturales.
- 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 Zonificación Ecológica y económica (ZEE).
- Involucrar, comunicar y sensibilizar a la población en la temática de los peligros naturales, cómo los pueden afectar y qué deben hacer para prevenirlos.

1.6 METODOLOGÍA

La metodología empleada para el presente estudio consta de tres etapas de trabajo:

1.6.1. Trabajos previos (gabinete I)

Durante esta etapa, se recopiló, evaluó y sistematizó información acerca del área de estudio. Además, se realizó la interpretación de fotografías aéreas de los años 1970 e imágenes de satélite disponibles en la plataforma Google Earth. En estas fotos e imágenes se reconocieron los contactos litológicos, lineamientos, unidades geomorfológicas y áreas afectadas por movimientos en masa como derrumbes, caídas, flujos, etc., los cuales se plasmaron en mapas topográficos del Instituto Geográfico Nacional (escala 1:100 000).

1.6.2 Recopilación de datos en campo (campo)

En esta etapa se efectuó el cartografiado, inventario y caracterización de peligros geológicos en la región Junín, además de realizar la evaluación preliminar de la seguridad física de los centros poblados e infraestructuras, la difusión del estudio y sensibilización a la población y autoridades sobre la temática de prevención de desastres. Dichos trabajos se llevaron a cabo entre los años 2011 y 2012, en campañas de 25 días, haciendo un total de 3 campañas. Estos trabajos permitieron recolectar una serie de datos geológicos y geomorfológicos en base a los cuales se definió el comportamiento geodinámico en la región Junín, a escala de trabajo 1:50000. Simultáneamente, se efectuó la identificación de zonas críticas o con alto grado de riesgo geológico para las cuales se brinda en el capítulo VIII algunas recomendaciones que ayudarán a decidir las obras de prevención que se ejecutarán.

1.6.3 Procesamiento de la información (gabinete II)

Una vez concluida la etapa de campo, se procesó la información previa y la obtenida en campo, categorizando los procesos inventariados por su grado de peligrosidad. Paralelamente, se generaron los mapas temáticos finales, así como los modelos de susceptibilidad; se elaboró el informe respectivo y la base de datos georeferenciada.

1.7 AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento al Gobierno Regional, los gobiernos locales de la región Junín, a las instituciones públicas (INDECI, INRENA, Ministerio del Ambiente, entre otras), a los secretarios técnicos distritales de Defensa Civil de la región Junín y a todos los profesionales que realizaron estudios anteriores en la región, cuya información ha sido valiosa en 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

La región Junín se ubica en la parte central sur del país, abarca territorios de la vertiente oriental de la cordillera de los Andes, entre las coordenadas geográficas:

Coordenadas	Norte	Este	Sur	Oeste
Lat. Sur	10°41'55"	11°21'46"	12°40'50"	11°06'52"
Long. Oeste	75°01'08"	73°25'29"	75°28'00"	76°31'08"

Tiene una superficie de 44 328.8 km². Su capital es la ciudad de Huancayo, con altitud de casi 3271 m s.n.m. Limita al norte con Pasco y Ucayali, al sur con Huancavelica y Ayacucho, el este con Cusco y al oeste con Lima (Figura 2.1). Las altitudes oscilan entre 400 y 4415 m s.n.m., donde se ubican los distritos de Río Tambo y Marcapomacocha, respectivamente, siendo la altura más alta la de 5700 m s.n.m., que se alcanza en los nevados del Huaytapallana.

Este departamento se divide en 9 provincias y 124 distritos. Del total de los distritos, se observa que las provincias con mayor número de distritos son Jauja (34), Huancayo (28) y Concepción (15), y los de menor número de distritos son Chanchamayo (6) y Junín (4).

Este es uno de los departamentos que alberga a más de un millón de personas. Según el Censo Nacional XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas (INEI-2017), la población de Junín es de 1 246 038 habitantes (sexto lugar a nivel nacional). Con respecto al censo de 2007, se incrementó en 0.2% la tasa de crecimiento promedio anual, inferior a la registrada como promedio para todo el país (1.0%). Como ocurre en la mayoría de los departamentos, la provincia más habitada es aquella donde se ubica la capital: Huancayo, que alberga al 43.6% de la población.

Por su ubicación estratégica tiene conexión con la capital del Perú, Lima; cuenta con diferentes vías de acceso: terrestre, a través de autos, camiones, ómnibus, y también por vía férrea y aérea.

En la infraestructura de la región, destacan la carretera central, carretera marginal de la selva y carreteras vecinales, un aeropuerto, 11 aeródromos y 3 helipuertos, vía férrea

(Huancayo-Huancavelica, Lima-La Oroya-Huancayo), canales de irrigación, y 15 estaciones hidroeléctricas de la región, entre las que destacan las empresas Electroandes y Edegel. Cabe mencionar que el departamento de Junín es el tercer productor de plata y plomo, y el cuarto en zinc, siendo las principales minas Azulcocha, Toromocho, Santa Rosa, Doe Run, minas de oro Corihuarmi y otros. La región cuenta con importantes Áreas Naturales Protegidas, entre las que destacan el Parque Nacional de Otishi, seguido de la reserva paisajista Nor Yauyos-Cochas, la reserva nacional de Junín que abarca el lago Junín y las reservas comunales Asháninka y Machiguenga que se encuentran en la cuenca del río Ene.

Desde el punto de vista morfoestructural, la región presenta cinco zonas geográficas muy diferenciadas entre sí de oeste a este. Al suroeste, su relieve es muy accidentado, con altas cumbres nevadas las que forman parte de la cordillera Occidental representado por las cordilleras La Viuda y Chonta; al este se encuentran los valles interandinos conformados por valles longitudinales profundos representado por el río Mantaro, que siguen un curso de SE a NO entre las cordilleras Occidentales y Orientales, desaguan en la Amazonía, controlados por fallas longitudinales y que terminan en altas mesetas o punas, destacando entre ellas la meseta de Junín o Bombón, que está entre La Oroya y Cerro de Pasco. La Cordillera Oriental presenta una topografía abrupta hacia el este representado por la Cordillera de Huaytapallana, que alberga los nevados de Mariarazo, Yanaja, Pacacp, Chispi, Huyatapallana y Cochach, donde los valles exhiben flancos escarpados y estrechos, y los cauces descienden con fuertes pendientes y bruscas caídas hacia los grandes ríos de la Llanura Amazónica. La Faja Subandina se presenta a manera de una estrecha cadena de montañas, colinas y lomadas, cuyas elevaciones varían desde los 400 a 1000 m s.n.m.; es un paisaje muy abrupto, con valles estrechos y profundos que tienen laderas con pendientes muy poco pronunciadas. Por último, está la Llanura Amazónica que conforma una extensa planicie ondulada de amplio desarrollo, surcada por grandes ríos de aspectos meandriformes, anastomosados y entrelazados, con sus valles más amplios, delimitada por colinas de altitud y pendientes variadas.

La marcada diferencia de altitudes y zonas geográficas condiciona las variables climáticas del departamento. En las zonas más altas, las temperaturas van de los 11 °C en el día, a los menos de 0 °C por las noches. En las provincias que se encuentran en la ceja de selva (Chanchamayo), el clima es templado, húmedo y nuboso. Sus temperaturas van de los 23 °C a los 32 °C. Las zonas donde se registran mayor calor y humedad del departamento son las de selva alta, que tienen días muy calurosos combinados con noches bastantes frescas (de 22 °C puede pasar por las noches a los 4 °C); y las de la selva baja, con altas temperaturas y humedad atmosférica, con temperaturas promedio de 24 °C, pero que en épocas de calor puede llegar hasta los 41 °C.

Gran parte del territorio de Junín ha sido modelado por sus ríos y lagunas. Los principales ríos del departamento son el Mantaro, Tulumayo, Chanchamayo, Satipo, Tambo, Perené y Ene. Es el río Mantaro el principal de estos y así también lo describieron los cronistas en tiempos de la Colonia. Su cuenca hidrográfica pertenece al departamento de Pasco. Sus principales afluentes son los ríos Cunas e Ichu. El Mantaro cambia de nombre al confluir con el río Apurímac, unión que da lugar al río Ene. Este se extiende por la parte oriental de la provincia de Satipo y sigue su curso hasta llegar a la selva alta del departamento. Tiene un recorrido de 180.6 km. En el extremo norte de la meseta de Bombón se encuentra el lago Junín o Chinchaycocha; es el segundo del país, después del lago Titicaca. Las otras principales lagunas del departamento son Paca, Huacracocha, Lasuntay, Huaytapallana, Quillacocha y Yurajcocha.

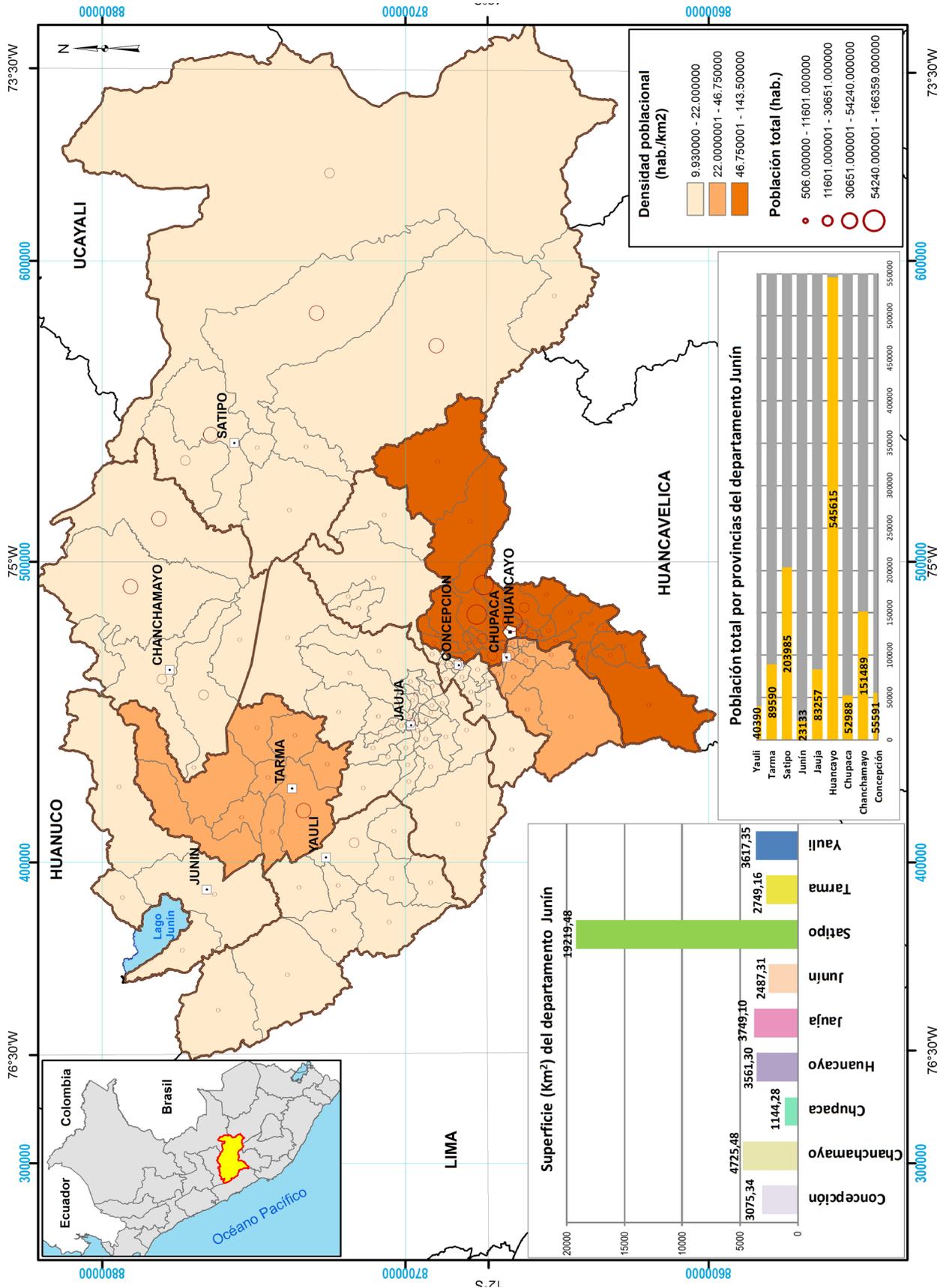


Figura 2.1 Ubicación y características demográficas del departamento Junín. Elaboración propia.

2.2 OCUPACIÓN ANTRÓPICA

En el territorio que ocupa el departamento de Junín se han hallado importantes restos óseos y arqueológicos que dan testimonio de una antigua presencia del hombre en esa región. Por ejemplo, se han encontrado restos líticos, puntas de dardo, ubicados cerca de la laguna de Junín o Chinchaycocha, cuya antigüedad se estima en 7000 años, aproximadamente. En este lugar se encontraron restos de asentamientos humanos. Otras evidencias como la presencia de semillas y restos de alimentos dan cuenta de una temprana actividad agrícola, alrededor del año 3000 a.C.

A más de 3500 m s.n.m., los antiguos pobladores de este departamento habitaron las cuevas cercanas al lago Junín. Estos cazadores se asentaron durante milenios en la zona, pues en este lugar disponían de los recursos necesarios para sobrevivir (entre estos, la carne de camélidos), como lo demuestra el hallazgo de restos de asentamientos humanos y puntas de lanza cerca de la zona del lago. En las cuevas de Pachamachay y Panaluca se encontraron pinturas rupestres que representan la actividad agrícola de los primeros habitantes de Junín.

La zona del valle del Mantaro fue una de las más codiciadas por los incas. Según historiadores y cronistas, fuerzas del imperio inca comandadas por Cápac Yupanqui, hermano menor de Pachacútec, lograron dominar a los huancas y apoderarse de su territorio luego de un enfrentamiento en el cual destruyeron poblados enteros, motivo por el cual los huancas guardaron un profundo resentimiento hacia los incas. Este hecho favoreció a los españoles en sus planes de conquista; los huancas les brindaron su apoyo ofreciéndoles objetos de plata y oro como regalos, y combatientes con el fin de liberarse del yugo inca.

De Jauja, la expedición conquistadora se dirigió a Huancayo para continuar su camino hacia la capital del imperio, el Cusco. Al regresar de Cusco, Pizarro fundó la capital de Jauja el 25 de abril de 1534 y la escogió como capital de los territorios que los españoles habían invadido. Por la lealtad mostrada, los españoles tuvieron consideración con los huancas y no establecieron corregimientos ni mitas en la región, durante los primeros años. Otras ciudades fundadas por los españoles en la región fueron Tarma, en el año 1538 y Huancayo en 1572 (Atlas geográfico, económico y cultural del Perú, 2009).

Tiempo después de la rebelión de Túpac Amaru, las comunidades indígenas del departamento de Junín se contagiaron del espíritu de libertad y lucha contra el autoritarismo español. El 29 de diciembre de 1820 en la zona de Azapampa, en las afueras de la ciudad de Huancayo se produjo un enfrentamiento entre patriotas y realistas que concluyó con la victoria de estos últimos.

Luego de una prolongada lucha y un gran esfuerzo por expulsar al ejército realista, la valerosa conducta y colaboración del pueblo huanca fue decisiva para lograr la emancipación. La campaña libertadora cobró renovados impulsos con la presencia de Simón Bolívar. Así, el 6 de agosto de 1824, en las pampas de Junín, se ganó una de las batallas más importantes de la historia americana, la batalla de Junín. La valentía de los denominados húsares fue decisiva para lograr el destierro definitivo de las tropas realistas.

2.2.1 Densidad poblacional

Con respecto al censo de 1940, su población se incrementó en 4.3 número de veces en comparación del censo 2017. La densidad poblacional de Junín (32.4 hab. /km²) es la novena más alta del país y bastante superior al promedio nacional (24.3 hab. /km²).

De acuerdo con los resultados del censo 2017, la provincia que concentra el mayor número de habitantes es Huancayo, con 545 615 personas, agrupando poco menos de la mitad de la población del departamento (43.6%). Le sigue la provincia de Satipo que alberga 203 985 habitantes (16.4%), mientras que la provincia de Junín con 23 133 habitantes (1.9%) es la menos poblada.

Siguiendo la tendencia nacional, en Junín viven más mujeres (50.2%) que hombres (49.8%) y el 71% de hogares tiene como jefe de hogar a un varón. Los resultados del censo 2017 muestran en el Gráfico 2.1, que del total de la población censada del departamento de Junín 608 932 son hombres (48.9%), en tanto que las mujeres ascienden a 637 106 personas (51.1%)

En el periodo intercensal 2007-2017, se aprecia que la población femenina se incrementó en 22 377 mujeres, es decir, en 3.6% en diez años, mientras que la población masculina decreció en 1813 hombres, que representa una disminución del 0.3%.

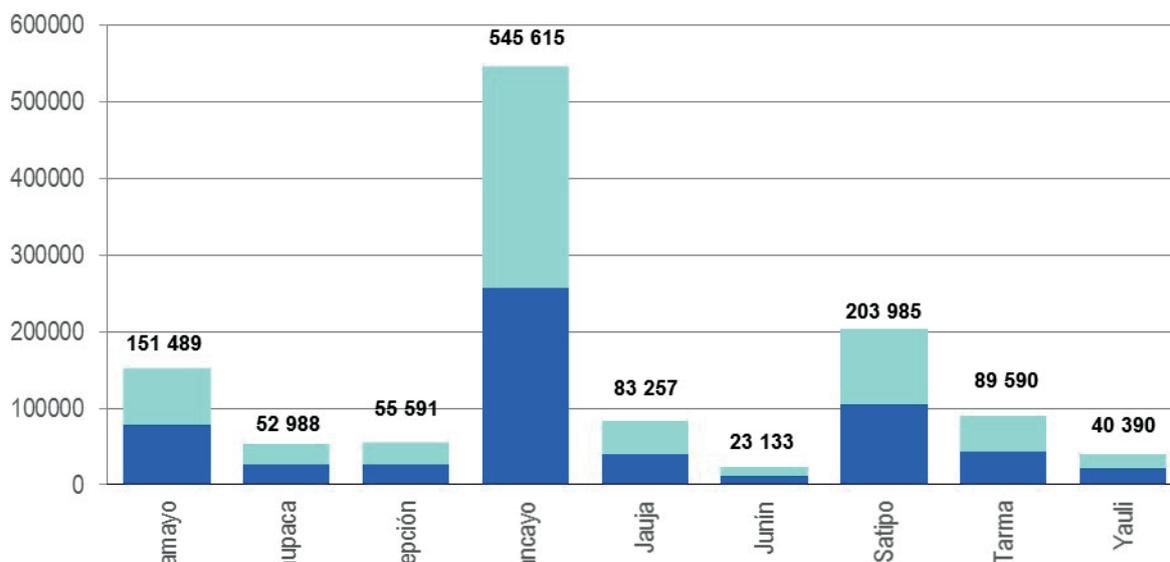


Figura 2.1 Población total por provincias, según sexo del departamento de Junín (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018a).

A pesar de que es un departamento cuya zona andina concentra la mayor parte de la población, el 71.0% vive en áreas urbanas y el 29.0% corresponde al área rural (Gráfico 2.2).

A nivel de cada provincia, los porcentajes más altos de la población urbana se encuentran en Huancayo

(92.3%), Yauli (78.7%) y Junín (71.6%); en tanto que Satipo (33.8%), Concepción (48.5%) y Jauja (49.1%), registran los menores porcentajes. En el área rural, la población de las provincias de Satipo (66.2%), Concepción (51.5%) y Jauja (50.9%) presentan los porcentajes más altos.

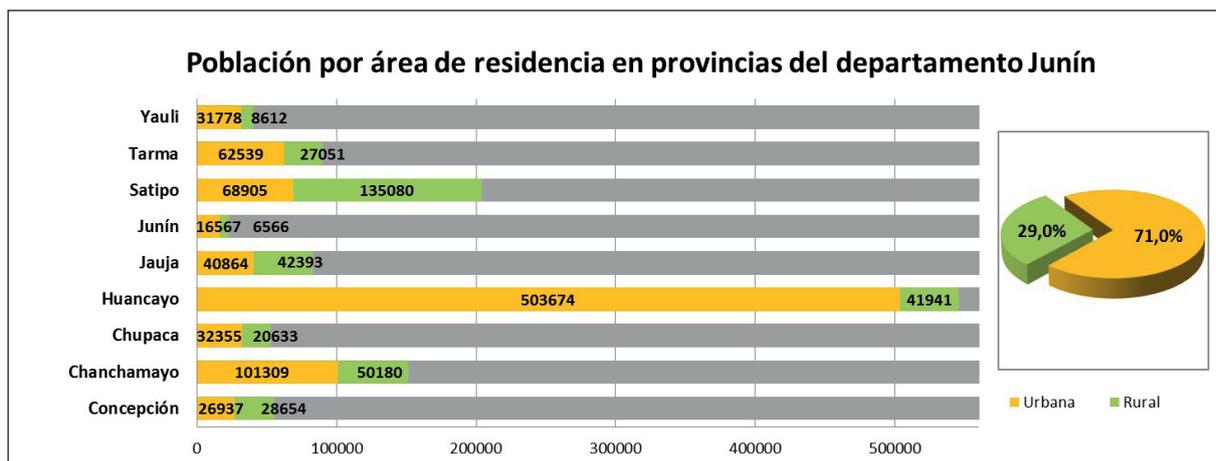


Figura 2.2 Población por área de residencia en las provincias de la región Junín (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018a).

En los últimos sesenta años, la población rural ha mostrado una tendencia a disminuir excepto en el 2007 (1940-2007). Sin embargo, según el último censo 2017 (Gráfico 2.3), se ha

confirmado la tendencia creciente y decreciente para la parte urbana y rural, respectivamente; tal es así que, en el año 2007, la población rural fue de 38.6%, mientras que en el 2017 fue 29.0%.

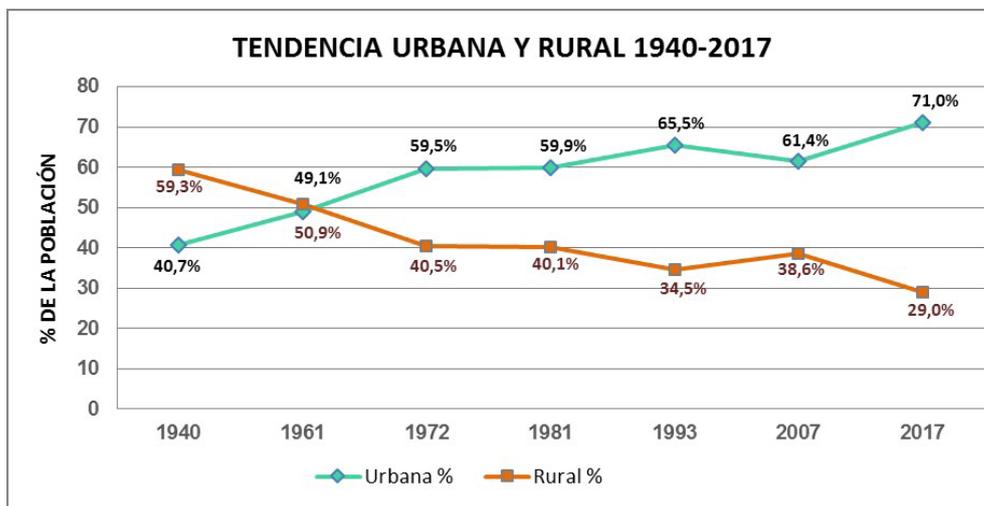


Gráfico 2.3 Tendencia urbana y rural del departamento Junín. Fuente: Censos nacionales de población y vivienda (INEI) 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2007 y 2017.

Del Gráfico 2.4 se puede analizar el crecimiento de la población por grupos de edad; se observa un comportamiento diferenciado en cada uno de estos grupos que definen la estructura de la población, como mayor proporción de la población en las edades centrales (15-59 años), expresando los mayores volúmenes de población en edad de trabajar o productiva. En la cúspide de la pirámide, se evidencia el proceso de envejecimiento de la población de Junín, donde la proporción de mujeres es ligeramente mayor al de los hombres en edad adulta mayor (60 y más años).

La evolución de la población se refleja en la forma de una pirámide poblacional. En décadas anteriores, esta población presentaba una base ancha y vértice angosto. Desde el censo 2007, la base se ha ido reduciendo y mostrando un ensanchamiento progresivo. El censo 2017 presenta una

base más reducida y un ensanchamiento progresivo en los centros, que da cuenta de un menor número de nacimientos y mayor población en edad activa. Asimismo, se observa mayor proporción en la población adulta mayor.

Según el censo 2017, con respecto a la composición de la población por edades, el 28.0% de la población es menor de 15 años, que en cifras relativas ha venido disminuyendo con respecto a los censos anteriores (33.0% en el 2007). La población de 15 a 64 años, que constituye la fuerza potencial de trabajo, aumentó de 60.9% en el 2007 a 64.0% en el 2017. Asimismo, la población del grupo de 65 y más años se incrementó en las últimas dos décadas, de 6.1% en el 2007 a 8.0% en el 2017. La edad promedio del departamento es de 30.5 años.

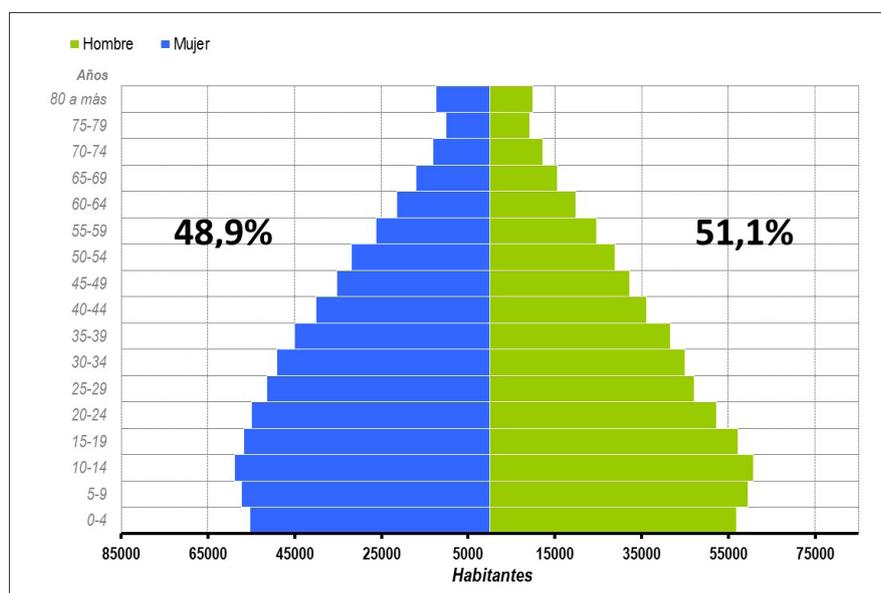


Figura 2.4 Edad en grupos quinquenales según sexo del departamento de Junín (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018a).

2.2.2 CRECIMIENTO POBLACIONAL

Como se puede observar en el Cuadro 2.1 y Gráfico 2.5, el mayor incremento promedio anual de población se presentó en el periodo 1972-1981, donde se llegó a 17 289, con una tasa de crecimiento de 2.0%. La tendencia es decreciente, en el periodo intercensal de 1981-2007 se registró el más bajo índice de

crecimiento poblacional, llegando a 1.1% de crecimiento anual, continuando este proceso en los siguientes años.

Posteriormente, el ritmo de crecimiento ha ido disminuyendo en forma sostenida, llegando a 0.2% en el último periodo intercensal 2007-2017. Es decir, la población continuará creciendo, pero a un menor ritmo.

Cuadro 2.1

Población total, incremento y tasa de crecimiento promedio anual de la población total, según años censales, 1972, 1981, 1993, 2007 y 2017 del departamento Junín

Año censal	Población censada	Incremento censal	Incremento promedio anual	Tasa crecimiento promedio anual
1940	338 502			
1961	521 210	182 708	8700	1.7
1972	696 641	175 431	15 948	2.3
1981	852 238	155 597	17 289	2.0
1993	1 035 841	183 603	15 300	1.5
2007	1 225 474	189 633	13 545	1.1
2017	1 246 038	20 564	2056	0.2

Fuente: INEI-Censos Nacionales de Población y Vivienda 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2007 y 2017.

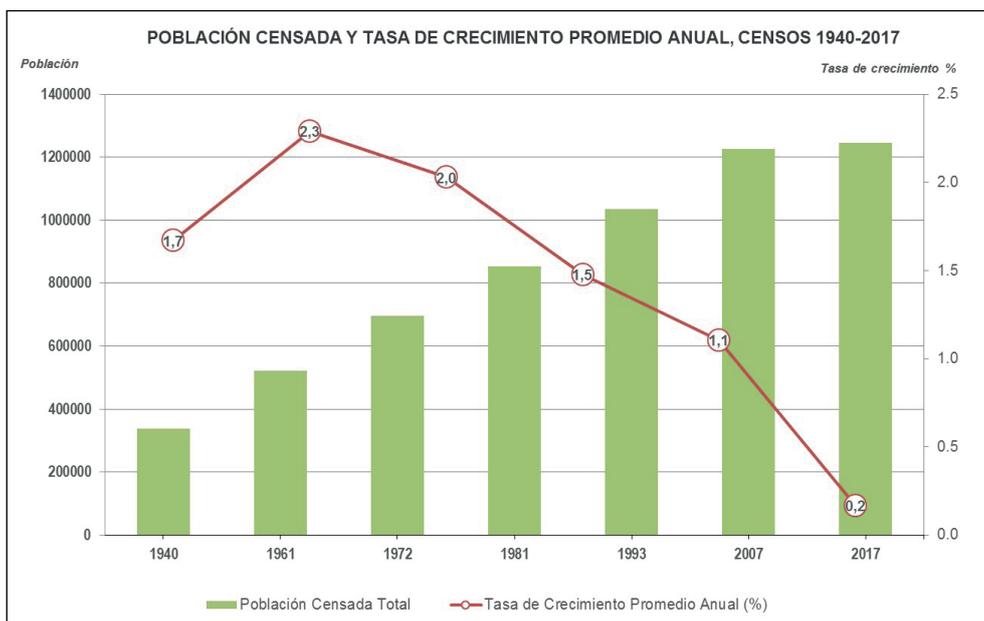


Gráfico 2.5 Población censada y tasa de crecimiento promedio anual del departamento de Junín. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI- Censos Nacionales de Población y Vivienda 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2007 y 2017.

En el Cuadro 2.2 se presenta información sobre los censos de población y vivienda del departamento de Junín, relacionadas con la dinámica demográfica de los últimos años, se incluye

población total a nivel provincial para los años 1981, 1993, 2007 y 2017.

Cuadro 2.2

Población censada, según 1981, 1993, 2007 y 2017 por provincias

Provincia	Años censales			
	1981	1993	2007	2017
Total	852 238	1 035 841	1 225 474	1 246 038
Chanchamayo	89 059	114 045	168 949	151 489
Concepción	59 060	64 785	60 121	55 591
Huancayo	321 549	437 391	466 346	545 615
Jauja	102 439	104 828	92 053	83 257
Junín	30 169	39 627	30 187	23 133
Satipo	66 901	94 250	193 872	203 985
Tarma	105 422	115 686	112 230	89 590
Yauli	77 639	65 229	49 838	40 390
Chupaca 1/			51 878	52 988

1/ Fue creada por Ley N°25428, el 5 de enero de 1995.

Fuente: INEI-Perfil Sociodemográfico de Junín, 2007 y Resultados definitivos de los censos nacionales 2017-INEI.

Al analizar la evolución de este indicador se tiene que, a lo largo de 36 años, entre 1981 y 2017, la población se ha incrementado

en un 31.6%. A nivel provincial la evolución es diferente; algunas provincias crecen (Satipo y Huancayo), otras se mantienen o no

han variado significativamente (Chupaca), y otras de crecimiento lento o negativo (Chanchamayo, Concepción, Jauja, Tarma, Junín y Yauli); estas últimas son motivo de preocupación debido a la emigración de jóvenes que por diferentes razones salen hacia otros lugares distintos al de su nacimiento, en busca de oportunidades de capacitación o de fuentes laborales. Este movimiento de la población hace que estos lugares se vean disminuidos en su fuerza laboral y en la capacidad de generar fuentes de subsistencia a la población que se queda.

2.3 INDICADORES SOCIOECONÓMICOS

2.3.1. Indicadores de pobreza

Según el Mapa de pobreza provincial y distrital (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2009), se estima que la población departamental en situación de pobreza alcanza el 43% y el de pobreza extrema 13.4%. Asimismo, el índice de pobreza total ubica a Junín en el 12º lugar de menor pobreza a nivel nacional (Figura 2.2).

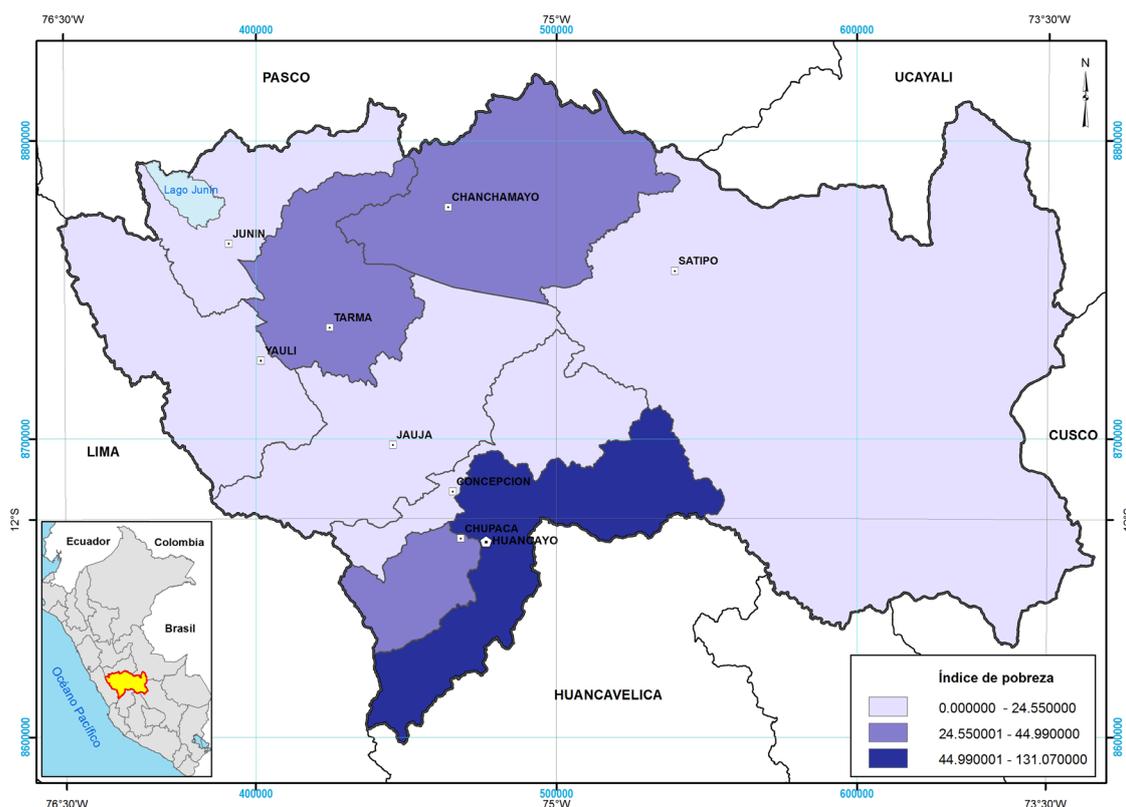


Figura 2.2 Índice de pobreza a nivel de provincias del departamento de Junín. Fuente Instituto Nacional de Estadística e informática. 2009

De acuerdo con los cinco grupos de departamentos con niveles de pobreza extrema semejante que se determinó para el año 2017, según la Encuesta nacional de hogares (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018b), el departamento Junín ocupa el tercer grupo. El primer grupo lo integra Cajamarca con tasa de pobreza extrema entre 13.5% y 20.5%. El segundo grupo de departamentos con tasas de pobreza extrema entre 7.4% y 10.2% se encuentran: Amazonas, Huancavelica, Loreto y Puno. En el tercer grupo de departamentos con tasa de pobreza extrema que se ubica entre 4.7% y 6.5% se encuentran: Apurímac, Ayacucho, Huánuco, Junín, Pasco y Piura. El cuarto grupo de departamentos con tasas de pobreza extrema, entre 2.9% y 4.4% lo integran: Áncash, Cusco, La Libertad, San

Martín y Ucayali. Finalmente, el quinto grupo de departamentos conformado por Arequipa, Ica, Lambayeque, Madre de Dios, Moquegua, Provincia Constitucional del Callao, Provincia Lima, Región Lima, Tacna y Tumbes tienen las más bajas tasas de pobreza extrema.

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

De acuerdo con el Censo de población y vivienda del año 2017, en Junín existen 439 270 viviendas (Gráfico 2.6). De ellas, el 63.6% corresponden al área urbana y el 36.4% al área rural. El

88.8% son casas independientes, el 4.6% son cabañas o chozas, el 3.8% casas en quintas o vecindades, el 2.5% departamentos en edificios y el 0.3% que incluye viviendas improvisadas, locales no destinados para habitación humana u otro tipo.

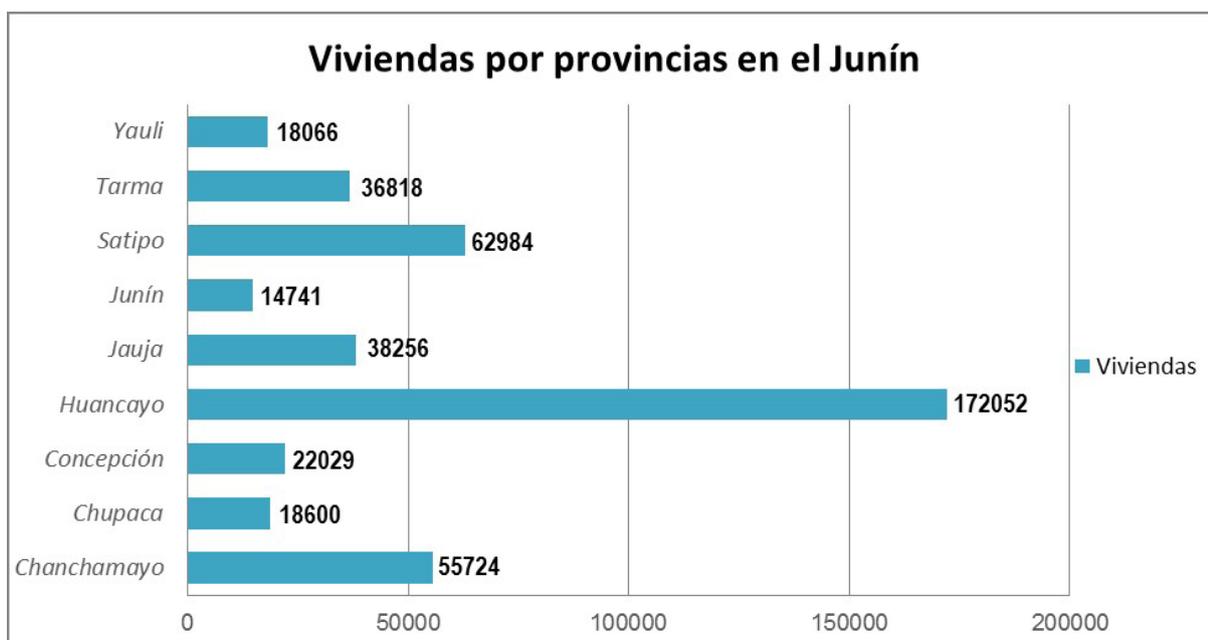


Gráfico 2.6 Viviendas por provincia (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018a).

En la Figura 2.3 se muestra las características y servicios de las viviendas; la tenencia de estos servicios públicos en las viviendas de Junín aún es bajo, como el abastecimiento de agua potable con un 69.5% que tiene conexión interna con la red pública, el 8.3% tiene conexión externa. El 7.9% se abastece de ríos, acequias o manantiales; el 12.5% de pilones, pozos, camiones cisterna o medios similares y el 0.5% recurren a alguna vivienda vecina.

En cuanto al acceso del servicio higiénico son incluso más bajas. El 61.1% de las viviendas de Junín tiene conexión interna o externa con la red pública de desagüe. El resto debe cubrir esta necesidad básica mediante medios insalubres como pozos

ciegos o letrinas (26.3%), pozos sépticos (4.0%), mientras que el 8.6% no tienen red de desagüe. De otro lado, el servicio de alumbrado eléctrico cubre el 85.4% de las viviendas en el departamento.

Como ocurre en gran mayoría de departamentos, el material noble no es el predominante en las viviendas en Junín. El 49.5% tiene paredes de ladrillo o bloque de cemento, en tanto que el 33.2% las tiene de adobe o tapia y el 13.5% de madera; las demás viviendas son de quincha, piedra con barro, estera y otros materiales (3.8%). Asimismo, el 43.2% tiene pisos de cemento; el 39.0% de tierra y el resto es de madera, entablados, parquet y losetas, entre otros. En Junín hay 349 713 hogares; de ellos, el 68.9% cocina con gas y el 43.2% con leña.

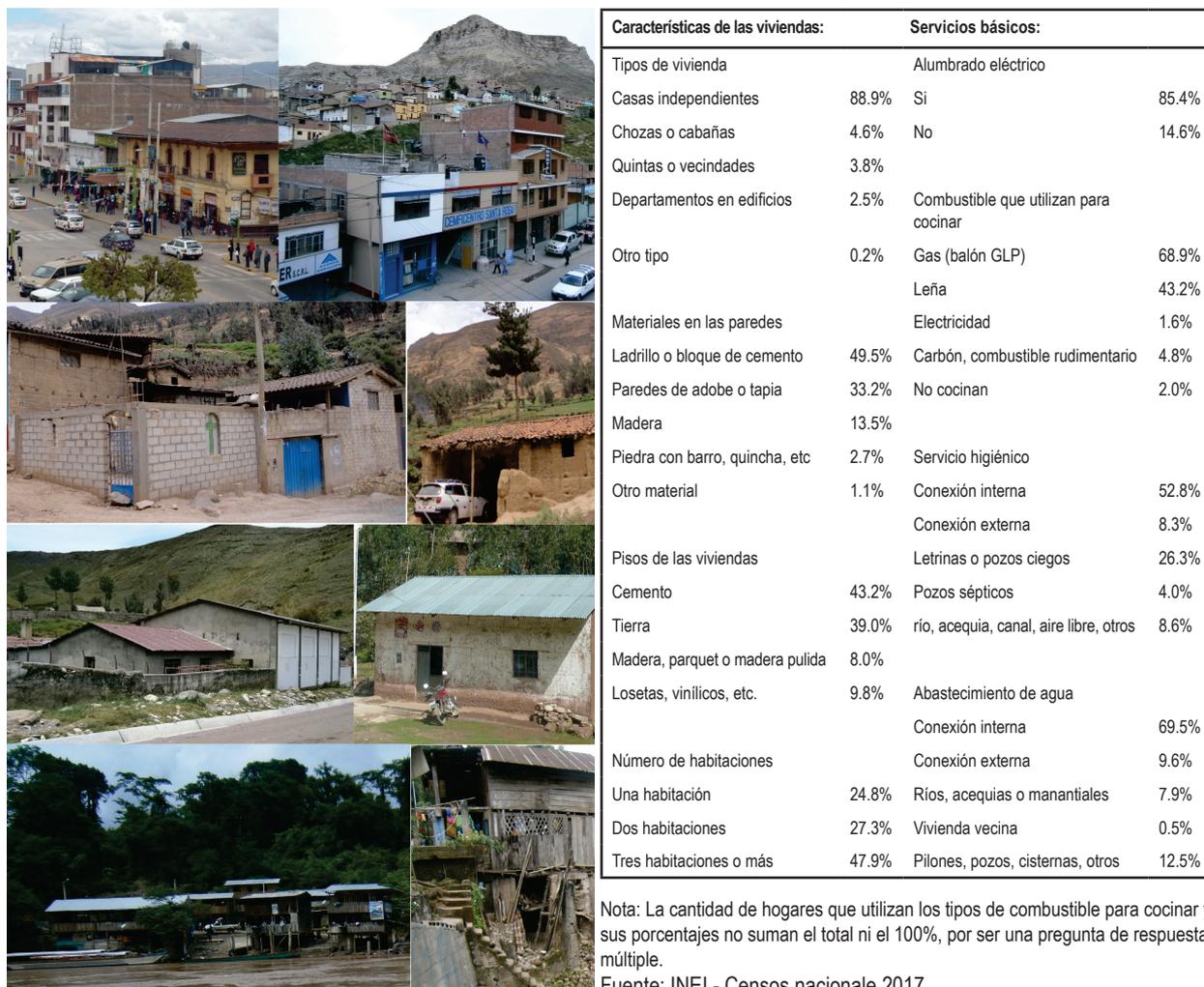


Figura 2.3 Características y servicios básicos de las viviendas del departamento de Junín (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018a).

2.3.2. Indicadores de educación

De acuerdo con el censo del 2017 se obtuvo también información sobre el nivel de instrucción en Junín. De la población mayor de 15 años (897 173 personas), el 20.9% tenía educación primaria como último nivel de estudios aprobados, el 41.8% habría aprobado educación secundaria, mientras que el 30.4% tenía educación superior completa o incompleta; y el 5.5% no poseía ningún nivel de instrucción educativa. La población analfabeta es el 6.6% de los mayores de 15 años (Cuadro 2.3). Por último, el 95.8% de los niños entre 6 y 11 años asiste al colegio, al igual que el 92.0% de aquellos entre 12 y 16 años.

Al comparar los censos 2007 y 2017, se aprecia que la proporción de personas con nivel de educación secundaria y superior han mejorado en el 2017 con respecto al 2007.

La población analfabeta representa el 6.6% en los mayores de 15 años, porcentaje que está por encima del promedio nacional (5.8%). La provincia de Junín presenta la tasa más alta de analfabetismo (11.1%), mientras que en la provincia de Yauli se observa la tasa más baja (2.8%). Comparando los censos 2007 y 2017, la provincia de Tarma registra la mayor reducción de población analfabeta (1273 personas), mientras que la provincia de Chupaca muestra un menor decrecimiento de 15 personas. Solo en la provincia de Huancayo incrementó el número de personas analfabetas en 854.

Cuadro 2.3
Población censada de 15 y más años, según el nivel educativo alcanzado, 2007 y 2017 del departamento de Junín

Nivel educativo alcanzado	2007		2017	
	Población	%	Población	%
Total	821 111	100.0	897 173	100.0
Sin nivel	63 419	7.7	49 216	5.5
Inicial	703	0.1	1803	0.2
Primaria 1/	207 756	25.3	187 294	20.9
Secundaria	330 168	40.2	375 145	41.8
Superior	219 065	26.7	283 715	31.6
Sup. No universitaria	104 067	12.7	114 529	12.8
Sup. Uniersitaria 2/	114 998	14.0	169 186	18.8

1/ Incluye educación básica especial

2/ Incluye maestría / doctorado

Fuente: INEI - Censos Nacionales de población y vivienda 2007 y 2017.

2.3.3 Indicadores de salud

El nivel de protección en que se encuentra la población de Junín en cuanto al cuidado de la salud es muy bajo. Según el censo del 2017, el 72.2% de sus habitantes no tienen ningún seguro; de los que sí cuentan con algún seguro, el 19.7% está afiliado al Seguro Social de Salud del Perú (Essalud), el 49.2% al seguro integral de salud (SIS) y el 3.3% a otro seguro, aunque los datos del censo no revelan de qué tipo.

Junín cuenta con 26 hospitales de los cuales 5 son administrados por Essalud. Asimismo, se tiene 118 centros de salud y 488

puestos de salud (Cuadro 2.4), lo que hace una relación de 724 habitantes por cada médico.

En el 2016, el número de profesionales de la salud que atendieron en los establecimientos del MINSA en Junín eran 3035, de los cuales 2918 corresponde a los profesionales de salud (638 médicos, 1200 enfermos, 692 obstetricas, 388 odontólogos entre otros profesionales) y 117 técnicos, auxiliares y trabajadoras sociales; mientras que Essalud cuenta con 707 profesionales de salud, 258 técnicos y auxiliares y 314 administrativos.

Cuadro 2.4
Establecimientos de salud en el departamento de Junín

Tipo de establecimiento	2013	2014	2015	2016
Total	572	647	590	903
Hospitales	28	31	26	26
Instituto de Salud Especializado	--	--	--	--
Centros de salud	114	128	134	118
Puestos de salud	430	488	430	488
Consultorios médicos y de otros profesionales de la salud 1/	--	--	--	248
Centro Odontológico 2/	--	--	--	23

Nota: En hospitales incluye, hospitales del MINSA, EsSalud, Gobierno Regional, Fuerzas Armadas y Policiales, Municipalidad provincial, distrital y clínicas privadas.

1/ Incluye los consultorios médicos privados, consultorios del Gobierno Regional y otros.

2/ Incluye Centros Odontológicos privados y otros.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e informática - Censo Estadístico Perú 2017.

2.3.4 Indicadores de economía

En el 2015, la región alcanzó un 4% de crecimiento económico, ocupando un quinto lugar a nivel nacional como una de las regiones que más aporta al desarrollo del Perú (Instituto Peruano de Economía, 2016).

La estructura productiva de Junín se muestra en el Gráfico 2.7, donde se muestra como principal actividad económica a la minería (22%) y a otros servicios (19%), que comprenden las actividades de banca, finanzas y seguros, alquiler de vivienda,

servicios prestados a las empresas y hogares, salud y educación privada; seguido por el comercio con el 13%, agricultura, caza y silvicultura con 13%. Estas actividades son importantes porque generan la mayoría de los empleos y generan un impacto a la economía regional y nacional. Finalmente, se tienen los sectores construcción con 13%, administración pública y defensa (servicios gubernamentales) con 8%, manufactura con 6%, y otras actividades como electricidad y agua, restaurantes y hoteles, telecomunicaciones y pesca con 13%

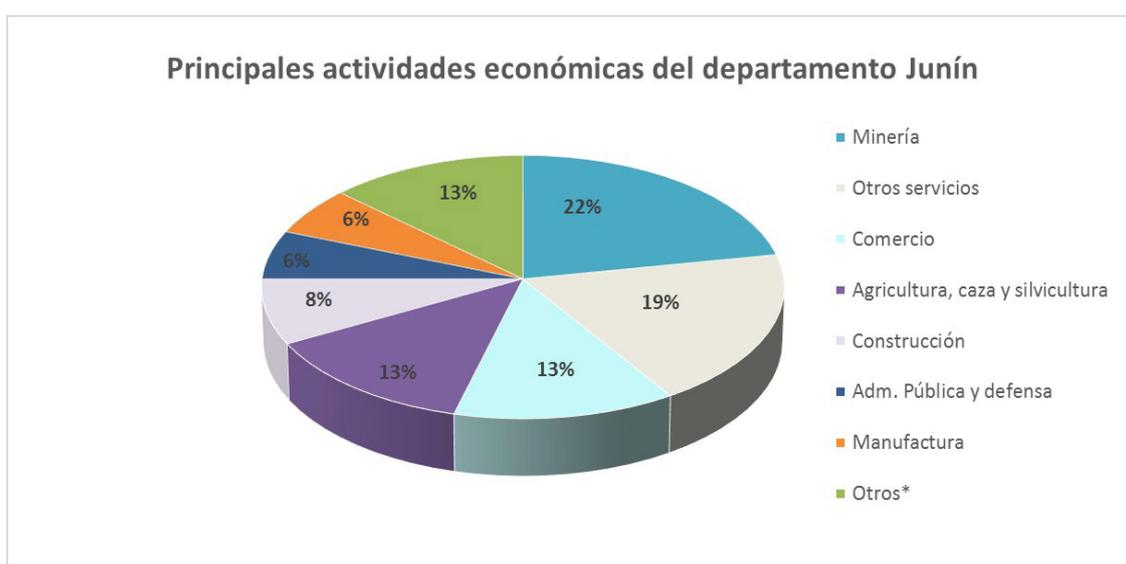


Gráfico 2.7 Porcentajes de las principales actividades económicas de Junín (Instituto Peruano de Economía, 2016).

2.3.5 Energía

Junín, en el año 2017, aportó con el 4.8% de la producción de energía eléctrica a nivel nacional. La energía producida en Junín

principalmente procedió de la fuerza hidráulica, representado así el 99.99% de las fuentes energéticas, y apenas con el 0.012% procede de centrales térmicas (Cuadro 2.5).

Cuadro 2.5
Producción de Energía Eléctrica (GW/hora) por tipo de generación

Departamento	Tipo de generación			
	Total	Hidráulica	Térmica	Eólica
Nacional	51 656.2	24 165.5	26 185.8	241.1
Junín	2 475.5	2 475.2	0.3	0.0

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (MINEM)-Dirección General de Electricidad, 2017.

El departamento cuenta con 20 centrales eléctricas (Cuadro 2.6), cuya potencia instalada al año 2016 fue de 448.58 Megawatts, siendo la producción promedio de 2 320 714.57 Megawatts por

hora. Entre las empresas con mayor potencia instalada está STATKRAFT PERÚ S.A. con 186.09 Megawatt y una producción promedio de 1 014 86.89 Megawatt por hora.

Cuadro 2.6
Potencia instalada (MW) y producción (MWh) de las centrales eléctricas del departamento Junín

Empresa/Central Eléctrica	Potencia Instalada (MW)	Producción (MWh)
Total	448.58	2 320 714.57
EDEGEL	185.10	941 482.91
Yanango	42.30	180 144.88
Chimay	142.80	761 338.03
STATKRAFT PERÚ S.A.	186.09	1 014 867.89
Yaupi	113.69	731 929.63
Malpaso	54.40	200 545.47
Oroya	9.00	48 884.67
Pachachaca	9.00	33 508.12
ELECTROCENTRO	12.39	64 011.37
Chamisería	0.25	1 352.55
Chanchamayo	0.56	2 468.75
Concepción	0.70	--
Ingenio	1.46	8015.30
Paccha	0.22	1066.47
Pichanaki	1.26	6859.44
Sicaya-Huarisca	3.84	13 342.67
Chalchumayo	3.20	25 551.20
Machu	0.90	5354.99
EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA CANCHAYLLO S.A.C	5.00	29 232.01
Canchayllo	5.00	29 232.01
EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA JUNÍN S.A.C	40.00	195 776.88
Runatullo II	20.00	89 103.36
Runatullo III	20.00	106 673.52
HIDROELÉCTRICA SANTA CRUZ S.A.C.	20.00	75 343.51
Huasahuasi I	10.00	36 830.89
Huasahuasi II	10.00	38 512.62

Fuente: DGE/MEM, 2016.

2.4 INFRAESTRUCTURA MAYOR

El departamento de Junín cuenta con cuatro modos de transporte; en grado cuantitativo, se tiene transporte carretero, fluvial, ferroviario y aéreo.

2.4.1 Red vial terrestre o transporte carretero

El servicio de pasajeros interprovincial y departamental ha crecido en un 100% desde el año 1996 por la rehabilitación y mejoramiento de las vías nacionales, y conservación y mantenimiento de algunas vías de carácter departamental.

Este proceso histórico ha configurado una trama vial, que ha permitido acceder a los recursos y activar los intercambios culturales y comerciales, mejorando la comunicación general. Es importante notar cómo la construcción de la carretera Central ha generado una dinámica creciente. Es así como Tarma se vio favorecida con la mencionada carretera hasta la década de 1970; posteriormente, cuando se construye la carretera hacia la Merced, esta ciudad juntamente con San Ramón inicia un despegue presentando tasas de crecimiento superiores al normal regional, ubicación que se ve privilegiada además de la carretera central por la marginal de la selva y carreteras vecinales que se dirigen a las cuencas de Pichis, Palcazú, Perené y la vía que une Oxapampa.

En las últimas décadas de los años 1980-1990, el crecimiento vial se ha dado para Chanchamayo, Perené, Bajo Pichanaki, Satipo y San Martín de Pangoa; por otro lado, Junín y Carhuamayo también se beneficiaron de este mejoramiento que en la mayoría de los casos pasan los límites departamentales. Si bien todas las capitales distritales son accesibles, todavía las zonas en el piso andino superior constituyen barreras a una integración efectiva existiendo fragmentos entre San Ramón, Jauja, Concepción, Huancayo, Junín, Tarma, Chanchamayo, así como en la extensa zona de selva que tiene una débil vinculación hacia Puerto Ocopa, Puerto Rico y Atalaya, zona de alta producción agroforestal.

La infraestructura departamental y las vecinales principales existentes presentan vías estrechas en muchos tramos, con reducido radio de curvatura, puentes de poca capacidad de soporte y mayormente sin redes de drenaje, las vías existentes con mal funcionamiento (colapsadas, rotas o en desuso). En general, las vías necesitan ser rehabilitadas, mejoradas y conservadas para brindar un buen servicio.

En este contexto, la integración longitudinal y transversal del departamento de Junín se desarrolla a través de una red vial que tiene una longitud de 12 049.4 km, de los cuales solo el 10.4% se encuentra pavimentada, el 88.6% sin pavimentar y el 1.0% proyectada (Cuadro 2.7).

Cuadro 2.7

Infraestructura vial existente por departamento

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					
		Asfaltada	Solución Básica	Afirmada	Sin afirmar	Trocha			
Red vial nacional	16	755.2	215.4	298.60	0.0	416.9	1686.1	65.00	1751.1
Red vial departamental	11	67.7	0.0	727.9	0.0	38.2	833.8	52.9	886.7
Red vial vecinal	529	219.40	0.0	3129.5	2866.2	3196.5	9411.60	0.0	9411.6
Total	556	1042.3	215.4	4156.00	2866.2	3651.6	11931.5	117.90	12049.4

Fuente : Provías Nacional/OPEI/SGP, DGCF, 2017.

Red vial nacional. El departamento de Junín tiene una red nacional de 1686.1 km, de los cuales 970.6 km (57.6%) están pavimentadas, 298.6 km (17.7%) están afirmadas y 416.9 km (24.7%) son trochas. Siendo la vía de mayor tráfico la ruta de la Oroya al abra Anticona, esta vía es la unión del tráfico de las demás vías nacionales que cruzan por el departamento de Junín debido a que es un eje de integración.

Junín constituye el primer eje dinámico, encontrándose en esta zona la cuenca del Mantaro. Se ubican las principales ciudades como Huancayo, Jauja, La Oroya, Junín, Tarma, cuyos niveles de integración son estrechos en especial en relación con sus actividades económicas: agrícolas, pecuarias, turísticas e industriales. Este espacio cuenta con una gran rama de infraestructuras viales, un aeropuerto internacional, dos

terminales ferroviarios. Estas rutas son La Oroya-Carhuamayo, La Oroya-Huancayo-Huancavelica, La Oroya-Tarma, Huancayo-Chupaca-San José de Quero-Lima.

Otro eje dinámico comprende las provincias que se extienden a lo largo de los ríos Ene, Tambo, Tarma y Perené. Se ubican las ciudades de San Ramón, La Merced, siendo esta última la ciudad más importante de la selva, por ser dinámica. Las principales rutas son Tarma-Villa Rica, Concepción-Comas-Satipo, Satipo-Puerto, Ocopa-Atalaya (Ucayali), Satipo-Ipoki-Perené-La Merced-Oxapampa, Satipo-San Martín de Pangoa, Mazamari-Cubantia. Estas vías se articulan con Pasco a través de la carretera Villa Rica-Puerto Bermúdez y Villa Rica-Oxapampa-Pozuzo.

Red vial departamental. Cuenta con 833.8 km de los cuales el 8.1% (67.7 km) corresponde a asfaltado, el 87.3% (727.9 km) a afirmado y el 4.6% (38.1 km) a trocha.

Comprende las rutas Huancayo-Acopalca-Panti, Runatullo-pampa-Andamarca-Pomabamba, Jauja-Quero-Monobamba-San Ramón, Junín-Ondores-Cerro de Pasco (Pasco), San Pedro de Cajas-Santa Bárbara de Carhuayan-Alpamarca, Huari-Huay Huay-Yauli (59.7 km), Conocancha-Santa Bárbara de Carhuayán-Alpamarca (78.5 km), Jauja-Picoy-Acobamba, Junín-Ondores-Pari-Lipamayo (52.6 km), Carhuamayo-Ulcumayo-Chuco-El Tingo (58 km), Julcan-Molinos-Quero-Curimarca (96.5 km), Curimarca-Vitoc-San Ramón-Huatucacho-Cercapuquio-Huancavelica.

Red vial rural-vecinal. Está conformada por 9411.6 km de caminos rurales que vinculan los distritos y caseríos con las capitales provinciales. De este total, el 2.3% (219.4 km) se encuentra asfaltado, el 33.3% (3129.5 km) afirmado; el 30.5% (2866.2 km) sin afirmar, con material de río o cantera sin especificaciones técnicas, tendido en la vía y compactado por el mismo tránsito existente; el 33.9% (3196.5 km) son trochas carrozables, las que presentan un estado de transitabilidad bastante malo. Gran parte de su infraestructura vial es afirmada y se encuentra en mal estado.

Debido al desarrollo de nuevos nodos de producción y movimientos económicos, algunas vías consideradas vecinales

deberían cambiar a categoría departamental, debido a que unen a estos nuevos mercados para el intercambio de especies agrícolas, ganaderas y otros con el resto del departamento, como es la ruta Aconbamba-Huasahuasi. Las rutas desde Mazamari hacia las comunidades nativas tienen una alta tasa de crecimiento, principalmente de las 174 comunidades nativas en todo el recorrido del río Ene. Debido a la ineficiente infraestructura vial, estas comunidades se encuentran desintegradas de las ciudades con mayor dinamismo en este ámbito.

2.4.2 Transporte fluvial

El transporte fluvial se lleva a cabo con más incidencia en la zona de la selva central por la gran producción agrícola, maderera y ganadera que se da en el lugar; la falta de vías de penetración a estas zonas obliga a utilizar balsas para el transporte de los productos, arriesgando muchas veces vidas humanas y la pérdida económica dado que este transporte no es seguro.

En esta región muchas localidades carecen de carreteras y aeropuertos, es por eso que una de las vías más importantes se hace por medio de transporte fluvial. Los principales puertos fluviales (Cuadro 2.8) están constituidos por Puerto Ocopa en la confluencia de los ríos Perené y Ene, Puerto Prado que se ubica entre los ríos Ene y Perené, Puerto Pichanaki en el río Perené, Puerto Ipoki entre los ríos Ipoki y Chanis, Puerto Cutibireni en el río Ene, Puerto Porvenir en el río Ene, Puerto Poyeni en el río Ene, Puerto Boca Mantaro en la confluencia de los ríos Mantaro y Apurímac, Puerto Rico en el río Ene, Puerto Ashananga en el río Ene. Son muchos los ríos navegables en la selva peruana, pero los principales son el Tambo y Ene; estos ríos pueden admitir el tráfico de embarcaciones con un tonelaje máximo de 10 000 TM. Las principales embarcaciones que discurren por los ríos de la selva son las que siguen:

- Pequepeques: son canoas con motor estacionario, que se han convertido en el medio de transporte masivo de carga menor a 300 kg y 30 pasajeros como máximo.
- Embarcaciones pesadas: son barcos de carga o llamados "chatas", que discurren por los ríos de gran caudal transportando hasta 300 personas; su capacidad máxima es de 20 TM.

Cuadro 2.8
Características de los puertos

Puerto	Tipo de Puerto	Tipo de embarcación Máx. Permissible	Tipo de carga que moviliza	Frecuencia de viajes	Otras características
Ocopa	Fluvial	Lancha, chata, pequepeque	Madera, fruta	Afluencia del público	Transporte de vehículos de una orilla a otra.
Prado			Pase		
Pichanaqui			Fruta, pase		
Ipoki			Fruta, pase		
Cutibireni			Fruta, pase		
Porvenir			Fruta, pase		
Boca Mantaro			Fruta, pase		
Rico			Fruta, pase		
Ashaninga			Fruta, pase		

Fuente: DRTC-MTC, 2014.

2.4.3 Transporte ferroviario

Una de las modalidades de transporte que tiene Junín es a través de la vía férrea. Sin embargo, el interés por el uso de este medio

de transporte cada año es menor. En cuanto a la infraestructura ferroviaria se muestra en el Cuadro 2.9.

Cuadro 2.9
Infraestructura Ferroviaria Por Empresa, Tramo Y Longitud Según Régimen De Propiedad, 2010-2014

Titularidad	Empresa O Entidad Y Tramo	Longitud (Km) 1/				
		2010	2011	2012	2013	2014
Público no concesionado	TOTAL	639.2	639.2	639.2	639.2	639.2
	Ministerio de Transportes y Comunicaciones	128.7	128.7	128.7	128.7	128.7
	Huancayo - Huancavelica	128.7	128.7	128.7	128.7	128.7
Público concesionado	Ferrovías Central Andina	489.6	489.6	489.6	489.6	489.6
	Callao - La Oroya 2/	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
	La Oroya - Huancayo	124.0	124.0	124.0	124.0	124.0
	La Oroya - Cerro de pasco	132.0	132.0	132.0	132.0	132.0
	Cut off (Callao-La Oroya)- Huascacocha 3/	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6
Privado	Cemento Andino	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6
	Caripa - Condorcocha 4/	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6
	Votorantim Metais	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
	Santa Clara - Cajamarquilla 5/	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3

1/ Se considera únicamente la vía férrea principal.

2/ La Oroya se encuentra en el km 222 de la vía Callao-Huancayo.

3/ Cut Off se encuentra en el km 206,167 de la vía Callao-Huancayo.

4/ Caripa se encuentra en km 25,534 de la vía La Oroya-Cerro de Pasco.

5/ Santa Clara se encuentra en el km 29,475 de la vía Callao-Huancayo.

Fuente: MTC - DGCF - Dirección de Ferrocarriles

Elaboración: MTC - OGPP - Oficina de Estadística

El transporte ferroviario Huancayo - Huancavelica fue empezado en 1908 y puesto en servicio el año 1926, se llegó a construir algunos kilómetros rumbo a Castrovirreyna y Ayacucho, pero luego fueron abandonados. Actualmente, se extiende con una longitud de 128.7 km. Opera con máquinas Alco Diesel.

Realiza esencialmente el servicio de transporte de carga y pasajeros en trenes, recorriendo las localidades de Manuel Tellería, Izcuchaca, Mariscal Cáceres, Acoria, Yauli y Huancavelica como estaciones principales (Cuadro 2.10); además, se tiene 16 paraderos intermedios a través de los cuales se desplazan los pasajeros y la carga. El servicio de pasajeros está clasificado en:

Cuadro 2.10
Estaciones principales

Nombre	Ubicación	Altura m s.n.m.
Chilca	1.300 km	3229
Manuel Tellería	44.300 km	3008
Izcuchaca	67.600 km	2886
Mariscal Cáceres	76.760 km	2620
Acoria	94.700 km	3182
Yauli	112.460 km	3385
Huancavelica	128.200 km	3675

Durante mucho tiempo este ferrocarril representa el medio de transporte más importante de los pueblos quienes dependen básicamente de este para su desarrollo. Se le ha dado el nombre de "Tren Macho". La vía férrea está constituida por 27 desvíos, 15 puentes y 38 túneles a lo largo de todo su recorrido

Ferrocarril Lima-La Oroya-Huancayo. En el mes de febrero de 1908 se dio inicio a la construcción de este ferrocarril; en julio de 1918, el gobierno emitió un decreto para la continuación de los trabajos hasta 1919. En la actualidad solo se brinda servicio de turismo en esta ruta. A lo largo de la vía férrea de una extensión de 489.6 km y una inclinación global de 4.5°, se localizan 09 zigzag, 61 puentes y 68 túneles.

El terreno hostil y montañoso de la zona no permite ningún otro camino. A lo largo de este impresionante trayecto nos encontramos con dos puentes conocidos a nivel mundial: el puente Carrión y el Infiernillo. En Ticlio, localizado a mitad de camino entre Lima y Huancayo, se encuentra el punto ferroviario más alto del mundo: 4829 msnm. Después de este punto, la vía férrea continua cuesta abajo hasta llegar a Huancayo.

Otro recorrido de La vía férrea Lima - La Oroya - Huancayo atraviesa la estación de La Galera situada a 4781 msnm. Es la estación más alta del mundo. Durante la época en que el ferrocarril era utilizado como medio habitual de transporte, viajar resultaba muy difícil para los pasajeros, quienes a menudo sufrían el llamado "soroche", el mal de la altura. Tanques de oxígeno eran puestos a disposición de los viajeros para compensar la falta de oxígeno en las alturas. Además, los problemas técnicos eran muy frecuentes y a menudo hacia el viaje más lento que el de costumbre.

2.4.4 Transporte aéreo

La principal infraestructura aérea regional la conforma el Aeropuerto de Jauja "Francisco Carle" destinada al movimiento de pasajeros y carga de carácter interregional (Lima). Se encuentra complementada con otros aeropuertos o campos de aterrizaje localizados al interior del departamento. Según la Dirección General de Aeronáutica Civil (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017a) solo se encuentran autorizados los aeródromos de Mazamari, Los Misioneros, Cutivireni, y los helipuertos Mapi y Mashira (Cuadro 2.11).

A pesar de que el aeropuerto Jauja fue modernizado y mejorado para atender un mayor flujo de vuelos en 1998, el comportamiento del arribo de pasajeros en el aeropuerto de Jauja en el periodo 1995-1999 tuvo una tendencia decreciente de 3257 a 36 pasajeros al año. Según información proporcionada por la Oficina departamental del Instituto Nacional de Estadística e Informática, similar tendencia tenemos en las salidas: de 2829 pasajeros en 1995 baja a 32 en 1999; esto se debe al costo elevado en el servicio. El transporte aéreo no ha tenido gran acogida en el departamento en la zona de la sierra por la existencia de vías de acceso en buen estado y el costo de pasajes menores, y en la selva central por la autorización de vuelos militares para el transporte de pasajeros y carga. Recientemente han sido suprimidos algunos horarios por razones de escasa demanda de pasajeros/carga. Este nodo ha sufrido un serio retroceso, y solo se da uno en fechas especiales de gran demanda de pasajeros y como medio de transporte turístico.

Cuadro 2.11
Características de los aeropuertos, aeródromos y helipuertos en el departamento de Junín

Tipo, Nombre y localización	Provincial/distrito	Estado	Dimensión Pista (m)	Tipo de pista	Tipo de avión máx. permisible	Uso	Escala	Administrador	Otras características
A. Aeropuerto Francisco Carle Jauja	Jauja/Sausa	Vigente	2810 x 45	Asfalto	PCN 30/F/C/XT Boeing-737 (Pasajeros) DC-8 (Carga)	Público	Nacional	Corpac S.A.	En 1998 fue modernizada y mejorada para atender un mayor flujo de vuelos.
B. Aeródromos									
1. Mazamari	Satipo/Mazamari	Vigente	1760 x 30	Asfalto	PCN 34/C/C/Y/T	Público	Regional	Corpac S.A.	
2. San Ramón	Satipo/Río Tambo	Cancelado	1000 x 30	Trat. Superf. Bituminoso	Avioneta	Público	Local	Corpac S.A.	
3. Cutivireni	Satipo/Río Tambo	Vigente	930 x 40	Grass	Avioneta	Público	Local	Comunidad Nativa de Cutivireni	
4. Los Misioneros	Satipo/Satipo	Vigente	570 x 18	Terreno natural	Avioneta	Privado	Local	Vicariato Apostólico de Puerto Maldonado	
5. Satipo	Satipo/Satipo	Cancelado	1180 x 30	Arcilla	Avioneta	Público	Local	Corpac S.A.	Puesta en servicio en 1996.
6. Puerto Ocopa	Satipo/Río Tambo	Cancelado	1200 x 30	Hierba	Avioneta	Privado	Local	Misión Puerto Ocopa	Fuera de servicio De mayor uso, desde hace más de 10 años.
7. Alto Pichanaqui	Chanchamayo/Chanchamayo	Cancelado	800 x 10	Arcilla	Avioneta	Público	Local	Concejo dist. Chanchamayo	
8. Chichireni	Satipo/Pangoa	Cancelado	250 x 20	Tierra/Hierba	Avioneta	Público	Local	Comunidad Chichireni: Instituto Lingüístico de Verán	
9. Potsateni	Satipo/Río Tambo	Cancelado	365 x 35	Arena/Grass	Avioneta	Público	Local	Comunidad Potsateni	
10. Poyeni	Satipo/Río Tambo	Cancelado	300 x 20	Arcilla/Arena	Avioneta	Público	Local	Comunidad Poyeni	
11. Uchubamba	Jauja/Masma	Cancelado	600 x 30	Arcilla/Arena	Avioneta	Público	Local	Comunidad Uchubamba	
C. Helipuerto									
1. Mapi	Satipo/Río Tambo	Vigente	22 x 22.3	Duroplástico	Helicópteros M17 y similares	Privado	Local	Repsol Exploración Perú S.A. Sucursal del Perú	
2. Mashira	Satipo/Río Tambo	Vigente	21 x 20	Duroplástico	Helicópteros Bell 214 y similares	Privado	Local	Repsol Exploración Perú S.A. Sucursal del Perú	
3. Vado Oroya	Yauli/La Oroya	Cancelado	330 x 55	Terreno natural mejorado	Helicópteros Bell Tectron 412EP	Privado	Local	DOE RUN Perú	

2.5 ACTIVIDAD MINERA

La minería aporta el 10.6% del valor de la producción de Junín y ocupa el sexto lugar, aunque su relevancia es mayor puesto que en el departamento existen plantas metalúrgicas, cuya producción se contabiliza en el sector manufacturero; finalmente, aparecen construcción (7.2%), servicios gubernamentales (6.8%), electricidad y agua (4.5%), restaurantes y hoteles (2.4%), y pesca (0.1%).

Según la Escuela de Expectativas Macroeconómicas llevada a cabo en junio del año 2008 por el Banco de Reserva del Perú (BCR), las empresas en Junín reportaron inversiones por US\$ 374.2 millones, monto que equivale al 6.3% del total reportado a nivel nacional y es el cuarto más alto, solamente superado por las inversiones en Lima, Ica y Arequipa.

Junín produce minerales polimetálicos, destacando la plata y el plomo (tercer productor de ambos) y el zinc (cuarto productor nacional). El desarrollo de nuevos proyectos que aprovecharán esas reservas se encuentra muy activos. Entre las minas en construcción figuran Corihuarmi (oro), a cargo de una empresa australiana; en tanto que en exploración se encuentra Azulcocha

(zinc), a cargo de una empresa canadiense. El más importante es Toromocho (cobre), cuya construcción ha sido firmada por Chinalco, empresa estatal China, que invertirá alrededor de US\$ 2 000 millones.

Según el Ministerio de Energía y Minas, Junín tiene registradas 148 empresas mineras en Junín; de ellas 67 pertenecen al régimen general (compañías grandes y medianas), 58 son pequeñas y 23 se dedican a la minería artesanal, de las cuales 16 se encuentran en operación y 7 en exploración (Cuadro 2.12 y Figura 2.4).

En cuanto a la industria la principal actividad del sector es la refinación de metales que se desarrolla en el complejo metalúrgico de la Oroya (capital de la provincia de Yauli), hacia donde llegan concentrados de zinc, cobre, plomo y plata procedentes de las minas ubicadas en Junín, Pasco y Huancavelica. Este complejo fue privatizado por el Estado peruano y adquirido por la estadounidense Doe Run, que se comprometió en invertir en reducir la contaminación que provocan las operaciones. La segunda actividad manufacturera importante en Junín es la producción de minerales no metálicos, especialmente el cemento y mármol.

Cuadro 2.12
Unidades en operación y proyectos en exploración en la región Junín

Mina	Empresa	Mineral principal	Estado
Alpamarca	Volcán Compañía Minera	Cobre, zinc, plata, plomo	Operación
Andaychagua	Volcán Compañía Minera	Cobre, zinc, plata, plomo	Operación
Anticona	Compañía Minera Argentum	Plata	Operación
Austria Duvaz	Sociedad Minera Austria Duvaz	Cobre	Operación
Azulcocha	Azulcochamining	Zinc	Exploración
La Oroya	Doe Run Perú	Cobre, zinc, plata, plomo	Operación
Carahuacra	Volcán Compañía Minera	Cobre, zinc, plata, plomo	Operación
Planta Condorcocha	Unión Andina de Cementos	Caliza, arcilla, hierro	Operación
Colqui Huarmi	Empresa Minera Paragsha	Zinc, plomo, plata y oro	Exploración
Encanto Blanco	Compañía Minera Agregados Calcáreos	Caliza	Operación
Heraldos Negros	Compañía Minera Los Chunchos	Zinc, plomo y plata	Operación
Mantaro	Mantaro Peru	Fosfatos	Exploración
Manuelita	Compañía Minera Argentum	Cobre, zinc, plata, plomo	Operación
María Julia	Aurífera Huachón	Oro	Exploración
Morada	Volcán Compañía Minera	Plomo	Exploración
Morococho	Compañía Minera Argentum	Cobre, zinc, plata, plomo	Operación
Palmapata	Compañía Minera San Ignacio de Morococho	Zinc	Operación
San Cristobal Unidad Yauli	Volcán Compañía Minera	Cobre, zinc, plata, plomo	Operación
San Vicente	Compañía Minera San Ignacio de Morococho	Plomo y zinc	Operación
Santa Rosa	Minera Sinaycocha	Plomo y zinc	Operación
Suitucancha	Volcán Compañía Minera	Plomo y plata	Exploración
Ticlio	Volcán Compañía Minera	Cobre, zinc, plata, plomo	Operación
Toromocho	Minera Chinalco Perú	Cobre	Exploración

Fuente: Ministerio de Energía y Mina.

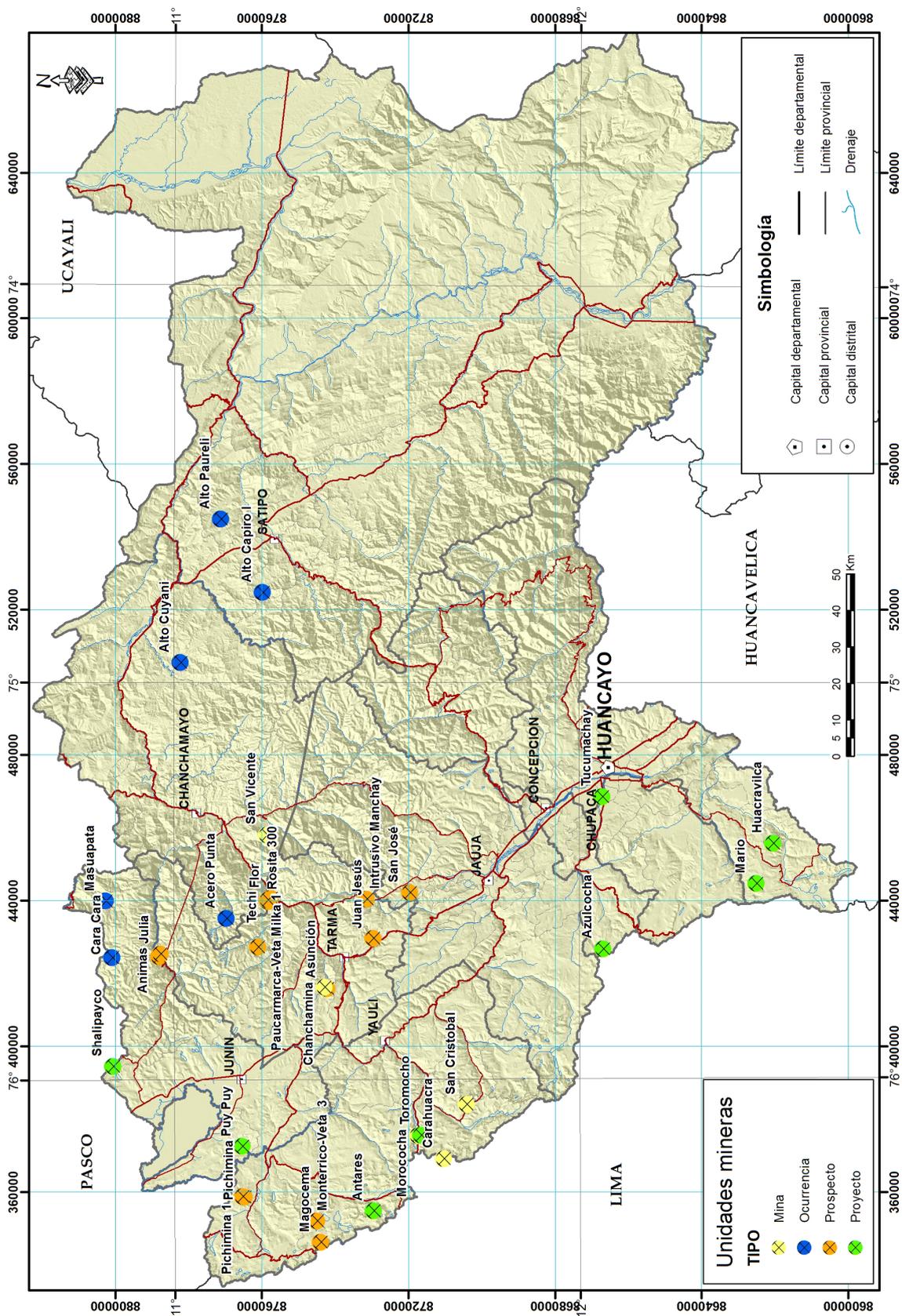


Figura 2.4 Unidades mineras en el departamento de Junín.

2.6 CLIMA

Junín se ubica en una región de transición entre los Andes y la Amazonía. Su geografía comprende de montañas, nevados, mesetas altoandinas, lagunas, valles y selva tropical. Su territorio incluye una diversidad de climas desde las gélidas punas y glaciares hasta las cálidas junglas de la selva alta, de bosques densos, húmedos y cubiertos de nieblas.

El clima del valle del Mantaro y el territorio de Junín es muy peculiar. Está ubicado sobre los 3200 m s.n.m.; es seco de mayo a octubre y con lluvias de noviembre a abril, con una precipitación anual entre los 700 l/m² y 1000 l/m² (SENAMHI, 2010a).

Según la clasificación de Thornthwaite (Figura 2.5), corresponden a la región de Junín los siguientes tipos de climas:

B(i)D'H₃: zona de clima lluvioso, semifrío con humedad relativa entre 65% y 84%, seco en invierno. Este clima se encuentra en las zonas andinas entre los 2500 y 3500 msnm. Corresponde este tipo climático a lugares como Marcapomacocha, Junín, Morococha, y las zonas altas de las provincias de Yauli, Junín, Jauja, Chupaca y Huancayo.

B(i)F'H₂: zona de clima polar, frígido y seco, ubicado en localidades sobre los 4500 m s.n.m. Corresponde este tipo de clima a los lugares de nieves perpetua.

B(o, i)C'H₃: zona de clima frío, lluvioso y húmedo, con moderada humedad relativa comprendida entre 65% y 84%, seco en otoño

e invierno. Corresponde este tipo climático a los valles de las provincias de Yauli, Junín, Tarma, Jauja, Concepción, Chupaca, Huancayo y partes altas de Satipo.

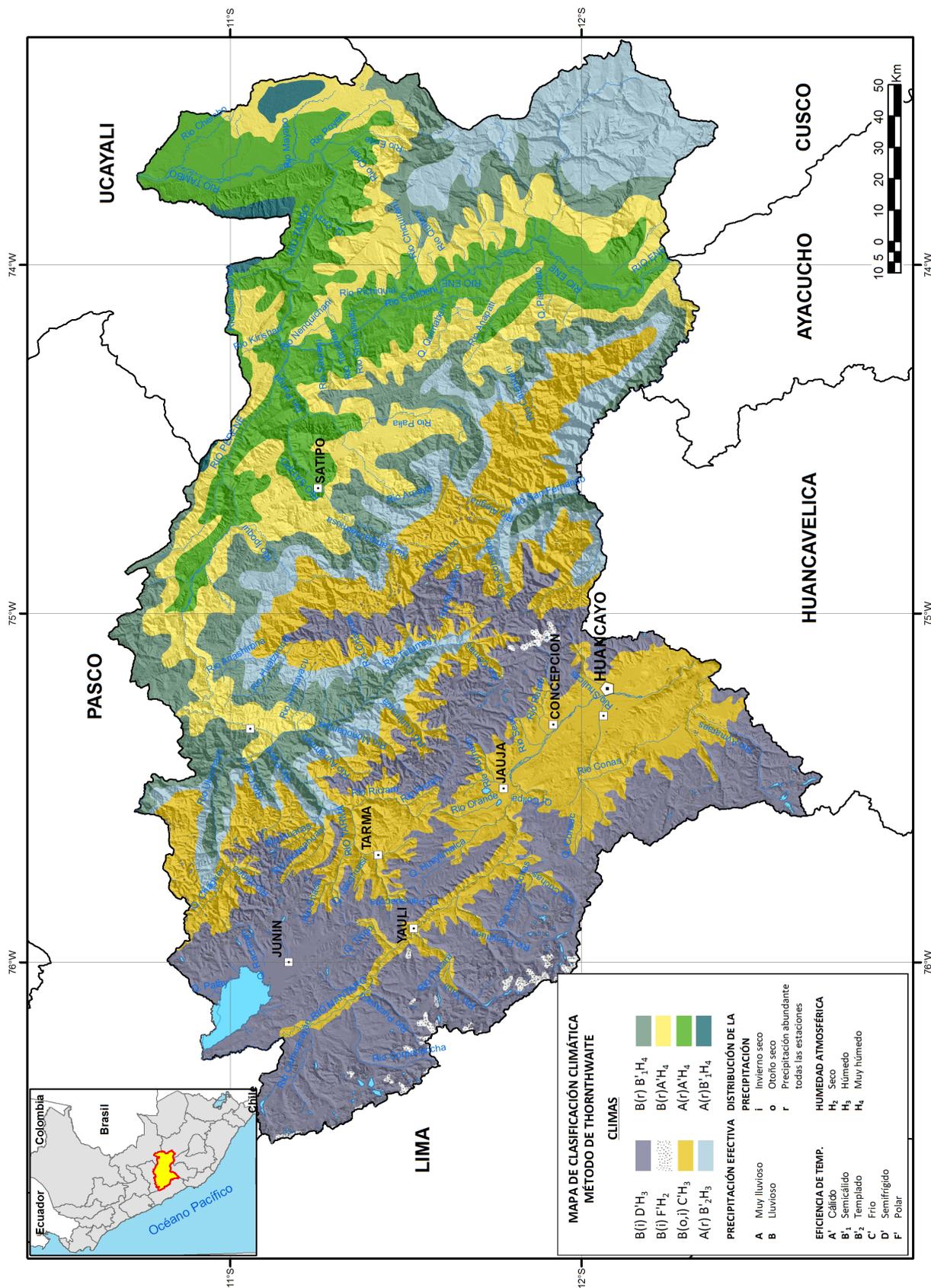
A(r)B'₂H₃: zona de clima templado muy lluvioso, con precipitaciones abundantes en todas las estaciones del año, con humedad relativa calificada como húmeda, Corresponde este tipo climático a las zonas altas de las provincias de Chanchamayo y Satipo.

B(r)B'₁H₄: zona de clima semicálido, lluvioso, con alta humedad relativa y abundante lluvia en todas las estaciones del año. Corresponde este tipo climático a las zonas de selva alta de La Merced y Satipo.

B(r)A'H₄: zona de clima cálido, lluvioso, con precipitaciones abundantes en todas las estaciones del año, con alta humedad relativa. Corresponde este tipo climático a lugares como San Ramón, La Merced, Puerto Ocopa y Satipo, entre otros.

A(r)A'H₄: zona de clima cálido muy lluvioso, con precipitaciones abundantes en todas las estaciones del año, con alta humedad relativa. Corresponde este tipo de clima a lugares como los valles del río Ene y Tambo, la ciudad de Satipo, entre otros.

A(r)B'₁H₄: zona de clima semicálido muy lluvioso, con precipitaciones abundantes en todas las estaciones del año, con alta humedad relativa. Corresponde este tipo climático a al suroeste de Atalaya (Ucayali) límite con Junín.



2.6.1 Temperatura y humedad

Las temperaturas extremas (máximas y mínimas) varían básicamente por la altitud y la cobertura nubosa, que, en general, se incrementan de oeste a este. El rango anual de variación de las temperaturas máximas es pequeño (2 °C); mientras el de las mínimas es de aproximadamente 8 °C, como en las localidades de Laive, Jauja, Huancayo y Tarma. Las temperaturas de congelación se producen generalmente después de la medianoche; son más frecuentes y alcanzan valores más bajos en localidades ubicadas sobre los 4000 msnm, donde se presentan temperaturas de -5 °C o menos, sobre todo durante los meses de invierno (junio-agosto). En esta época del año, el cielo durante el día y la noche presenta nubosidad escasa o está despejado, con poco vapor de agua en la atmósfera, debido a que predominan los vientos secos del oeste o del noroeste en los niveles medios y altos de la atmósfera. Estas características originan la pérdida de energía por la superficie durante la noche. La sequedad de los suelos y la escasa cobertura vegetal también contribuyen a la ocurrencia de temperaturas nocturnas de congelación.

En la selva alta (provincia de Satipo y Chanchamayo), las temperaturas máximas durante todo el año superan los 30 °C, a excepción de los periodos o días con lluvias continuadas. Las temperaturas mínimas en esta región oscilan alrededor de los 18 °C.

2.6.2 Precipitación

Según el mapa de isoyetas de precipitación anual acumulada (SENAMHI, 2010b), en periodo lluvioso normal, en la región Junín, las lluvias varían entre 1200 y 2400 mm; mientras que con presencia del Fenómeno El Niño (SENAMHI, 2010c) son menores a 1800 mm (Figura 2.6).

En la sierra, las lluvias son frecuentes de diciembre a marzo, y un factor muy importante que influye decisivamente en las cantidades de lluvia en una localidad es su ubicación respecto de los vientos húmedos del noreste o del este, es decir, si está a barlovento o a sotavento. La provincia de Tarma es un ejemplo paradigmático; por estar ubicada a sotavento de los vientos húmedos del este, noreste o sureste, registra lluvias en menor cantidad (aprox. 380 l/m² al año, a diferencia de Jauja o Huancayo, donde se precipitan 750 l/m² al año, a pesar de estar ubicadas a altitudes similares). Sobre los 4500 m s.n.m, las nevadas son frecuentes, e incluso se producen periodos cortos de precipitación en forma de agua nieve, tormentas acompañadas con granizo, descargas eléctricas y truenos. Los vientos se intensifican de mayo a setiembre; asimismo, la sequedad atmosférica se incrementa en este periodo.

En la selva, las precipitaciones son copiosas, llegando a superar los 2000 l/m² al año. Como en toda la selva, los meses más lluviosos son los de diciembre a marzo, incrementándose gradualmente en frecuencia desde agosto. A partir de abril, se observa un descenso abrupto de lluvias, debido al cambio de dirección de los vientos alisios sobre la Amazonía, es decir, cuando estos vientos comienzan a tener una persistente e intensa componente sur, en tanto que los vientos sobre la cordillera empiezan a ser del oeste.

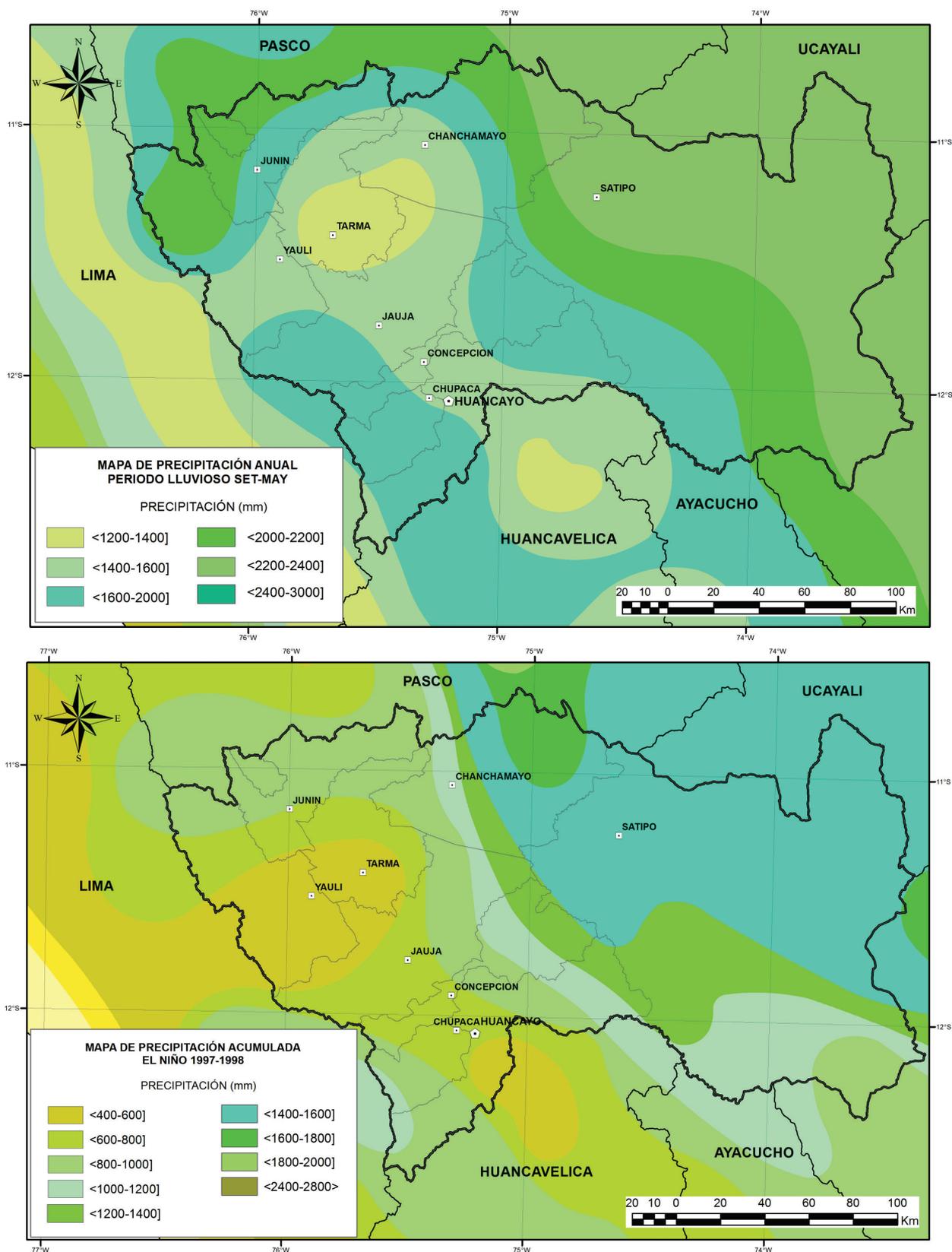


Figura 2.6 Mapa de isoyetas para el periodo lluvioso, setiembre-mayo (arriba) y con presencia del Fenómeno El Niño 1997-1998 (abajo). Fuente: SENAMHI, 2010b y c.

2.7 HIDROGRAFÍA

El departamento de Junín se encuentra atravesado por el río Mantaro, que tiene su origen en la unión del río San Juan, procedente de Pasco, con las aguas que sirven para drenar el lago Junín. El río sigue su curso cruzando la ciudad de La Oroya, para atravesar el valle del Mantaro, abastecer a las centrales hidroeléctricas de Santiago de Antúnez de Mayolo y Restitución-Hidroeléctrica del Mantaro (Huancavelica), hasta confluir con el río Apurímac y formar el río Ene. Otros ríos importantes son Tulumayo, Chanchamayo y Perené, que al confluir este último con el río Ene forman el río Tambo, el que dará origen al río Ucayali.

En el territorio del departamento de Junín existen aproximadamente 2647 lagunas. En el extremo norte se encuentra el lago Junín o Chinchaycocha, el segundo más importante del país. Las otras principales lagunas del departamento son Paca, Huacracocho, Lasuntay, Huaytapallana, Quillacocha y Yurajcocha.

Gran parte del territorio de Junín ha sido modelado por sus ríos y lagunas. Los principales ríos del departamento son Mantaro, Ene, Tambo, Chanchamayo y Satipo, que forman parte de las cuencas hidrográficas del Mantaro, Perené, Poyeni, Anapati, Cutivireni y 05 intercuenas, los mismos que pertenecen al sistema hídrico del Amazonas, que drenan sus aguas al océano Atlántico (Figura 2.7).

Cuenca del río Mantaro. Pertenecer a la vertiente Atlántica. Políticamente, se encuentra localizada en la zona centro, comprende territorios correspondientes a los departamentos de Ayacucho, Huancavelica, Junín, Lima y Pasco. En el departamento de Junín abarca las provincias de Junín, Yauli, Jauja, Concepción, Chupaca y Huancayo. Esta cuenca limita a norte con la del río Huallaga; al sur con la cuenca Pampas, al este con la del río Perené y Tarma; y por el oeste con la de los ríos Rímac, Chillón y Chancay. El río Mantaro nace en el lago Junín o Chinchaycocha, a 4090 m s.n.m, en una zona dominada por el nudo orogénico de Pasco. Presenta un área de drenaje total, hasta su desembocadura en el río Apurímac para conformar el río Ene de 34 546 km², una longitud máxima de recorrido aproximadamente de 724 km (ALA Mantaro, 2010).

Este se extiende por la parte oriental de la provincia de Satipo y sigue su curso hasta llegar a la selva alta del departamento. Se han identificado 229 represas o lagunas represadas. Asimismo, 25 centrales hidroeléctricas, 639 bocatomas, 224 canales principales y 64 pozos de explotación de aguas subterráneas (ANA, 2016).

Cuenca del río Ene-Perené. Pertenecer a la vertiente del Atlántico y se encuentra situada en la región central del país formando parte del departamento de Junín. Limita al sur con el Mantaro y el Apurímac, al norte con Pachitea y Ucayali y al este con Urubamba.

El río Perené se forma de la confluencia de los ríos Tulumayo y Chanchamayo; su curso discurre con dirección este hasta su confluencia con el río Ene para formar el río Tambo. Los afluentes de mayor importancia hidroeléctrica son los ríos Chanchamayo, Palca, Tulumayo, Oxabamba y Pangoa. Posee una población total de 670 980 habitantes distribuidos en el departamento de Junín (91.6%) el resto en el departamento de Pasco (8.4%). Tiene un área de 32 182 km², a 2229 m s.n.m, con una precipitación anual de 1170 mm/año. Se han identificado 19 lagunas represadas. Asimismo 17 centrales hidroeléctricas, 60 bocatomas, 60 canales de infraestructura mayor, 10 pozos de agua subterránea, de los cuales 8 son para uso industrial y 2 de uso recreacional (ANA, 2016).

Cuenca del río Poyeni. Pertenecer a la vertiente del Atlántico y se encuentra situado al extremo sureste del departamento de Junín. La cuenca Poyeni tiene un área 660.41 km² que corresponde al 1.49% de la región Junín. Está conformada por los ríos Ene y Tambo. El río Tambo es el más rico de la provincia, no solo por albergar en sus orillas las principales comunidades nativas, sino también por toda la riqueza animal y vegetal que conserva. Se origina en la confluencia de los ríos Perené y Ene. Sus afluentes son Mayapo, Poyeni entre otros.

Cuenca del río Anapati. Pertenecer a la red de la región hidrográfica del Amazonas y cuenta con un área de 1553.83 km².

Cuenca del río Cutivireni. Se encuentra en el flanco sureste de la región Junín, limita con la región Cusco. Tiene un área de 3049.79 km². Hasta el momento se han identificado 25 cascadas dentro del territorio de esta cuenca.

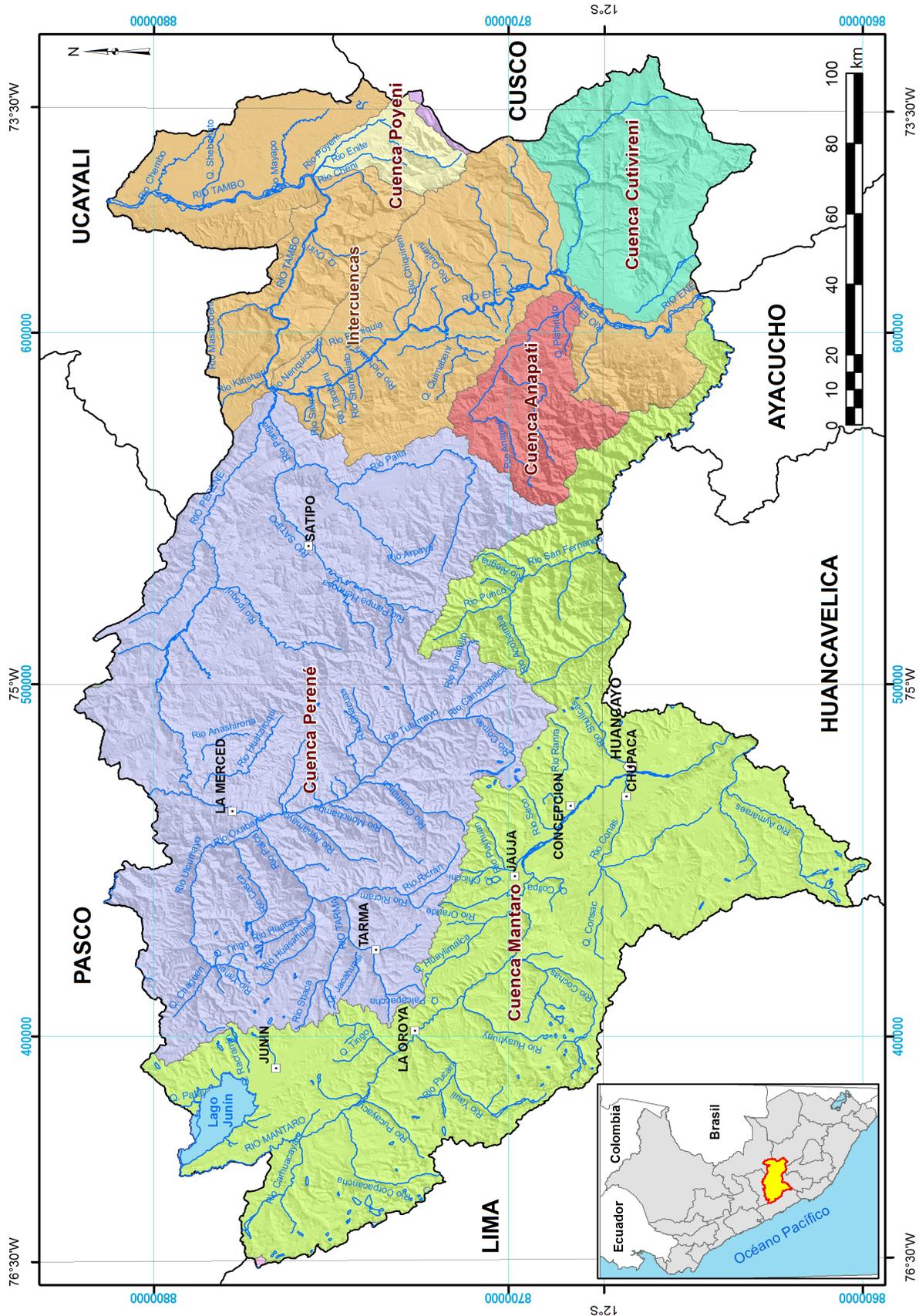


Figura 2.7 Principales cuencas y cursos hídricos en el departamento de Junín (Autoridad Nacional del Agua, 2016).

2.8 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 cuyo objetivo primordial es conservar la flora y fauna representativas de la selva baja y desarrollar programas de utilización racional de los recursos. Abarcan una superficie de 978 896.91 ha a nivel nacional.

En el departamento de Junín, destacan las siguientes ANP: el parque nacional de Otishi, por ser la más extensa con 305 973,05 ha, seguido de la reserva paisajista Nor-Yauyos-Cochas con 221 268.48 ha, la reserva nacional de Junín que abarca el lago Junín, las reservas comunales Asháninka y Machiguenga que se encuentra en la cuenca del río Ene, entre otros (Cuadro 2.13 y Figura 2.8).

Cuadro 2.13
Áreas Naturales Protegidas en la región Junín

Áreas Naturales Protegidas	Área (Ha)	%	Fecha De Creación	Ubicación Política	Base Legal
Total	1 080 395.06				
Parque Nacional					
Parque Nacional Otishi (PN10)	305 973.05	28.3	1/14/2003	Junín y Cusco	D.S. N° 003-2003-AG
Santuario Nacional					
Pampa Hermosa (SN07)	11 543.74	1.07	3/26/2009	Junín	D.S. N° 005-2009-MINAM
Santuario Histórico					
Chacamarca (SH01)	2 500.00	0.23	8/7/1974	Junín	D.S. N° 0750-1974-AG
Reserva Nacional					
Reserva Nacional de Junín (RN02)	53 000.00	4.91	8/7/1974	Junín y Pasco	D.S. N°0750-1974-AG
Reserva Paisajista					
Nor Yauyos-Cochas (RP01)	221 268.48	20.48	5/1/2011	Lima y Junín	D.S. N° 033-2001-AG
Reservas Comunales					
Reservas comunales Asháninka (RC04)	184 468.38	17.07	1/14/2003	Junín y Cusco	D.S. N° 003-2003-AG
Reservas comunales Machiguenga (RC05)	218 905.63	20.26	1/14/2003	Cusco y Junín	D.S. N° 003-2003-AG
Bosque de Protección					
Bosque de protección Pui Pui (BP03)	60 000.00	5.55	1/31/1985	Junín	R.S. N° 0042-1985-AG/DGFF
Área de Conservación Regional					
Huaytapallana (ACR-14)	22 406.52	2.07	7/21/2011	Junín	D.S. N° 018-2011-MINAM
Área de Conservación Privada					
Área de Conservación Privada Ilish Pichacoto (ACP76)	329.26	0.031	10/31/2014	Junín	R.M. N° 365-2014-MINAM

Fuente: SERNANP, INEI. Actualizado al 2015.

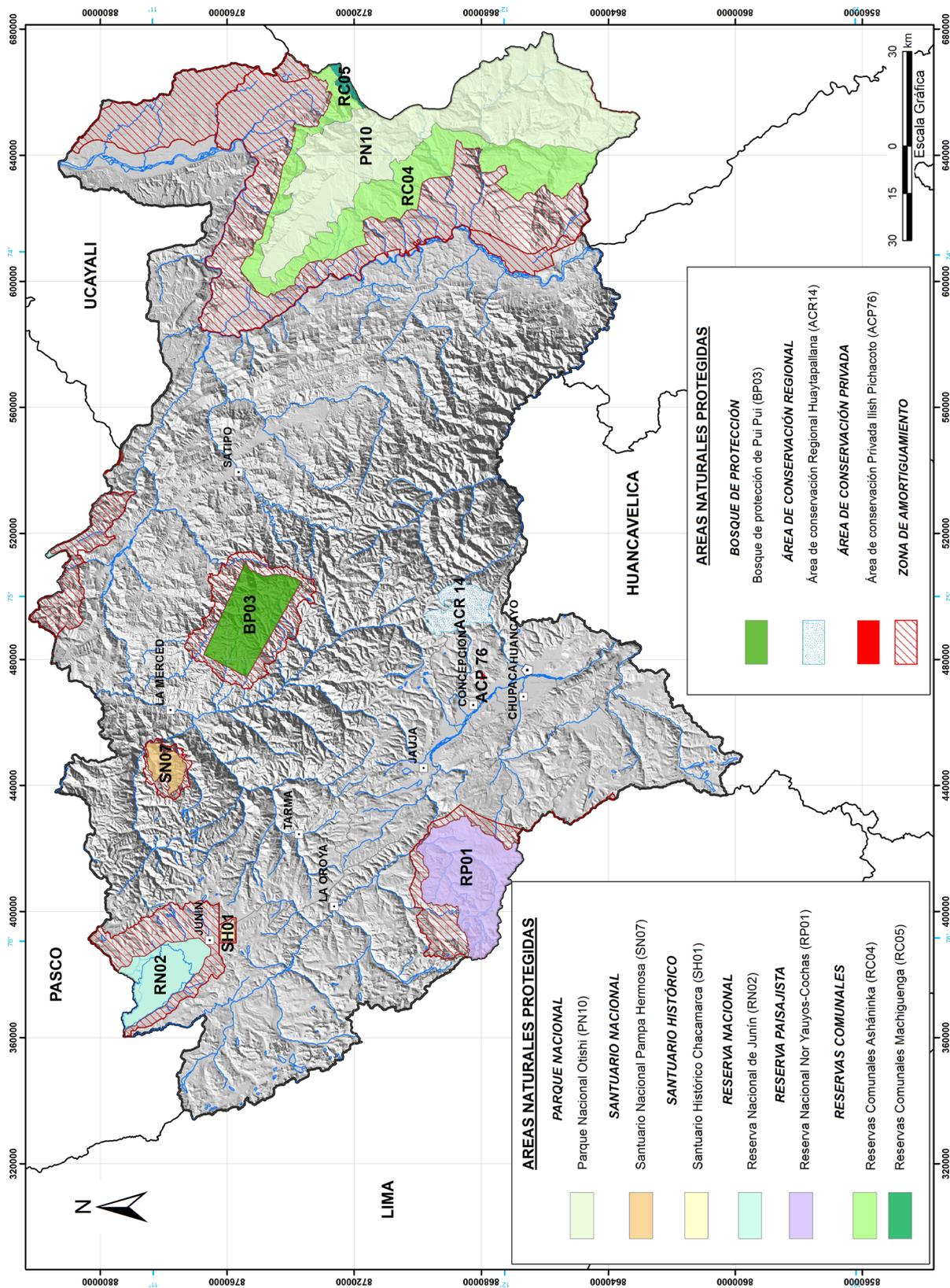


Figura 2.8 Áreas naturales protegidas en la región Junín. Fuente: (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, 2015).

2.9 COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELO

La importancia de la cobertura vegetal y uso del suelo con relación 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 Junín, habiéndose diferenciado 18 zonas con tipo de vegetación dominante y donde se ha considerado además la densidad o ausencia de vegetación (Mapa 1).

En la región Junín, 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 matorrales arbustivos, bofedales, zonas ocupadas por agricultura andina, plantaciones forestales y finalmente bosques relictos.

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

2.9.1 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 m s.n.m. 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 1.11% de la superficie total de la región.

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 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, como "chirapa sachá" y algunas ciperáceas y poáceas. Luego

aparecen especies de mayor porte como "caña brava", "pájaro bobo", "puca varilla", "cetico", "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 aguas de 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. Se observa un mayor desarrollo de las plantas, como la Hura, Calophyllum, Chorisia, Caryodendron, Drypetes, Sapium, Virola, Inga, Guatteria, Clarisia, Iryanthera, Ficus, Otoba, y algunas palmeras como Bactris, Phytelphas, Euterpe, Socratea e Iriarthea, entre otros.

En la región Junín, este tipo de vegetación se encuentra en el lado este (provincias Satipo y Chanchamayo), específicamente en las terrazas localizadas en ambas márgenes de los ríos Satipo, Tambo, Perené, Ene, Anapati y Arpaya. 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 a 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 Eschweilera, Dipterix, Ocotea, Brosimum, Apeiba, Hymenaea, Cedrela, Perebea, Hevea, Licania, Apeiba, entre otros (Perú. Ministerio del Ambiente, 2015).

Este tipo de vegetación se localiza en el lado noreste y sureste de la región Junín (provincia de Satipo), ocupando las terrazas y abanicos aluviales de quebradas que confluyen hacia los ríos Tambo y Ene. Ocupa el 1.24 % de la superficie total.

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, como “tornillo”, *Cariniana* sp., *Parkia* sp., *Platymiscium* sp., *Cedrela odorata*, “cedro”, “ubos”, “tortuga caspi”, *Matisia cordata* “sapote”, *Cordia* sp., *Ficus* sp., *Terminalia amazónica*, “catahua”, “shiringa”, “caimito”, “peine de mono”, entre otros. Se incluyen algunas palmeras, como *Iriartea deltoidea*, *Oenocarpus mapora* y *Astrocaryum chambira*.

Este bosque reporta un buen potencial forestal; sin embargo, la fuerte pendiente del terreno y la alta pluviosidad hace que sea altamente vulnerable a los procesos de erosión del suelo y que existan fuertes limitaciones para el aprovechamiento forestal maderable, aunque se pueden aprovechar 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 714.03 km² equivalente al 1.61% de la superficie total de la región Junín.

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, con una pendiente que varía de 15 a 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*, *Inga*, *Endicheria*, *Licaria*, *Nectandra*, *Ocotea*, *Grias*, *Batocarpus*, *Brosimum*, *Perebea*, *Pseudolmedia*, *Virola*, *Apeiba*, entre otros. Se incluyen las siguientes palmeras: *Astrocaryum*, *Iriartea*, *Jessenia*, *Socratea*, etc. Cabe anotar la presencia de “cañas silvestres” con diferentes grados de cobertura en algunos sectores de la Amazonía. En la región Junín se extiende en 435.32 km² que representa el 0.98% 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. Presenta una mayor extensión en de la región Junín equivalente al 37.18% del área total.

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.

Este tipo de vegetación se localiza de la parte central hasta el lado este de la región Junín (provincias Satipo, Chanchamayo, Huancayo y Jauja), tapizando las laderas del flanco oriental de la Cordillera Oriental y Faja Subandina. Ocupa una superficie muy extensa de 16 460.799 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 causado 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.

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente (2015) no se ha conseguido información sobre las especies vegetales comunes en este tipo de bosque; sin embargo, se realizó 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 103.69 km² equivalente al 0.23% de la superficie total de la región Junín.

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, y 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”. 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 representativas se tiene *Podocarpus* sp., *Ocotea*, *Persea* y *Nectandra*, *Cinchona*, *Cedrela*, *Alnus*, *Juglans*, *Weinmania*, *Ficus*, *Eugenia*, etc.

Este tipo de vegetación se localiza en la parte sur central de la región Junín de forma dispersa en la provincia Huancayo límite con Huancavelica, ocupando un área muy reducida de 0.068 km².

2.9.2 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, desde aproximadamente 1500 msnm hasta 3800 m s.n.m., hasta el límite de los pajonales naturales.

Por debajo de los 2500 m s.n.m., propician el desarrollo de asociaciones arbustivas que pierden totalmente su follaje durante el período seco del año, mezcladas con suculentas y herbáceas de vida efímera. Las especies arbustivas más comunes son el “huanarpo”, “huancoy”, “mito”, “maguey”, etc. Entre las cactáceas se tiene al “candelabro”, y el “gigantón”. Entre los 2000 a 3200 msnm, en los valles interandinos de la zona central, se tiene a la “chamana”, “lloque”, “chinchilcuma”, “yauli”, “maguey azul”, “huananhuay”, “marco”, “retama”, y cactáceas como “anjokishka”, “San Pedro”; algunas especies arbóreas de porte bajo y de manera dispersa, tales como el “faique”, “molle” y “tara”. Entre los rangos altitudinales de 3500 a 3800 msnm, existen mejores condiciones de humedad y menores valores de temperatura, lo que propicia el desarrollo de una mayor diversidad de especies arbustivas, entre las que se tiene al “chocho”, “tayanco”, “tola”, “manzanita”, “mutuy”, etc., así como arbolillos de *Oreopanax* sp., *Duranta* sp., *Escallonia* sp., entre otros.

Presenta una pequeña extensión dentro de la región Junín ocupando la planicie altoandina en el lado central occidental de la región; en el sector suroeste ocupa las vertientes de los valles de los ríos Mantaro, Conas, entre otros, y hacia el norte, las vertientes de los ríos Tarma, Palcamayo, Ulcumayo, entre otros. Ocupa una superficie de 1698.48 km², equivalente al 3.84% del área total.

2.9.3 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 msnm. Se extiende hasta los límites de las áreas de 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. 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), como la *Festuca*, *Stipa* y *Calamagrostis*; y el estrato inferior, conocido como vegetación de piso, conformado por hierbas que crecen pegadas al suelo de hasta 10 cm de altura, como la *Calamagrostis*, *Aciachne*, *Carex*, *Scirpus*, *Geranium*, *Agrostis*, *Muhlebergia*, *Eleocharis*, etc.

El pajonal constituye una fuente de forraje para camélidos 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 la región Junín este tipo de vegetación presenta gran distribución desde la parte central hacia el oeste de la región y ocupa una superficie de 14 632.69 km² equivalente al 33.05%.

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 período 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 479.27 km².

2.9.4 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 msnm. Se siembran árboles que conforman una masa boscosa y que tienen 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 los pinos y eucaliptos.

En la región Junín se presentan en forma dispersa y en pequeñas áreas, principalmente en la margen izquierda del río Mantaro, en las provincias Huancayo, Concepción y Jauja, por sectores. 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 como el sauce, huarango y molle que se extienden como angostas e interrumpidas franjas a lo largo de los cauces de los ríos y quebradas. Ocupa una superficie de 927.11 km², equivalente al 2.09% del total de la región.

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 389.65 km² equivalente al 0.88% de la superficie total de la región.

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 5799.31 km² equivalente al 13.10% de la superficie total de la región Junín.

2.9.5 Otras áreas

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

Periglaciar (Ap)

Este término fue introducido por Lozinski (1909), en sustitución de circunglaciar. 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.

Coberteras 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 Junín estas zonas se ubican en el lado occidental de la región las cuales forman parte de la Cordillera Occidental y valles interandinos como, por ejemplo, los cerros cuyas cimas conforman el límite regional con Lima; entre ellos se tiene a los cerros Mesapata, Maulo, Jircacancha, Nazareno, Huamantirpa, Potrero, Angahua, entre otros. Ocupan una superficie de 889.77 km² equivalente al 2.01%.

Glaciar (Gl)

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 firm, 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 es 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 Junín como, por ejemplo, en las cimas de los nevados Pariacaca, Huaytapallana, entre otros. Ocupan una superficie de 76.84 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 Junín se tienen grandes cuerpos de agua que conforman lagunas, considerada una de las más importantes a nivel nacional, la laguna Junín o Chinchaycocha. Entre otras lagunas también se tiene Paca, Huacracocha, Lasuntay, Huaytapallana, Quillacocha y Yurajcocha. En conjunto los cuerpos de agua ocupan una superficie de 528.35 km².

Áreas urbanas o de expansión urbana (Aur)

También denominada zona urbana; es la porción de territorio donde actualmente se desarrollan las ciudades importantes de la región Junín. Estas áreas se desarrollan sin control urbano. Incluyen 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 brindarían los servicios necesarios de manera de crear nuevas urbanizaciones habitables.

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: 18, 36, 44, 48, 69, 71, 77, 78, 85, 86, 95, 111, 118 y 120 de la Carta Geológica Nacional, a escala 1:100 000 (Mégard, 1968; Salazar, 1983; Salazar & Landa, 1993; Paredes, 1994; Mégard et ál, 1996; LAGESA – CFGS, 1996; Cobbing et ál, 1996; Monge et ál, 1996; S & Z Consultores Asociados, 1997; LAGESA – CFGS, 1997a; LAGESA – CFGS, 1997b; León & De la Cruz, 1998; Barreda & Cuba, 1998 y Monge et ál, 1998), las memorias descriptivas de la revisión y actualización de cuadrángulos a escala 50 000 y 100 000 (León et ál, 2000 y Quispesivana et ál, 2003) y los estudios “Riesgos Geológicos en el Perú - Franja No. 3” (Dirección de Geología Ambiental, 2003) y “Riesgos geológicos del Perú, Franja No. 4” (Fidel et ál, 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 división litológica para la región Ucayali realizada por Nuñez & Medina (2008), la cual limita con la región Junín y la especificación técnica DGAR-ET-004 2012: Leyenda y simbología de mapa litológico, elaborado por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2012). Para la elaboración de la clasificación de las unidades de rocas y suelos se consideró el grado de homogeneidad de las propiedades geomecánicas que indican la resistencia y susceptibilidad a los procesos de erosión y remoción en masa, tomándose en cuenta para su clasificación las siguientes características: el tipo de roca, la presencia de fracturas y fallas, el grado de meteorización, la presencia de agua subterránea y el 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 formada 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 Junín se han diferenciado siete tipos de materiales no consolidados que son producto de la meteorización, erosión y posterior acumulación. Esta unidad ocupa el 13.97% 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 residuales (I-1)

Los depósitos residuales son los derivados de la descomposición física y química de la roca in situ (proceso de meteorización intensa). No son suelos transportados, en parte conservan la estructura de la roca original. A ambos lados del río Mantaro, en las lagunas Ñahuinpuquio y Llulluchacocha, y en la quebrada Puyhuan observamos estos depósitos. Estos depósitos son poco comunes en la región Junín; abarcan menos del 0.1% del área.

Depósitos fluviales (I-2)

Los depósitos fluviales constituyen los materiales ubicados en el cauce o lecho de los ríos y/o quebradas, terrazas bajas inundables y llanura de inundación, constituidos por arenas gruesas a finas, cuarzosas, subredondeadas. Geomorfológicamente, están asociados principalmente a las llanuras de inundación, y son susceptibles a caídas de rocas y erosión fluvial. En los ríos Mantaro, Perené, Paucartambo, Ene y Anapatí y en la quebrada Ubiriqui quedan expuestos estos depósitos en periodos cuando baja el nivel de las aguas. Abarca una corta extensión de 205.15 km².

Depósitos coluviales (I-5)

Constituidos por escombreras, acumulaciones en la base de las laderas de los cerros compuestos de bloques angulosos con bastante matriz areno-limosa generados por desprendimientos (Fotografías 3.1 y 3.2). Estos depósitos se encuentran mayormente al este de la región Junín, en los alrededores de

los poblados de Llocllapampa, Tapo, Paca; en ambas márgenes del río Mantaro alrededor de los poblados Chacapalpa, Curicaca y Parco; y en ambas márgenes del río Canipaco alrededor de

los poblados Carhuacallanga, Colca, Chacapampa y Chicche, entre otros. Están asociados a deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos. Ocupan un área de 319.55 km².



Fotografía 3.1 Depósitos coluviales en el cerro Matichurco en el distrito Ulcumayo, en forma de canchales de detritos.



Fotografía 3.2 Depósitos coluviales suspendidos en la ladera del cerro Tambo, sector Rodeo.

Depósitos lacustrinos (I-6)

Conformados por limos, arcillas y material orgánico, con intercalaciones de gravas. Son depósitos que se encuentran a alturas mayores de los 4000 m s.n.m. Estos depósitos los

encontramos en las orillas del lago Junín o Chinchaycocha (Fotografía 3.3). Abarca una extensión de 128.21 km². Es una zona susceptible a inundaciones



Fotografía 3.3 Depósitos lacustrinos del lago Chinchaycocha, sector puente Chacachimpa con presencia de bofedales.

Depósitos morrénicos, 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 3800 msnm; se sitúan en el flanco oeste de la cordillera oriental. En conjunto, por su naturaleza, son susceptibles a flujos de detritos y derrumbes.

Depósitos químicos (I-10)

Son la acumulación de sales sulfatadas, cloradas y ácidos carbónicos silicatados, producto de procesos de solución y sedimentación, bajo la influencia de la evaporación y el enfriamiento. Están depositados en deltas, playas, lagos, curvas cársticas, etc. Incluye también depósitos de precipitación química (travertinos y sinters) asociados a aguas termales. Estos depósitos, dentro del departamento de Junín, en mayor

proporción, los encontramos en los alrededores de la ciudad de Tarma hacia Acobamba. Son susceptibles principalmente a los flujos de detritos.

Depósitos aluviales (I-14)

Son depósitos inconsolidados que han sido acumulados por la combinación de 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.

Litológicamente, están compuestos por gravas, arenas y limos, escasamente compactados. Los clastos son subredondeados a redondeados, como los que se observan en los ríos Curimarca, Tulumayo, Comas, Satipo, Ene, Perené, Andacancha y Mantaro (Fotografía 3.4), entre otros. Son susceptibles a flujos de detritos, a la erosión fluvial (socavamiento en el pie de terrazas); además, se producen algunos derrumbes y hasta deslizamientos pequeños en márgenes de ríos y quebradas.



Fotografía 3.4 Depósitos aluviales en la margen izquierda del río Mantaro, sector Paccha.

3.2.2 Substrato rocoso

Estas unidades 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 de cada una de ellas.

a) Unidad II: Rocas intrusivas

Las rocas intrusivas que afloran en la región Junín tienen una notable presencia en la parte central de la región en la cordillera central, ocupando el 16.81% del área total de la región y se clasificaron en cuatro subunidades, de acuerdo con sus características litológicas importantes:

Granitos y monzogranitos (II-1)

Afloramientos de topografía moderada a fuerte, de amplia distribución (13.61%) dentro de la región Junín representado por los monzogranitos de Ramyoc, Pacocochoa, San Ramón y Carrizal y los granitos de Huarcas (Fotografía 3.5). Su mayor exposición es en la parte central de la región, en el extremo occidental del cuadrángulo de La Merced (23m), en el extremo este del cuadrángulo de Satipo (23n) y al lado noreste de la hoja de Andamarca (24n).

Los peligros geológicos que se presentan en esta unidad son los derrumbes, deslizamientos, flujos de detritos y erosión de laderas.



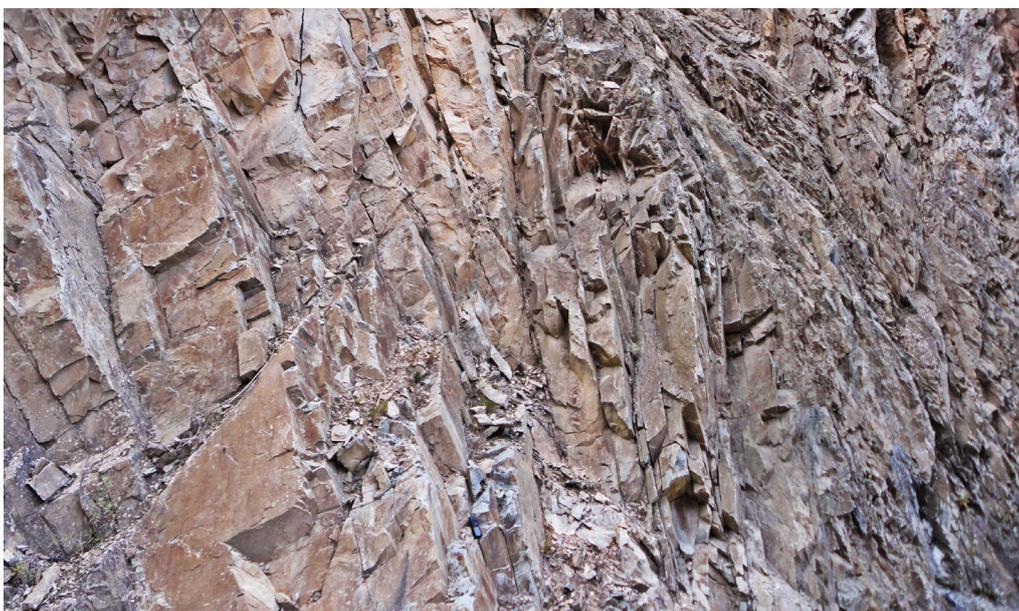
Fotografía 3.5 Granitos y monzogranitos de la Unidad San Ramón, en el km 0+250 de la carretera Puente Río Colorado-Casa Blanca, en la margen izquierda del río Colorado.

Adamelitas, granodioritas (II-2)

Afloramientos de topografía moderada representada por la granodiorita Tarma que aflora en el centro norte de la región con un área reducida de 524.86 km², en el lado suroeste del cuadrángulo de Ulcumayo (22i) y el lado este del cuadrángulo de La Merced (23m). Esta subunidad está asociada a derrumbes y erosión de laderas.

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

Constituyen intrusiones de dimensiones menores con relación a las anteriores, afloran 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, ocupando un área de 832.85 km². Están asociados a caída de rocas, derrumbes y vuelcos (Fotografía 3.6).



Fotografía 3.6 Afloramiento de tonalitas y granodioritas muy fracturadas de la Unidad Cayash en el cerro Auguimarca, talud superior de la nueva carretera Tingo-Huanchuyru (km 02+500).

Pórfidos hipabisales (II-4)

Constituido por pequeños cuerpos subvolcánicos (dacita-andesita) dispersos entre los cuadrángulos de Tarma (23I), Oroya (24I) y Jauja (24m) en la parte este de la región. Morfológicamente, aparecen como montañas de moderada pendiente y colinas. Esta subunidad abarca apenas el 0.09% del área de la región Junín.

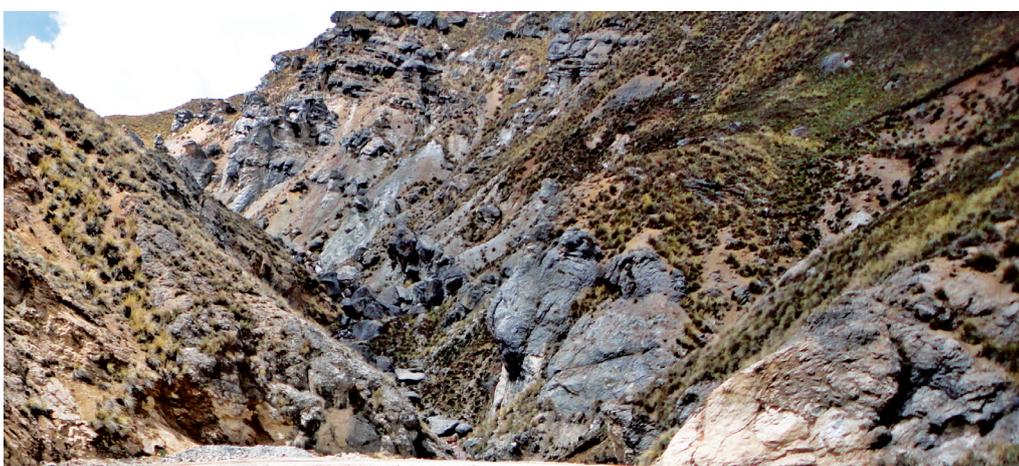
b) Unidad III: Rocas volcánicas

Consiste en una reducida exposición de rocas de tipo volcánico, su distribución es aislada y dispersa en el sector oeste de la región Junín; sus afloramientos son de poca dimensión, abarcan

el 1.07% de la superficie total de la región. Esta unidad se presenta muy meteorizada. Se les ha subdividido en tres grupos de acuerdo con cómo se presentan:

Tobas y piroclastos (III-1)

Constituidos por ignimbritas volcánicas de color blanco con brechas piroclásticas de la Formación Huayllay y tobas preferentemente líticas del Centro Volcánico Pariamachay (Fotografía 3.7); estos afloramientos los podemos observar en el límite noroeste de la región Junín con Pasco en los alrededores del poblado de Santa Bárbara de Carhuacayán, abarcando un área de 59.01 km².



Fotografía 3.7 Secuencia de tobas líticas del centro volcánico Pariamachay en la quebrada Huychun, km 183+500 de la carretera Canta - Cerro de Pasco.

Secuencia lávica (III-2)

Este subgrupo está representado por secuencias volcánicas de las Formaciones Pacococha y Chayllacatana, centro volcánico Pistamachay; sus afloramientos son reducidos (0.31%) y dispersos en el flanco oeste de la región Junín entre los 4000 y 4800 m s.n.m. Están constituidos por secuencia de lavas, andesitas y traquiandesitas, susceptibles a la ocurrencia de erosión de laderas y derrumbes.

Lavas y piroclastos (III-3)

Esta subunidad ocupa el 0.62% (271.13 km²) del área de la región Junín. Está representada por el Centro Volcánico Pacococha, constituido de la intercalación de tobas de cristales, lavas andesíticas afaníticas, brechas y tobas cristalolíticas; y piroclastos gruesos de composición andesítica con secuencias gruesas de lavas andesíticas púrpuras del Volcánico Calipuy en el límite noroeste con Pasco y Lima. Son propensos a procesos de caídas de rocas, erosiones en cárcavas, flujos de detritos y deslizamientos.

c) Unidad IV: Rocas volcánico-sedimentarias

Agrupan una serie de formaciones volcano-sedimentarias, dispersas al oeste y centro de la región Junín. Esta unidad ocupa el 4.54% del área de la región. Esta unidad se limita a dos subunidades:

Tobas y lavas dacíticas y traquiandesíticas intercaladas con areniscas, lutitas y conglomerados (IV-1)

Estos afloramientos se encuentran al oeste de la región en el límite con la región Lima, en los alrededores de los poblados de Marcapomacocha, Yanacancha, Chongos Altos. Consisten en tobas de cristales de coloraciones blanquecinas, travertinos (Formación Ingahuasi); y tobas, y lavas dacíticas y traquiandesitas (Formación Carlos Francisco). Abarcan una pequeña área de 138.28 km².

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 (Fotografía 3.8); intercalaciones de conglomerados, calizas, tobas y algunos horizontes de brecha volcánica de la Formación Yantac y la Formación Yanacancha con intercalación de flujos andesíticos, tobas, brechas y domos andesíticos porfiríticos.

Ocupa el 4.22% del área de la región Junín. Morfológicamente, se encuentran formando montañas de moderada o de fuerte pendiente, lo que lo hace susceptible a la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos y erosión de laderas.



Fotografía 3.8 Secuencia de tobas líticas del centro volcánico Pariamachay en la quebrada Huychun, km 183+500 de la carretera Canta - Cerro de Pasco.

d) Unidad V: Rocas sedimentarias

Las rocas sedimentarias conforman una importante extensión en la región Junín, cuyos afloramientos representan el 58.32% 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, las cuales son las siguientes:

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

Esta subunidad está expandida en toda la región, conformada mayormente por toda la secuencia del Cretácico inferior del grupo Goyllarisquiza. Es la subunidad que ocupa la mayor porción de área de la región con 22.99%.

Esta subunidad está compuesta por calizas en capas medianas, intercaladas con calizas nodulares alternadas con margas y areniscas; calizas arenosas, areniscas calcáreas en capas medianas (Fotografías 3.9 y 3.10). Las formaciones más representativas que pertenecen a esta subunidad son Celendín,

Chulec, Churumayo, Condorsinga, Pariatambo, Pariahuanca, Chambará, Chonta, Tarma y Aramachay (Grupo Pucará). Son susceptibles a las caídas de rocas, derrumbes, deslizamientos, flujos de detritos y erosión de laderas.



Fotografía 3.9 Afloramiento de calizas, lutitas carbonosas y limoarcillitas de la Formación Chonta, sector Bajo Picutuna.



Fotografía 3.10 Calizas grises de la formación Condorsinga en el cerro Quichcash Punta, km 28+060 carretera a San Pedro de Cajas

Areniscas y lutitas (V-2)

Esta subunidad está constituida por secuencias de limolitas, lutitas, areniscas cuarzosas, lentes de carbón, areniscas alternando con lutitas grises a limolitas rojiza del Grupo Goyllarisquizga de las Formaciones Jauja y Farrat; y lutitas

oscuras interestratificadas con areniscas pizarrosas fuertemente plegadas y estratificadas de la Formación Cabanillas (Fotografías 3.11 y 3.12).

Estos afloramientos se encuentran distribuidos a lo largo de toda la región Junín y ocupan un área de 3416.84 km² (7.82%).



Fotografía 3.11 Lutitas deleznales del Grupo Cabanillas, en el sector Rucubamba, distrito de Ulcumayo.



Fotografía 3.12 Afloramiento de lutitas y lodolitas de la Formación Jauja que sobreyace a una capa de microconglomerados, en el km 20+180 de la carretera Mito-Aco.

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

Conformada por secuencias de limolitas y lutitas grises a rojizas, alternando con areniscas feldespáticas y margas de las Formaciones Casapalca (Fotografía 3.13), La Merced, Sarayaquillo (Fotografía 3.14), Ucayali, Ipururo, Mataula y Cercapuquio. Areniscas cuarzosas en estratos gruesos con

estratificación sesgada, intercaladas con limolitas y lutitas que poseen regular contenido de materia orgánica de los Grupos Ambo y Oriente.

Esta subunidad aflora en el extremo oeste y oriente de la región Junín y abarca una extensión de 6737.70 km² que representa el 15.42% del total de la región. Son susceptibles mayormente a las caídas de rocas, deslizamientos y erosión de laderas.



Fotografía 3.13 Afloramientos de intercalaciones de areniscas, lutitas, limoarcillitas de colores rojizos de la formación Casapalca, sector Laquilanta, en el km 231+980 de la carretera Huancayo-San José de Quero.



Fotografía 3.14 Areniscas de grano grueso con intercalaciones de lodolitas de color marrón rojizo de la Formación Sarayaquillo.
A) en el km 17+500 de la carretera La Merced-Puente Paucartambo, confluencia de ríos Paucartambo y Etnas.
B) en el km 11+030 de la carretera Puente Paucartambo-La Merced.

Areniscas cuarzosas (V-6)

Constituidos por pequeños afloramientos dispersos de la Formación Vivían entre los cuadrángulos de Satipo (23-n), Puerto Prado (23-ñ), Quiteni (24-ñ) y Cutivireni (24-o); ocupan el 0.43% del área total de la región Junín. Morfológicamente, aparecen como montañas de moderada pendiente y colinas, lo que las hace susceptibles a derrumbes.

Calizas masivas (V-8)

Esta subunidad está constituida por calizas grises masivas en bancos medios a gruesos de la Formación Jumasha, muy resistentes a la erosión. Aflora en el sector oeste de la región en los cuadrángulos de Ondores (23-k), Matucana (24-k), La Oroya (24-l). Ocupa el 1.42% del área total de la región. Por su composición litológica es susceptible a derrumbes, caída de rocas y flujos de detritos producto de las erosiones de laderas.

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

Conformado por secuencias de areniscas rojizas, lodolitas y limoarcillitas de las Formaciones Río Tambo, Ene, Yahuarango y Grupo Huayabamba (Fotografía 3.15); limolitas, arcillitas rojizas y areniscas blanquecinas de gran fino de la Formación Yahuarango; areniscas de grano medio a fino de color rojizo con una matriz calcárea de la Formación Río Tambo.

Estos afloramientos se distribuyen en el sector oriente de la región, entre las hojas de Bajo Pichanaqui (22-n), Puerto Prado (23-ñ), Poyeni (23-o), Quiteni (24-ñ), Cutivireni (24-o) y Llohegua (25-o). Ocupa el 10.24% del área total de la región. Esta subunidad es susceptible a deslizamientos, derrumbes, flujo de detritos y erosión fluvial.



Fotografía 3.15 Limolitas y lodolitas de coloración violácea de la Formación Huayabamba, afloramiento en los cerros Camonashari, km 52+777 de la trocha Mazamari-Puerto Ocopa, en la margen izquierda del río Pangoa, distrito Río Tambo.

e) Unidad (VI): Rocas metamórficas

Están expuestas en forma restringida en la cordillera central y oriental de la región Junín, conformada por afloramientos del Complejo Marañón con una orientación NO-SE, Complejo Huaytapallana y la Formación Sandia. Esta unidad ocupa el 5.28% del área total y ha sido dividida en cuatro subunidades en las que se ha tomado en cuenta el tipo de litología que las constituye:

Esquistos y esquistos micáceos (VI-1)

Se encuentran conformando un relieve accidentado irregular con abundante material de escombros en los flancos y laderas, constituido por esquistos de color verde con lentes de cuarzo, esporádicamente presencia de gneis bandeados de los complejos Marañón y Maraynioc. Se observan principalmente en las hojas de Tarma (23-l), La Merced (23-m) y Jauja (24-m). Abarca 1853.05 km² de la región Junín. 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 se encuentran al centro sur de la región Junín, en la hoja de Jauja (24-m). Consisten en gneis de monzonitas, granodioritas y dioritas de la secuencia metamórfica Marairazo - Huaytapallana; morfológicamente, se encuentran conformando montañas de fuerte pendiente. Esta subunidad puede aparecer afectada por derrumbes, deslizamientos y erosión de laderas. Ocupa un área de 252,84 km².

Filitas y pizarras (VI-3)

Aflora en la localidad de Satipo, y en la parte sur de la región Junín límite con la región Huancavelica. Ocupa una pequeña área de 60.19 km². Está compuesto de filitas y esquistos de cuarzo, micas y de cloritas de la Formación Excélsior (Fotografía 3.16). Esta subunidad es susceptible a la ocurrencia de caídas de rocas y flujo de detritos generados por erosiones de laderas.



Fotografía 3.16 Afloramiento de pizarras y filitas del Grupo Excélsior en la localidad de Satipo. Actualmente, se extrae en una cantera.

Cuarcitas y Pizarras (VI-4)

Aflora en el límite con los departamentos Ayacucho y Cusco en la hoja de Llochegua (25-o) de la Formación Sandia

conformada por cuarcita metareniscas, lutitas y pizarras con nódulos calcáreos. Ocupa una pequeña área de 141.90 km². Esta subunidad es susceptible a caídas de rocas.

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 (formaciones superficiales). 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.

Para interpretar la geomorfología es necesario conocer previamente el clima (Capítulo 2), el punto de partida de la morfología actual en la región es la consideración del relieve como el resultado de la interacción de fuerzas, agentes y procesos endógenos (sismicidad y volcanismo); y exógenos (movimientos en masa), factores que controlan el modelado del relieve, factores tectónicos, volcánicos, bioclimáticos (deglaciación, fenómeno El Niño) y geomorfológicos.

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 Mantaro, Perené, Ene, Tambo y por sus tributarios Satipo, Tulumayo, Ulcumayo, Paucartambo, Quiteni, entre otros. 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, es usual en terrenos de pendiente de muy baja a baja.

El mapa de pendientes de la región Junín fue elaborado en base a los planos topográficos del Instituto Geográfico Nacional del Perú (IGN), a escala 1:100 000, con espaciamento 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); estos 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 5.47% del área de la región, las principales

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

zonas que se ubican dentro de estos terrenos son Puerto Anapati, Puerto Ocopa, Pampa Hermosa y Quempiri al sureste de la región; Nueva Nazaret, Quemasisija, Nueva Jerusalén al noreste (límite con la región Ucayali); Chilca, Huancán en la margen derecha del río Mantaro y la laguna Junín. Estos terrenos están sujetos a erosiones fluviales e inundaciones de tipo fluvial, pluvial.

Pendiente baja (1° - 5°)

En los terrenos ligeramente inclinados con baja pendiente se encuentran planicies antiguas y terrazas altas, conos deyeativos y zonas de lomadas y colinas bajas de La Faja Subandina; morrenas y depósitos fluvio-glaciares de la zona interandina. Se ubican en las localidades de Alegre al noreste de la región; El Milagro, Satipo, Los Angeles, Capiri, en los valles de los ríos Satipo y Capiri; valle del río Perené en el sector Bajo Pichanaqui, San Antonio (límite con la región Pasco), Huancayo, Chupaca, Tambo, Vista y en los alrededores de la laguna Junín. En estos terrenos se desarrollan ampliamente las zonas agrícolas. Comprende el 13.71% del área total. Estos terrenos también están sujetos a la ocurrencia de erosión fluvial e inundaciones.

Pendiente media (5° - 15°)

Comprende el 27.33% del área total, presentan una buena distribución en la zona de montañas y colinas de la Faja Subandina. Dentro de este rango de pendiente se encuentran ubicados los poblados de Andacancha, Viscas, Milpo, Dos de Mayo, La Merced, entre otros, en ambos extremos de la Cordillera Oriental y laderas de los cerros Santa María y Ashibantipangoni al sureste de la región. Están 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 Faja Subandina, así como en valles tributarios en la zona de montañas, también conforman las laderas superiores de los cerros en la parte occidental de la región. En este rango de pendiente se han desarrollado, por ejemplo, los poblados de Tarma, El Tambo, Mayoc, el tramo de la carretera Central Ticlio-La Oroya y laderas de los cerros Santa María, Ashibantipangoni al sureste de la región. Ocupan el 23.06% 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°)

Presentan mayor extensión en la región, distribuidos principalmente en las laderas de montañas de la Cordillera

Oriental y la Cordillera San Carlos (límite con la región Pasco) en la parte central de la región. Conforman también las laderas de los cerros de Yuraccpuquio y Chontauclo en ambas márgenes del río Mantaro, minas Azulcocha y Calzadas, Cordillera La Viuda, nevados Huallacanacha, Yantayo, Jaico, Putca, Panchacoto y Anticona (límite con Lima), nevados Huaytapallana y PuagJancha (límite con Ayacucho y Huancavelica). Comprende el 28.59% 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 1.84% del área total y se encuentran localizados indistintamente a lo largo de las zonas más altas de la cordillera Oriental, en los cerros Iroquija Choritoni, Santa María, Capirobanti, Ashibantipangoni, que tienen una dirección NO-SE al sureste de la región. 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 Junín 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 Junín, a escala 1:250 000 (Mapa 4), se utilizó la información litológica de la Carta Geológica Nacional, de la que 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 las que siguen:

4.3.1 Geoformas 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 de la región. Dentro de este grupo se tienen las siguientes unidades:

Unidad de montañas

Las montañas presentan mayor distribución en la región Junín (69.91%). 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 3850 y 4435 m s.n.m. Se distribuyen en la parte central de la región

Junín; en esta unidad se desarrollan poblaciones como Coviriali, Pampa Hermosa, Río Blanco, Valle de Oropeza, Alto Quimiri, Santa Rosa de Casca, Tambopata, Cayash, Huanchuyru, San Antonio, entre otras.

Los cuerpos ígneos intrusivos que afloran en la región se ubican en los cuadrángulos de Ulcumayo, Satipo, La Merced, Tarma y Quiteni; se disponen como stocks y plutones de formas irregulares a alargadas. Se encuentran constituidos por rocas intrusivas de composición intermedia a ácida tipo monzogranito de las unidades San Ramón, Carrizal, Ramyoc; tonalitas y granodioritas de los plutones Tarma (margen derecha del río Chanchamayo), San Antonio, Ronatullo y Sucllamachay; y diorita de la unidad de Cayash. 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 Ulcumayo, Casca, Huasahuasi, Horizonte, Anashirona, entre otros (Fotografía 4.1). 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.



Fotografía 4.1 Relieve conformado por montañas modeladas en rocas intrusivas. Se observa en la confluencia de los ríos Huasahuasi y Huacuas; en los cerros Huaman Marca, Huallpac y El Tambo, al pie se encuentra las instalaciones de la C.H. Huasahuasi I

Relieve montañoso en rocas volcánicas (RM-rv)

Geoformas o paisajes de este tipo destacan al este de la región, en los cerros Huamayta, Fierro Cruz, Jatun Huaguia (límite con la región Lima y Pasco), Yanagarac, Maraynioc, Morococho, Punta Rosario, entre otros. En esta unidad se desarrollan los poblados Pucsi, Pillococha, Fucacancha, Mina Poderosa, Yanacancha y Cruz Pata, entre otros.

Dentro de esta subunidad se consideran afloramientos de rocas volcánicas (derrames lávicos andesíticos), litológicamente corresponden a los volcánicos Calipuy, sus elevaciones alcanzan los 4900 msnm. Presentan laderas con pendientes medias a fuertes. 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 Cenozoico, pertenecientes a las Formaciones Carlos Francisco y Grupo Mitu. Presentan crestas altas e irregulares, con pendientes que pueden superar los 25°, sus elevaciones alcanzan los 5000 m s.n.m. También, se tienen montañas con laderas empinadas y cimas redondeadas como el nevado Raujun.

Se encuentran distribuidas de manera muy reducida en la parte noroccidental de la región entre los cuadrángulos de Ondores y Tarma, y al norte del lado central de la región entre los cuadrángulos de Ulcumayo y Tarma, en ambas márgenes de la quebrada Yuraccocha. Geodinámicamente, se encuentran asociadas a derrumbes y deslizamientos.

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 La Merced, Chonta, Huayabamba, Sarayaquillo, Casapalca, y Grupos Goyllarisquiza, Ambo, Oriente y Pucará.

Presentan laderas con pendientes medias a fuertes, se localizan en el lado central de la región Junín, entre los sectores de Andamarca, Huancamayo, Monobamba, Mucllo, Chucchis, Santo Domingo de Acobamba, Oxabamba, Cochapampa, Pucará, Potrero, San Jerónimo, entre otros (Fotografías 4.2 y 4.3). Geodinámicamente, se asocian erosión en cárcavas, derrumbes, deslizamientos reptación de suelos y flujos de detritos.



Fotografía 4.2 Montaña en rocas sedimentarias detrás del relieve controlado por estructuras en el sector Yanamarca, en la margen izquierda del río Grande, en el flanco oeste del Cerro Yanpuma.



Fotografía 4.3 Montañas y colinas modeladas en roca sedimentaria, en la margen derecha del río Yauli, sector Chucchis

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

Amplia zona de distribución de relieve en la región, expuesta en el lado occidental y oriental, y de manera discontinua y muy reducida en el lado central de la región. 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 y erosionadas, alcanzan alturas de hasta 5100 msnm al suroeste de la región.

Su asociación litológica es principalmente sedimentaria de las Formaciones Jumasha, Celendín, Pariatambo, Casapalca, Cercapuquio, Huayabamba, Vivian; y Grupos Oriente, Goyllarisquizga y Pucará. Localmente pueden reconocerse

alineamientos montañosos compuestos por secuencias estratificadas plegadas y/o con el buzamiento de las capas de roca que controlan la pendiente de las laderas; se encuentran conformando anticlinales, sinclinales, cuestas y espinazos que le dan una característica particular en las imágenes satelitales y tienen un alineamiento de dirección NO-SE.

Se presentan en los cerros que conforman la Cordillera La Viuda y PuagJancha (límite entre la cuenca hidrográfica del Río Amazonas y la vertiente del Pacífico), los cerros Paucara, Huasca, Llantapallana (límite entre Junín y Lima), Santa María, Iroquija; nevados Alcay, Huallacanacha; y sectores como Marcapomacocha, Pachas, Santa Cruz de Anapati, Eden, San Lorenzo, Nuevo Pozuzo, Cullhuas Janjaillo, Ondores, entre otros (Fotografías 4.4 y 4.5). Geodinámicamente, se asocian a erosión de laderas, derrumbes, avalancha de rocas, deslizamientos y flujo de detritos.



Fotografía 4.4 Montaña estructural modelada en roca sedimentaria en la cordillera PuagJancha



Fotografía 4.5 Relieve de Montañas y colinas estructurales modeladas en rocas sedimentaria en los cerros Llantapallana

Relieve montañoso en rocas metamórficas (RM-rm)

Corresponde a cadenas montañosas antiguas expuestas en el lado central y suroriental de la región Junín cortado por el río Mantaro (límite con las regiones de Huancavelica y Ayacucho). Se encuentran en los sectores de Tapo, Huasahuasi, Paccha, Yanabamba, Cruz Monte, Lucma, Rayannioc; y en los cerros Alegría, Jarococha, El Tambo y Putacashia, entre otros (Fotografías 4.6 y 4.7). Su morfología está relacionada a procesos denudacionales, con elevaciones que alcanzan los 4500 m s.n.m.

Litológicamente, corresponden al Complejo Maraón y Grupos Excélsior y Cabanillas, 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).



Fotografía 4.6 Relieve de montaña modelada en roca metamórfica en el cerro Jarococha, margen izquierda de la quebrada Carhuacocha. Al sur del nevado de Huaytapallana



Fotografía 4.7 Relieve de montaña modelada en roca metamórfica con laderas muy escarpadas y valle encañonado formado por las aguas del río Tarma, entre los cerros el Tambo y Putacashia

Montaña con cobertura glaciar (RM-cgl)

Son cumbres de montaña con intensa actividad glaciar, son denominados nevados cuando están por encima de los 4900 m s.n.m. Actualmente, están afectados por la variación de

temperatura que viene originando un acelerado retroceso glaciar, dejando el substrato rocoso, estriado y con acumulación de bloques. Ejemplos de este hecho figuran en los Nevados de Huaytapallana, Putcacocha, Muradayo, Tello, entre otros (Fotografía 4.8).



Fotografía 4.8 Montaña con cobertura glaciar en el nevado de Huaytapallana

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 16.43% dentro de la región. Esta 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 ocho 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 monzogranitos de la Unidad San Ramón, así como, dioritas, granodioritas, andesitas y traquiandesitas del Grupo Morococha en el área de Ticlio-Morococha (Fotografía 4.9), en el sector NE de la hoja de Matucana. 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.



Fotografía 4.9 Relieve de colinas modeladas en roca intrusiva en el sector de Ticlio (provincia de Yauli).

Relieve de colinas en rocas volcánicas (RC-rv)

Geoformas de este tipo corresponde a afloramientos de rocas volcánicas (tobas, piroclásticos y derrames lávicos); se disponen de manera discontinua y reducida al lado occidental de la región. Litológicamente corresponden al volcánico Calipuy, Pacocochoa y Chayllacatana y Formación Huayllay. Las morfologías más características y desarrolladas en la región son superficies plano-onduladas, forman altiplanos o mesetas volcánicas amplias, con frentes escarpados a abruptos, resultantes de la deposición de

flujos piroclásticos. Están asociadas a derrumbes, caída de rocas, movimientos complejos.

Se encuentra conformando las laderas de los cerros Caihua alrededores de la laguna Coyllucocha, Jatuncasha, Chicamoloma, Milpo, Achahuanca, Cuchipata y Tambo, entre otros (Fotografía 4.10). Dentro de esta unidad se han desarrollado poblados como Shilhuacho, Huaratazo, Anchiuata, Milpo, Tambo y Cumbre entre otros.



Fotografía 4.10 Relieve de colinas modeladas en roca intrusiva en el sector de Ticlio (provincia de Yauli).

Relieve de colinas en rocas metamórficas (RC-rm)

Corresponde a relictos de cadenas de colinas antiguas expuestas de forma muy reducida en el lado nor-central de la región Junín cuya morfología está relacionada a procesos denudacionales. Litológicamente, corresponden al Grupo Excelsior y Formación Contaya. Presentan laderas con pendientes moderadas a abruptas, cimas agudas y alargadas del cerro Shimashiro, en la margen izquierda del río Ipoqui. 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, conglomerados y lodolitas. Litológicamente, corresponde a las Formaciones Chonta, Ipuro, Casapalca, Cercapuquio, Jauja, La Merced y Grupos Huayabamba, y Pucará. Se distribuye discontinuamente en la Cordillera Oriental y en el Llano Amazónico, posee una cadena de colinas cuyas altitudes fluctúan entre 500 y 690 m s.n.m con pendientes moderadas a suaves, alineada en dirección NE-SO, al noreste de la región. Se encuentran distribuidas en la parte occidental y suroeste de la región.

Dentro de esta unidad se desarrollan poblaciones como Morococha, Huaripampa, Yanasmayo, entre otros y Nueva América, San Miguel de Ene, Unión progreso en la cuenca baja del río Ene (ambas márgenes). Se asocian a derrumbes, reptaciones de suelo, deslizamiento y erosión fluvial.

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

Corresponden a afloramientos de roca sedimentaria que se presentan en la zona de estudio con un alineamiento de dirección NO-SE. El drenaje de esta geoforma es paralelo y su disposición está controlada por la estructura geológica 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, Jumasha, Chulec, Huayabamba y los Grupos Pucará y Oriente. Estructuralmente se asocia a una zona compuesta por pliegues, anticlinales y sinclinales con dirección N-S y lineamentos con dirección NO-SE.

En la región Junín se desarrollan en esta unidad poblaciones como La Oroya, Lutacocha, Chonta, Alpamarca, Quimariari, Estrella, entre otros, al oeste de la región Junín límite con la región Lima (Fotografía 4.11). Esta unidad está asociada a derrumbes, caída de rocas y flujos de detritos.

Cabe mencionar que el relieve peculiar del sector La Oroya (Fotografía 4.12) ocurre en calizas meteorizadas debido a la presencia de lluvias ácidas por disolución de dióxido de azufre, dada su cercanía al Complejo Metalúrgico de La Oroya que viene funcionando desde el año 1928, en la provincia de Yauli, en la cuenca alta del río Mantaro, entre los km 170 y 176 de la carretera central. Los límites son superiores al valor límite de la norma ambiental correspondiente; en el 2005 este complejo minero fue declarado "Macro Emisor" por la autoridad ambiental peruana del río Mantaro.



Fotografía 4.11 Colinas estructurales modeladas en roca sedimentaria en la margen izquierda de la quebrada Tambo, en el cerro Cuchillana, al noroeste del poblado de Andamarca.



Fotografía 4.12 Relieve de colinas estructurales en roca sedimentarias meteorizadas con lluvias ácidas, sector La Oroya, cerca al Complejo Metalúrgico de La Oroya-DOE RUN.

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

Su asociación litológica es principalmente sedimentaria (calizas, conglomerado, limoarcillitas, lutitas) de las Formaciones Casapalca. Estructuralmente se presentan como alineamientos de colinas y lomadas compuestas por secuencias estratificadas plegadas y/o con buzamientos de las capas que controlan la pendiente de las laderas. Varían en pendiente desde bajas a medias.

Se distribuyen entre las regiones de Pasco y Junín, en ambos márgenes del río Huascachaca, como los sectores Milpo, Husmacocha, al noreste de Papacancha y Tambo, entre otros, con alineamientos andinos NO-SE. 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)

Estas superficies onduladas se encuentran ubicadas al este de la Faja Subandina y el Llano Amazónico, al nororiente de la región de manera discontinua y muy reducida, entre los límites

de las regiones Huánuco y Ucayali; constituidas de sedimentos arcillosos, conglomerados, areniscas, limoarcillitas y lodolitas profundamente meteorizados de la Formación Ipuru y el Grupo Oriente. Están disectados por quebradas que forman un drenaje paralelo. En esta geoforma discurren el río Tambo y se ubican los centros poblados Paraíso, Unión, Santa Cruz, Huerto Edén, entre otros.

Los peligros frecuentes están relacionados con la reptación de suelos, derrumbes y flujos de detritos, producto de la deforestación, ocupación del suelo como actividad antrópica y lluvias intensas en la zona.

Relieve de lomadas en rocas sedimentarias (RL-rs)

Son superficies onduladas y planas ubicadas entre la Faja Subandina y el Llano Amazónico, al nororiente de la región de manera discontinua y muy reducida, entre los límites de la región Junín y Ucayali. Presentan un paisaje bastante monótono; forman lomadas desarrolladas sobre conglomerados, areniscas, limoarcillitas y lodolitas meteorizadas de las Formaciones Ipuru y Chamará. En esta geoforma discurren el río Tambo y la quebrada Sheboriato, y se ubican los centros poblados Nueva Jerusalén y Charapuja, entre otros. Los peligros frecuentes están relacionados a reptación de suelos y derrumbes.

4.3.2 Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Estas geoformas 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 13.66 % 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 5.17%



Fotografía 4.13 Colinas estructurales modeladas en roca sedimentaria en la margen izquierda de la quebrada Tambo, en el cerro Cuchillana, al noroeste del poblado de Andamarca.

Morrenas (Mo)

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

Existen varios tipos de morrena de acuerdo con su posición frente a un glaciar: morrena de fondo es la que se sitúa abajo

Abanicos de piedemonte (Ab)

Son conos o abanicos de baja pendiente hacia el valle (2° - 15°), formados 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 más representativos de este tipo de subunidad se tiene en las quebradas que descienden de los cerros Huinchus Punta, Antianba, Humagache, Rogros y Shuctuy entre los poblados Carhuamayo y Huayre, y los cerros Junín Punto, Quinraichacpunta, Ancan Punta y Aushquinpunta, entre los sectores San Pedro de Pari, Ondores y Churco en los alrededores de la laguna Junín, así como los valles del río Tarma, Comas, Panga y Perené (Fotografía 4.13). Sus cauces pueden estar sujetos a huaicos periódicos a excepcionales y sus depósitos son afectados por erosión fluvial.

en contacto con el lecho; morrena lateral cuando se sitúa en las orillas o bordes del lecho glacial, morrena central: formadas 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 deshielo del glaciar. Ejemplos de esta unidad se han observado en los valles interandinos y el flanco oeste de la Cordillera Oriental (Fotografía 4.14).



Fotografía 4.14 Morrenas frontales y laterales en el Nevado Anticona (límite de las regiones Lima y Junín).

Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd)

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa antiguos o recientes del tipo deslizamientos, derrumbes, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. 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 semicircular a elongada con relación a la zona de arranque o despegue del movimiento en masa.

Se relacionan con rocas de diferente naturaleza litológica, destacando las sedimentarias, volcánicas, metamórficas, e intrusivas de las cuencas de los ríos Yauli, Mantaro, Conas, Runatullo, Tulumayo, Tarma, Palcamayo, Ulcumayo, Huasahuasi, Comas, Pachacayo, Punco, Acobamba, Aymaraes, Corpacancha y Perené (Fotografía 4.15). Geodinámicamente se asocian reactivaciones en los materiales depositados por los movimientos en masa antiguos, así como por nuevos aportes de materiales provenientes de la actividad retrogresiva de eventos activos.



Fotografía 4.15 Vista de un deslizamiento antiguo reactivado en el cerro Oyrogalón, en la margen derecha del río Huasahuasi entre los sectores Rocroc y Hacienda Huampuyo.

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 y su grado de compacidad es bajo, no consolidado.

Están asociados a 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 4.16).



Fotografía 4.16 Canchales de detritos en talud superior de carretera Comas-Satipo.

Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at)

Se trata de una planicie inclinada a ligeramente inclinada y extendida al pie de las estribaciones andinas o los sistemas montañosos, que está formada por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales de carácter excepcional, asociados a todos los tipos de substrato existentes en la región, donde la disposición de material suelto es susceptible de ser acarreado como flujos de detritos que forman estos depósitos. Se debe principalmente al estado de fracturamiento, alteración, pendiente y contenido de agua de las rocas y suelos.

Ejemplos de estos depósitos se tienen en las faldas de los cerros Ripanga Punta, Huaucenaco, Tunacancha, Pucará Punta, Chuco Punta. En esta unidad se desarrollan los poblados de

Junín, San Pedro de Cajas y Santa Bárbara de Carhuacayán, entre otros.

Esta unidad está sujeta a flujo de detritos periódicos a excepcionales y por erosión fluvial en las márgenes de las quebradas; sus materiales pueden ser arrancados y transportados por las corrientes de los ríos principales en los cuales confluye.

Vertiente glacial o de gelifracción (V-gl)

Es una subunidad geomorfológica formada por la acumulación gravitacional de detritos al pie de las paredes de un valle glaciar, los cuales son producidos por la meteorización mecánica (gelifracción) del substrato rocoso que conforman las paredes del valle. Su distribución en la región está restringida a altitudes superiores a los 4400 m s.n.m., al lado occidental de la región.

Estos materiales pueden encontrarse formando un solo cono o formando talud de detritos, de granulometría variada; su pendiente es muy fuerte, puede sobrepasar los 30°, pudiendo apreciarse en muchos casos por el proceso de deglaciación más reciente como depósitos sueltos susceptibles a generar flujos, derrumbes o avalanchas de detritos.

Unidad de Planicies, depresiones y otros

Están asociadas a depósitos aluviales, aluviales antiguos y fluvio-glaciares, limitados en muchos casos por depósitos de piedemonte y laderas de montañas o colinas; ocupan una superficie de 8.49 % del área de la región. Para una mejor descripción se individualizaron 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, provocando que, en los terrenos aledaños a los cauces de los ríos, al divagar a través del tiempo, se formen cauces abandonados, cochas y aguajales. Morfológicamente, se distinguen como terrenos planos compuestos de material no consolidado, removible.

En la región Junín, sus mejores exposiciones se encuentran en las márgenes de los ríos Mantaro, Tarma, Panga, Poyeni, Mayapo, Cheni, Enite, Anapati, Perené, Ene y Tambo. Estas áreas inundables son ocupadas por terrenos de cultivo, están sujetas a inundaciones fluviales periódicas y erosión fluvial en sus márgenes o terrazas bajas (Fotografía 4.17).



Fotografía 4.17 Área sujeta a inundación en ambas márgenes del río Capiri, sector Las Palmas (Pichanaqui, Chanchamayo).

Valle glaciar con laguna (VII-g/l)

Corresponde a depresiones existentes en las cabeceras de los valles principales y tributarios de ambientes glaciares, con formación de lagunas de diferentes dimensiones. En el fondo de estas unidades se han acumulado considerables volúmenes de depósitos inconsolidados que durante episodios modernos han sufrido erosión fluvio-glaciar, confundiendo con cauces torrenciales que constituyen los fondos de valles actuales. Estos procesos recientes han reacomodado los sedimentos gruesos, formando pequeñas terrazas de material cuaternario que no han sido diferenciadas por las limitaciones en la escala de trabajo.

En la parte alta los fondos de valle son más abiertos, tienen sección transversal en U (Fotografía 4.18), con topografía aplanada y pendientes que van de 2 a < 8%, determinando una mayor estabilidad en estas formas. El pie de las paredes del valle glaciar se encuentra constituido por vertientes de gelifracción, los cuales son producidos por la meteorización mecánica del substrato rocoso que conforman las paredes del valle. Estos materiales pueden encontrarse formando un solo cono o formando talud de detritos, de granulometría variada; su pendiente es muy fuerte, puede sobrepasar los 30°. Sujetos a la acción de procesos geodinámicos como erosión fluvial e inundaciones.



Fotografía 4.18 Vista de un valle glaciar y vertientes de gelifracción en ambas márgenes, entre los cerros Huanyas y Cuyoy, sector Pahuallupo.

Valle fluvial y Terrazas indiferenciadas (VII-fl-ti)

Constituyen los valles tributarios de cauce angosto, que discurren cortando la Cordillera Oriental 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 los cursos de los ríos Mantaro, Perené, Tulumayo, entre

otros (Fotografía 4.19). Hacia la parte baja de las cuencas, los fondos de valle son más encañonados, con sección transversal en V, con relieves de topografía plano-inclinada, con fuertes pendientes de 4 a > 15%; se encuentran sujetos a la acción de procesos geodinámicos de origen hídrico como erosión fluvial, inundaciones y acumulación de sedimentos.



Fotografía 4.19 Vista de un valle fluvial con terrazas indiferenciadas en ambas márgenes del río Mantaro, sector Turumanya-Matagrande (Llocllapampa, Jauja).

Laguna y cuerpos de agua (Lag)

Dentro de esta unidad se reúnen a todos los cuerpos de agua de origen natural (lagunas) y artificial (represamientos), los cuales tienen dimensiones representables a la escala de trabajo. Como ejemplo más representativo se tiene a la laguna Chinchaycocha o Junín (Fotografía 4.20), la cual constituye como el segundo más grande en extensión y el más alto del Perú. Este humedal se constituye como un ecosistema de alta productividad debido a su ubicación, características y condiciones geomorfológicas e hídricas, originando por lo tanto un interés nacional e

internacional por estas características; producto de este interés se han generado un cúmulo de investigaciones a nivel de especies endémicas, ecosistema, importancia hídrica para generación de energía (instalación del complejo hidroeléctrico Santiago Antúnez de Mayolo) y consumo humano, entre muchas otras. Por este motivo, el Estado peruano, en el año 1974, reconoce este espacio como un área protegida bajo la denominación de Reserva Nacional de Junín, con un área aproximada de 40 000 ha (en época de embalse), constituyendo alrededor del 77% del área protegida.



Fotografía 4.20 Vista de un valle fluvial con terrazas indiferenciadas en ambas márgenes del río Mantaro, sector Turumanya-Matagrande (Llocllapampa, Jauja).

Altiplanicie aluvial (Ap-al)

Superficie plana muy extensa constituida por depósitos aluviales pleistocénicos y sedimentos lagunares en la región Junín. Se ubica entre las Cordilleras Occidental y Oriental, en el sector sureste del cuadrángulo de Cerro de Pasco y noreste de Ondores, respectivamente, de donde se emplaza la laguna Junín, denominada meseta de Bombón, conformada por las pampas Picón, Matacancha, San Juan de Pariacancha en los distritos de Carhuamayo, Ondores y Junín. El agua subterránea aflora muy superficialmente, con presencia de bofedales (Fotografías 4.21). La depresión de Jauja-Huancayo, en

dirección NO-SE, tiene una longitud aproximada de 70 km, con un ancho que varía de 3 a 15 km; está situada en el cuadrángulo de Huancayo, cuya altura varía entre 3160 y 3350 m s.n.m., conformada por una superficie ondulada con fondo de llano disectado por el socavamiento del río Mantaro, cuyo fondo está tapizado por espesas formaciones cuaternarias que constituyen un sistema de terrazas escalonadas, localmente interrumpidas por los conos aluviales de los afluentes del Mantaro; las terrazas más antiguas están afectadas por flexuras y pliegues bien caracterizados (Fotografía 4.22). Geodinámicamente se asocian a procesos de erosión de laderas a manera de cárcavas con avance retrogresivo; también, se presentan flujos de detritos.



Fotografía 4.21 Altiplanicie en las pampas de Junín.



Fotografía 4.22 Altiplanicie aluvial ubicado al este de la ciudad de Huancayo, en ambas márgenes del río Mantaro.

Bofedal (Bo)

Son superficies planas a moderadamente onduladas muy localizadas y ubicadas aproximadamente a 4100 msnm, en las inmediaciones de los ríos, lagunas y lagos. Forman zonas

inundables por precipitaciones pluviales intensas. Un ejemplo de esta unidad lo podemos encontrar en los terrenos que circundan al lago Junín, donde se forman extensas pampas con abundante presencia de totorales (Fotografías 4.23 y 4.24).



Fotografía 4.23 Bofedales alrededores de la laguna Junín.



Fotografía 4.24 Bofedales circundados por colinas estructurales en rocas sedimentarias, en el sector Suamachay.

Isla (I)

Son elevaciones preexistentes del terreno que fueron rodeados por las aguas de los ríos Ene, Perené y Tambo, entre otros; al experimentar una variación en sus cauces debido a sus

divagaciones, tienen formas elípticas y alargadas y sus ejes mayores coinciden con la dirección de la corriente. Estas geoformas son afectadas por procesos de erosión o inundaciones de tipo fluvial (Fotografía 4.25).



Fotografía 4.25 Isla en el río Chanchamayo.

Terraza aluvial (T-al)

Son planicies adyacentes diferenciables de la llanura de inundación principal, con altura relativamente marcada. Surgen mediante la erosión de antiguos fondos de valles o mediante la acumulación de grava en crecidas del río. Con frecuencia, acompañan el curso del valle por varios kilómetros y se encuentran más altas que el fondo del valle. Reflejan sin duda algunas fases durante las cuales no ocurrió erosión fluvial profunda; sin embargo, pueden ser erosionadas mediante la reactivación de esta, sobre todo cuando se produce el incremento del caudal del río.

Las terrazas están constituidas por bancos de conglomerados sueltos, formados por cantos bien redondeados hasta 20 cm de diámetro con lentes de arena, en algunos sectores intercalados con arenas arcillosas y arcillas de color rosado (depósitos

lacustres probables de un represamiento del río Mantaro). En otros sectores las terrazas están muy bajas siendo propensas a las inundaciones en épocas de lluvias excepcionales; en el caso del río Mantaro el lecho de inundación varía entre 150 y 1000 m de ancho.

En la región, se encuentran en los valles de los ríos Mantaro, Tulumayo, Palca, Huasahuasi, Oxabamba, Comas, Paucartambo, Ipoqui, Satipo, Arapaya, Perené, Ene y Tambo, entre otros (Figura 4.1 y Fotografía 4.26). Sobre estos terrenos se desarrollan extensas zonas de cultivo y redes viales. Están sujetos normalmente a erosión fluvial como en el caso del valle del río Mantaro donde presenta un sistema de terrazas escalonadas; la más antigua se encuentra a 25 m aproximadamente encima del cauce actual y la más reciente a 15 m, en la margen derecha del río Mantaro por el sector de Huamanmarca se observa un tercer nivel a unos 35 m.

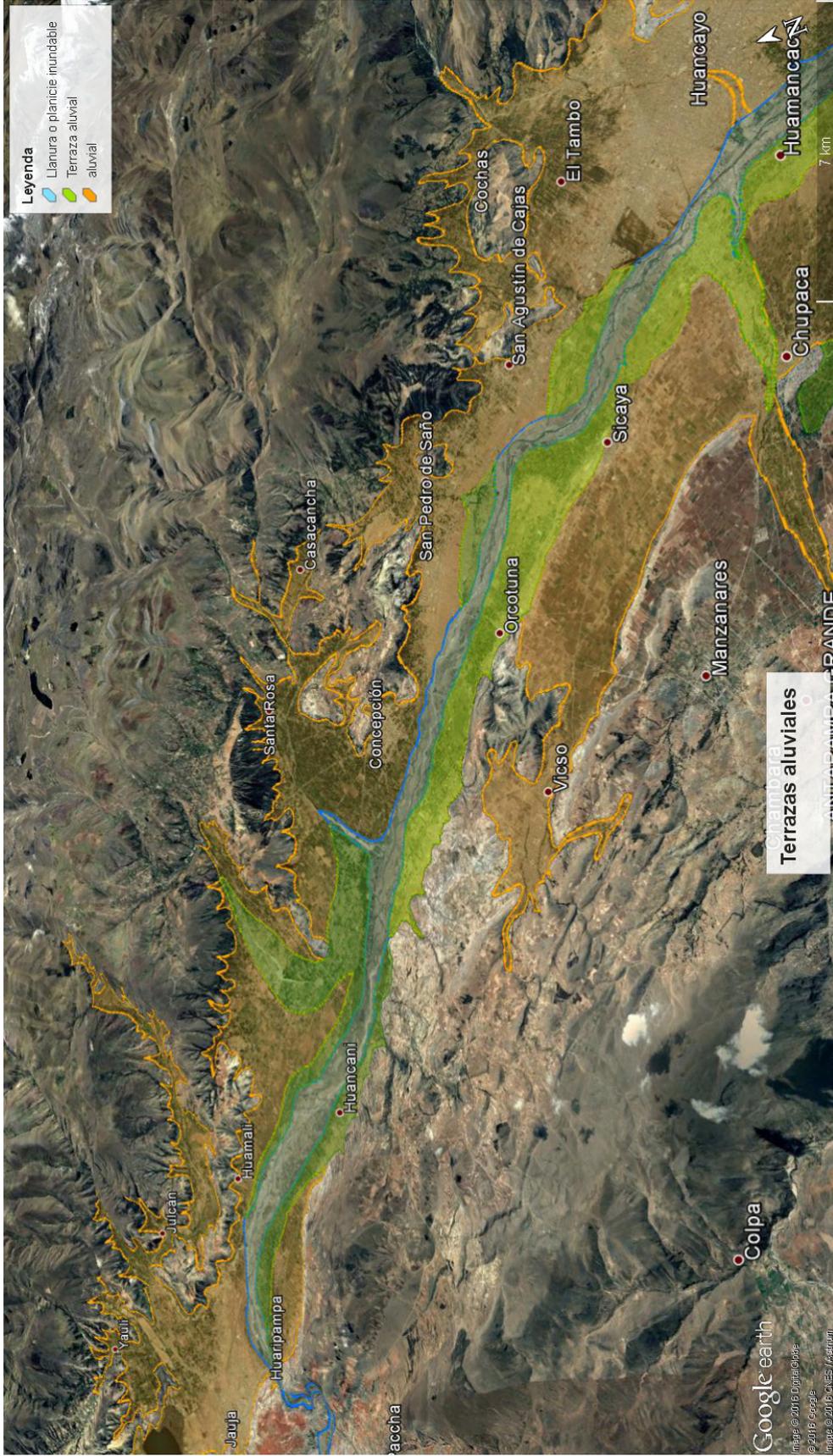


Figura 4.1 Sistema de terrazas en ambas márgenes del río Mantaro dentro de la altiplanicie aluvial Jauja-Chongos Bajo. Vista Google Earth.



Fotografía 4.26 Vista de terraza aluvial en la margen derecha de la quebrada Jacahuasi, sector Mayoc.

Terraza alta aluvial (Ta-al)

Está constituida por depósitos detríticos anteriores a las actuales de origen fluvial; por lo general, el cauce actual se encuentra encajado en estos depósitos. En la región Junín se encuentran como ejemplo en la zona Chambará-Huachac-Chongos Bajo. Está compuesta mayormente por conglomerados de cantos bien redondeados hasta de 50 cm de diámetro que se hallan en una matriz de cantos chicos y de arena gruesa en forma de lentes que alcanzan hasta 100 m de espesor. La superficie de esta terraza se halla a menudo encostrada y a veces en profundidad se le nota cementada por calcáreo. Se encuentra 50 a 80 m encima del cauce actual del río. También, se encuentra al sureste de San Martín de Pangoa, en los sectores Cubantía,

en ambos márgenes del río Perené donde se desarrolla el sector Bajo Pichanaqui, y en la margen derecha del río Ipoqui, sector Ipoqui. Están asociadas a derrumbes, erosión fluvial y erosión de laderas.

Depósito antropógeno, rellenos, botaderos, canteras (D-a)

Está conformada por canteras de agregados, botaderos de desmonte, depósitos de relaves (Fotografía 4.27) y zona industrial minera. Las 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. Estos depósitos son de difícil representación en la escala de trabajo empleada.



Fotografía 4.27 Vista del campamento y los depósitos de relave de la mina de Azulcocha (provincia de Chupaca).

CAPÍTULO V

ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

5.1 GENERALIDADES

El mapa hidrogeológico de la región Junín representa una interpretación característica de las rocas, es decir, clasifican y zonifican las rocas y suelos con condiciones para el almacenamiento y transmisibilidad de las aguas subterráneas. Estos distintos tipos de materiales geológicos, generados por procesos de formación muy diversos y sometidos con posterioridad a procesos de modificación exógena o endógena, configuran características del terreno bastante variadas las mismas que se relacionan con la infiltración, almacenamiento y circulación de las aguas subterráneas. Se han clasificado a las formaciones geológicas de acuerdo con sus características litológicas y estructurales y su comportamiento permeable o impermeable clasificando a los materiales geológicos en acuíferos y acuitardos, los cuales se encuentran representados en el mapa hidrogeológico de la región Junín.

La hidrología de la región Junín se encuentra ligada al curso de los ríos principales: Mantaro, Ene, Tambo, Chanchamayo y Satipo, que forman parte de las cuencas hidrográficas del Mantaro, Perené, Poyeni, Anapati y Cutivireni, los mismos que pertenecen al sistema hídrico del Amazonas, que drenan sus aguas al Océano Atlántico. Dentro de ellos, el río Mantaro es uno de los ríos más importantes de los Andes Centrales; su caudal depende de las precipitaciones en toda la cuenca y es de gran importancia por ser el generador de cerca del 35% de la energía eléctrica del país.

El agua es el recurso central que soporta la vida humana y las actividades socioeconómicas asociadas en una cuenca. La Autoridad Nacional del Agua (ANA) calculó la oferta hídrica superficial de la región Junín aplicando dos metodologías: la primera, empleando las estaciones hidrométricas; y la segunda, aplicando la metodología definida por el Ministerio de Energía y Minas para la estimación del potencial hidroenergético del país. La oferta hídrica al 75 % de persistencia alcanza el considerable valor de 45 386.96 MMC, mientras que la oferta promedio anual es de 76 133.69 MMC, estimaciones realizadas en el curso del río Marañón, concentrando cerca del 4 % de la oferta nacional (Autoridad Nacional del Agua, 2012). Al igual que otras regiones de la vertiente del Atlántico, la orografía local y la hidrografía de los cursos de agua dificultan un aprovechamiento más

intensivo de la oferta de agua en la región Junín. Los volúmenes generados en la región se concentran en los pisos altitudinales de menor altura a los que conocemos como selva baja o valle; mientras que, en las cabeceras de las cuencas o partes altas, la oferta hídrica es considerablemente menor, muchas veces genera conflictos sociales para su utilización.

La caracterización hidrogeológica se realizó en base a un análisis de la litología y la permeabilidad, cuyo objetivo es zonificar las formaciones geológicas más favorables para el almacenamiento y circulación de aguas subterráneas. Cabe resaltar que la hidrogeología no ha sido estudiada al detalle, ya que aún no se ha investigado a profundidad estas cuencas; por lo tanto, la información que presentamos debe complementarse con un inventario de detallado de fuentes (manantiales, aniegos, fuentes termales, galerías, etc.), análisis físico químicos de fuentes, pruebas hidráulicas e investigación geofísica, los cuales ayudarán a zonificar con mayor precisión y detalle las geometrías, cuerpos y principalmente parámetros hidrogeológicos de los acuíferos.

5.2 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

El mapa hidrogeológico de la región se elaboró a partir de la necesidad de representar cartográficamente las características hidrogeológicas de las formaciones geológicas y, en particular, aquellas que tiene buenas condiciones para almacenar y transmitir aguas subterráneas con potencial para su prospección y explotación como acuíferos.

En el mapa, las diferentes unidades hidrogeológicas se diferencian entre sí por un color característico dentro del grupo al que pertenecen. La caracterización hidrogeológica de cada una de las formaciones se realizó tomando en cuenta la geomorfología y la geología como medios de circulación. Se han considerado también las propiedades hidráulicas de los materiales como la transitividad, la porosidad y la disposición estructural de los materiales.

Los acuíferos en la región están conformados principalmente por los acuíferos fisurados sedimentarios, acuíferos sedimentarios, acuíferos porosos no consolidados y los acuíferos kársticos. La secuencia estratigráfica que presenta la región Junín

comprende rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas con rangos cronológicos comprendidos desde el Proterozoico y el Cuaternario Reciente, cuyas características hidrogeológicas son también influenciadas por la edad de las formaciones rocosas y el aspecto estructural (Mapa 5), las cuales fueron clasificadas de la siguiente manera:

5.2.1 Acuíferos

Formaciones geológicas que contienen agua subterránea en su interior cuyas manifestaciones se observan a través de pozos, manantiales, fuentes termales y otros. Todos los acuíferos tienen dos características fundamentales: capacidad de almacenar agua subterránea y capacidad de permitir el paso del flujo del agua subterránea; pero el grado en que se presentan estas propiedades varía mucho de una formación a otra. La mayor parte del agua subterránea está en movimiento lento y continuo desde áreas de recarga natural hacia las áreas de descarga de los acuíferos (como manantiales e infiltración hacia cursos de agua, humedales y/o bofedales).

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

5.2.1.1 Acuífero poroso no consolidado (APNC)

Conformada por rocas geológicamente jóvenes (depósitos cuaternarios, cuya estructura de salida está compuesta por materiales granulares sin cementar). Su porosidad varía de 5% en arenas a 50% en gravas fluviales; su permeabilidad varía de 1 a 100 m/día con un promedio de 35 m/día. La conductividad hidráulica de estos medios está básicamente condicionada por la magnitud y disposición geométrica de su porosidad intergranular primaria. En la región Junín, se realizó la caracterización hidrogeológica de estos medios y se llegó a zonificar dos grupos importantes de acuíferos porosos no consolidados:

a) Acuífero poroso no consolidado aluvial. Corresponden a formaciones geológicas detríticas no consolidadas, porosas y permeables, que tienen una distribución irregular en toda la zona de estudio. En el mapa hidrogeológico de la región Junín, se agrupan los depósitos aluviales, fluviales, fluvio-aluviales, bofedales y terrazas. Se ubican generalmente en las partes bajas de las cuencas, generalmente por debajo de los 3800 msnm. Tomando en cuenta su litología, están compuestos de capas de gravas gruesas a finas con clastos redondeados a sub redondeados, asociadas a capas de limos en proporciones variables con abundante materia orgánica, que facilitan la libre circulación y almacenamiento de las aguas subterráneas, pudiendo contener horizontes limo arcillosos y aisladamente

bancos de arcilla. Este acuífero se puede considerar heterogéneo ante ensayos puntuales; pero puede llegar a comportarse homogéneo en ensayos de bombeo de suficiente duración, cuando la zona de influencia sea lo suficientemente extensa, como es el caso de la planicie de Junín, en ambos márgenes de los ríos Huallaga, San Juan y Mantaro. Estos depósitos también se encuentran en ambos márgenes del río Tambo, Cuyani, Perené, Satipo, Mazamari entre otros ubicados en la parte central y este de la región. Dichos acuíferos presentan una forma alargada, porque están ubicados en el cauce o lecho de los ríos y/o quebradas, terrazas bajas inundables y llanura de inundación. Geomorfológicamente están asociados principalmente a las llanuras de inundación, y son susceptibles a erosión fluvial e inundación fluvial. Por sus características litológicas, por la disponibilidad de agua (precipitación constante) y por presentar buenas condiciones hidrogeológicas tales como alta permeabilidad y porosidad primaria, estas formaciones geológicas se clasifican como acuíferos porosos no consolidados heterogéneos e isotrópicos de extensión regional y altamente productivos. Estos acuíferos, por lo general, han servido para el desarrollo de centros poblados y terrenos de cultivo.

b) Acuífero poroso no consolidado morrénico. Son depósitos productos de glaciación, los cuales son acarreados por medios fluviales, se ubican por encima de los 4000 m s.n.m., a manera de lomadas con crestas morrénicas bien definidas. Son acuíferos de extensión reducida a intermedia y productividad moderada. En esta unidad se agrupan los depósitos morrénicos y fluvio glaciares, del Pleistoceno, principalmente en las partes altas de las cuencas y que han sufrido poco transporte. Están constituidos por bloques, gravas, arenas y limo en matriz areno limosa, clastos subangulosos a angulosos, clasificados con pseudo-estratificación. En el fondo y laderas de los valles también se depositaron morrenas, en donde muy a menudo se forman lagos por fusión del hielo detrás de las morrenas terminales; ejemplo de estos depósitos son las lagunas Marcapomococha (Ondores), Lulicocha, Chacacancha, Taulli entre otros. En algunos lugares son susceptibles a erosión de laderas por acción de aguas superficiales y de infiltración. Este tipo de acuífero en la región Junín se ubica en gran parte de la cuenca del río Mantaro al oeste y sur de la cuenca del río Perené, cuyo reservorio acuífero lo constituyen las gravas y arenas que tienen buena porosidad y alta permeabilidad, lo cual favorece al almacenamiento y circulación de aguas subterráneas, ya que poseen una porosidad intergranular y permeabilidad media a alta. Las condiciones meteorológicas son favorables para que este acuífero tenga constantemente una recarga y explotación adecuada.

5.2.1.2 Acuífero sedimentario (AS)

Los acuíferos sedimentarios están conformados por las Formaciones Oriente y Ucayali. materiales heterogéneos; incluyen todos aquellos materiales de origen detrítico o carbonatado que hayan sido afectadas por un proceso de litificación. Se caracterizan hidrogeológicamente como medios no consolidados, constan principalmente de conglomerados con clastos redondeados a subredondeados en una matriz de arcillas, limos y arenas; la presencia de limos y arcillas en la matriz reduce la permeabilidad efectiva de estos materiales. También, se distinguen areniscas, arenas y pequeños horizontes de lutitas y limoarcillitas. Los clastos y granos dan, por lo general, una porosidad primaria importante a este tipo de litología otorgándoles una buena permeabilidad. Estos materiales sedimentarios cubren una moderada proporción de la zona de estudio. La formación geológica considerada dentro de esta clasificación es la que sigue:

Acuífero sedimentario Oriente (AS-o). Se expone ampliamente en la Cordillera Oriental, hacia el SE y SO de la región Junín, ocupando gran parte de Poyeni, parte del río Tambo entre las quebradas de Jetariato y Pijireni; similares afloramientos también se exponen en la quebrada Samaireni y en los alrededores de los distritos de Cutivireni, Tsiapo y Camantavichi, prolongándose a manera de franjas alargadas en las laderas de la margen derecha del río Ene. Asimismo, ha sido reconocido en el límite de los dominios del Subandino, extendiéndose entre los cerros Matoso y Sorinpangoni. En Satipo aflora desde el valle de Ipoqui (flanco derecho), hasta la localidad de Bajo Capirushiari en el valle del río Mazamari y al este del río Masarobeni y ampliamente en el valle del río Perené. Litológicamente, el Grupo Oriente está compuesto por areniscas de grano fino a grueso, cuarzosas, grises, cremas y verdes intercaladas con capas delgadas de lutitas y lodolitas; hacia la parte superior de la secuencia aparecen niveles tobáceos blancos, en la parte media calizas pardas y en la parte inferior niveles de conglomerado. Estructuralmente, corresponden a varios bloques tectónicos levantados por fallas de rumbo general NE-SO, desarraigando rocas del Paleozoico inferior con la Formación Chonta; en general, las litofacies del Grupo Oriente corresponden a un ambiente depositacional fluvio deltaico y ribereño. Se estima un grosor aproximado de 1455 m en el área investigada. Morfológicamente, forman lomadas alargadas e irregulares con suelos arenosos de colores blanquecinos que 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 Junín, se clasifican como acuíferos sedimentarios de extensión regional y moderada productividad.

5.2.1.3 Acuífero fisurado sedimentario (AFS)

Su componente litológico consta principalmente de areniscas, en secuencias gruesas, que van haciéndose regulares. En algunos sectores se encuentran con estratificación en paquetes gruesos con niveles finos a gruesos. Su permeabilidad se incrementa por fisuración y su porosidad se encuentra entre 4 a 30%. Estructuralmente, están afectados por fallas, pliegues anticlinales y sinclinales que favorecen a la formación de porosidad secundaria de fisuras. El almacenamiento y la circulación del agua subterránea en estas formaciones están condicionados por la presencia de estructuras locales y regionales que se manifiestan por la presencia de fracturas, fallas, pliegues y diaclasas. Las formaciones geológicas que fueron considerados como acuíferos fisurados sedimentarios en la región Junín son las siguientes:

Acuífero fisurado sedimentario Chulec (AFS-chu). Aflora en la Cordillera Occidental y las altiplanicies de la cuenca del río Mantaro. Se compone de una serie de secuencia granocreciente; hacia la base se presenta una secuencia de arcillas calcáreas de color gris con lodolitas calcáreas arcillosas grises con fauna pelágica, seguidas de potentes secuencias de calizas de potencia que varían entre 1 a 4 m, con estratificaciones oblicuas planas con calizas margosas. La superposición de estas litofacies, en el orden antes mencionado, denota un medio en el cual la tasa de sedimentación es superior a la de subsidencia; el grosor promedio de esta formación es de 380 m. Esta formación conforme se acerca a la Cordillera Oriental se adelgaza y desaparece. Estructuralmente, se encuentra afectada intensamente por el sistema de fallas principales de dirección NO-SE con el sistema secundario de fallas NE-SO, las cuales se encuentran interconectadas, otorgándole a esta formación geológica una porosidad secundaria importante. Estos materiales favorecen la circulación de las aguas subterráneas principalmente a través de las fracturas, diaclasas y planos de estratificación que presentan las calizas. Esta formación se clasifica como acuífero fisurado sedimentario permeable de extensión local.

Acuífero fisurado sedimentario Ene (AFS-e). Aflora localmente en el cuadrángulo de Bajo Pichanaqui, específicamente en el valle del río Perené, cerca de los poblados de Puerto Ubikiri, Kivinaki y Shankivironi; se tiene una secuencia clástica de areniscas cuarzosas de grano medio, micáceas, blanquecinas intercalada con niveles de areniscas calcáreas grises y calizas. El análisis litológico indica que las facies son mixtas de ambiente marino carbonatado somero a plataforma continental. Está controlado por estructuras de dirección NO a SE. Esta formación se clasifica como acuífero permeable de baja productividad y extensión local.

Acuífero fisurado sedimentario Farrat (AFS-fa). Está compuesto por areniscas cuarcíticas en capas medianas blanquecinas, cuarcitas y esporádicas capas delgadas de lutitas gris oscuras. Esta unidad se expone cerca al nevado Alcay (hoja Ondores); por su posición estratigráfica se le asigna al Aptiano Superior. Se presenta en forma alargada y plegada; por sus características litológicas, se considera a esta unidad como acuífero fisurado sedimentario de extensión local.

Acuífero fisurado sedimentario Goyllarisquizga (AFS-go). Se extiende localmente a lo largo de la altiplanicie, con una dirección preferencial de NO a SE; en la parte alta de la cuenca del río Mantaro, se presenta en forma alargada y en estratos medianos. Litológicamente, se compone de dos miembros: superior e inferior compuesto esencialmente el miembro superior que está conformado por arenisca maciza de 10 a 150 m de espesor con horizontes limolíticos. Morfológicamente, presenta superficies suaves onduladas, fácilmente erosionables que albergan una serie de lagunas alineadas a lo largo del afloramiento. Esta formación está controlada estructuralmente por fallas regionales de dirección preferencial NO-SE y fallas secundarias de dirección NE-SO; las mismas que se encuentran interconectadas, creando una porosidad secundaria por fisuración, lo que favorece el almacenamiento y transmisibilidad de las aguas subterráneas.

Acuífero fisurado sedimentario Sarayaquillo (AFS-sa). Se extiende en el valle del río Perené, entre los poblados de San Luis de Shuaro, Perené, Mazamari y río Negro todos ubicados en la cuenca del río Perené y localmente en la cuenca del río Anapati. Esta formación está conformada por rocas continentales y consta de areniscas arcóscicas y lodolitas con limoarcillitas finamente estratificadas; 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 grosor de aproximadamente 600 m. Estructuralmente, se encuentra sometida a muchos esfuerzos de dirección preferencial NO-SE, 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). Se encuentra conformada por areniscas cuarzosas de grano grueso a conglomerádicas y areniscas de grano fino de color blanco a marrón rojizas con estratificación cruzada; ocasionalmente, presenta intercalaciones de lutitas grises a oscuras y rojizas dentro de las areniscas laminadas. Aflora a manera de faja estrecha orientada de NO a SE en las localidades de San José de Marañquiari, río Satipo y Alto San Pascual y en forma de

anticlinales en los cerros Shanquireni, Tarobeni y Potsoteni. En el río Satipo, en ambos márgenes y Alto San Pascual, la Formación Vivian conforma un estrecho pliegue sinclinal, constituido de abajo hacia arriba por areniscas gris blanquecinas a amarillentas en bancos de 1 a 2 m de espesor. Esta unidad geológica posee un espesor aproximado entre 150 a 250 m, incrementándose hacia el Oriente, pudiendo sobrepasar los 300 m. Su importancia para la exploración de aguas subterráneas radica en la buena porosidad primaria que presentan las areniscas; además presenta 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 de extensión local.

5.2.1.4 Acuífero fisurado kárstico (AFK)

Los acuíferos kársticos presentan características comunes a la red hidrográfica superficial (drenaje organizado, heterogéneo, debido a procesos de karstificación) y, por otro lado, características propias de la roca bicarbonatada (disolución de calizas). Es decir, 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: pozos próximos entre sí pueden presentar rendimientos totalmente diferentes, según la posición que ocupen respecto a la estructura interna de drenaje. En la región Junín, se destaca la Formación Jumasha, Celendin, Pucara, Copacabana y Condorsinga como acuíferos fisurado kárstico.

Acuífero fisurado kárstico Jumasha (AFV-ju). Se encuentra bien expuesto en la Cordillera Occidental y SO de las Altiplanicies en la cuenca del río Mantaro; está compuesto por calizas grises intercaladas con limoarcillitas negras en estratos delgados; hacia la parte media se presentan calizas grises bituminosas en estratos delgados a medio, con presencia de venillas de calcita; finalmente, la parte superior está compuesta por calizas en estratos delgados tabulares de más de 400 m de espesor. 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 en los alrededores de los distritos de Marcapomaccha, Morococha, Yauli, Chacapalpa, en ambos márgenes de la parte alta del río Conas. Se caracteriza por estar plegada,

presentando perfectos anticlinales y sinclinales con ejes de dirección andina, que forman relieves compresionados. Sus estratos se presentan en forma alargada en dirección NO a SE, los mismos que se encuentran asociadas a un sistema de fallas inversas principalmente, y que al estar interconectados crean una porosidad y permeabilidad secundaria que, además junto a la porosidad primaria y la capacidad de disolución que tienen 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 tienen evidencias de campo que en la Formación Jumasha se están formando constantemente dolinas y existen manantiales permanentes de buen caudal. Por sus características litológicas, químicas, estructurales, se caracterizó a esta Formación, como acuífero fisurado kárstico de buena productividad.

Acuífero fisurado kárstico Condorsinga (AFK-co). Es uno de los acuíferos de mayor importancia en el centro del país, presenta sus afloramientos bien expuestos entre las altiplanicies y la Cordillera Oriental en dirección NO-SE, en Cerro de Pasco, Ondores, La Oroya, Tarma, Huancayo y puntualmente en Yauyos. La formación tiene un grosor que varía entre 500 y 1500 m; consiste en calizas en bancos regulares, cuyo grosor varía entre 0,2 a 1 m, pudiendo llegar excepcionalmente a 3 m. En su parte media a superior, podemos encontrar dolomitas y escasamente capas de lutitas; los cherts son comunes en la parte inferior, donde pueden formar lechos continuos, o concreciones cuya frecuencia decrece cuando se sube en la secuencia. Las calizas comúnmente contienen eolitos cementados por micritas, los cuales se cargan progresivamente por granos de cuarzo que pueden constituir hasta el 20% de la roca cerca al tope de esta formación. Se puede observar sinclinales asimétricos con estructuras locales falladas y flexuradas en casi todos sus afloramientos. Esta formación se encuentra fracturada y fallada por estructuras regionales de dirección andina, como ocurre en los alrededores de Ninacaca y Carhuamayo. Morfológicamente, presenta una topografía suave ondulada. Su permeabilidad es alta por fisuras y su porosidad se encuentra entre 4 a 30% (porosidad secundaria). El almacenamiento y la circulación del agua subterránea en esta formación están condicionados por el factor estructural. Por tanto, se clasifica esta formación como acuífero fisurado kárstico de moderada productividad y extensión regional.

Acuífero fisurado kárstico Copacabana (AFK-cop). Litológicamente, está compuesto por una secuencia de calizas de color amarillentas y negras, areniscas macizas de color rojo en la parte superior, seguida por una secuencia delgada conformada por lutitas y en menor proporción limos. Está ampliamente distribuido hacia el lado occidental del distrito de Andamarca, conforma anticlinales y sinclinales muy

apretados que en conjunto se interpreta como un sinclinorio de orientación andina, cuyo lado oriental se sobrepone a las molasas rojas del Grupo Mitu. Entre las localidades de Lochac y Huachicna, las calizas se presentan replegadas y conforman un pliegue asimétrico, estratificadas en capas delgadas. Por sus características litológicas y estructurales, esta formación geológica se clasifica como acuífero fisurado kárstico de baja productividad y extensión local.

Acuífero fisurado kárstico Pucará (AFS-pu). Esta formación muestra un afloramiento continuo al NE de la cuenca del río Perené, en las nacientes del río Ubiriqui, y en los distritos de Ondores y Morococha en la cuenca del río Mantaro. El acuífero Pucará está compuesto principalmente por calizas y en menor proporción dolomitas tabulares y masivas, las calizas se presentan en estratos gruesos a delgados, a veces laminares intercalados con niveles de margas y limolitas amarillentas. Morfológicamente, las calizas del Grupo Pucará se caracterizan por presentar lomadas alargadas; en corte transversal forma escarpas bien pronunciadas, las que se puede observar en el río Ipoki. Se estima que su espesor pueda superar los 2000 m, debido a su monótona litología y la presencia de fallas de alto y bajo ángulo; es posible que se haya producido la repetición de estratos y que estos a su vez se encuentren muy fracturados y fallados, creando una permeabilidad importante en este tipo de litologías. Estos tipos de materiales presentan condiciones necesarias para almacenar y transmitir aguas subterráneas. En el mapa hidrogeológico de la región Junín, esta formación se clasificó como acuífero fisurado kárstico de moderada productividad.

5.2.1.5 Acuífero fisurado volcánico (AFV)

Son unidades hidrogeológicas compuestas por unidades volcánicas fisuradas y porosas. Estas formaciones geológicas se caracterizan principalmente por presentar fisuras abiertas, producto de intensa actividad tectónica producida en la Cordillera de los Andes, la misma que da origen a la presencia de numerosas fracturas y fallas, que generan condiciones hidráulicas importantes para la dinámica de las aguas subterráneas en la región Junín, que dependen de la alimentación y recarga que se produzcan a partir de la precipitación pluvial. Dentro de los más importantes destacan los acuíferos fisurados volcánicos: Chayllacatana y Pacococha.

Acuífero fisurado volcánico Chayllacatana (AFV-cha). Litológicamente, están compuestas por intercalación de flujos volcánicos; consisten en lavas porfíricas oscuras de color violáceo de estructura amigdaloides que se ubican al S de la cuenca del río Mantaro. Se presentan en forma alargada con dirección NO-SE, en contacto con las calizas de la Formación Chulec. Las características de este acuífero están condicionadas

a la presencia de fracturas y fallas que controlan la percolación del agua subterránea. Son acuíferos permeables de extensión local.

Acuífero fisurado volcánico Pacococha (AFV-p). Están conformados por un conjunto de derrames andesíticos y basálticos con algunas intercalaciones de flujos de brechas y andesitas tobáceas; su litología está relacionada principalmente a centros volcánicos, debido a la tendencia divergente de los derrames, donde se encuentra afectada por un sistema de fallas N-S. Esta unidad aflora en los alrededores de la localidad de Marcapomacocha, en las quebradas Chonta, Yanacancha y Curihuay, efluentes del río Santa Ana en la cuenca del río Mantaro. Por sus características litológicas e hidráulicas, clasificamos a este Grupo como acuíferos fisurados volcánicos de baja productividad y extensión local.

5.2.1.6 Acuífero fisurado volcánico sedimentario (AFVS)

Esta unidad hidrogeológica está conformado por secuencias volcano-sedimentaria, compuesta por rocas volcánicas y sedimentarias; en estos tipos de rocas, la permeabilidad está circunscrita a las fracturas de las rocas volcánicas y planos de estratificación y esquistosidad de las rocas sedimentarias. Estos elementos y las fallas interconectadas generan vías preferenciales de percolación de las aguas subterráneas hacia el subsuelo. En el mapa hidrogeológico de la región Junín, se clasificó como acuífero fisurado volcánico sedimentario a las Formaciones Sacsaquero y Carlos Francisco.

Acuífero fisurado volcánico sedimentario Carlos Francisco (AFVS-cf). Se extienden en la zona alta de la Cordillera Occidental en la cuenca del río Mantaro; aflora una gruesa secuencia de rocas volcánicas que yacen, en aparente concordancia sobre la Formación Casapalca, en los alrededores del distrito de Marcapomacocha. Destaca morfológicamente un conjunto de derrames andesíticos porfíricos y afaníticos de color gris y por intemperismo verdoso y violáceo, intercalados ocasionalmente con flujos de brechas volcánicas. Esta serie volcánica tiene un espesor estimado de 400 a 1000 m; las rocas volcánicas se encuentran fuertemente fracturadas y falladas, lo que les da una porosidad y permeabilidad importante. Se clasifican como acuíferos fisurados volcánicos de baja productividad y extensión local

Acuífero fisurado volcánico sedimentario Sacsaquero (AFVS-sa). Aflora en las nacientes del río Aymaraes, en la cuenca del río Mantaro; consta de una secuencia volcánica-sedimentaria, constituida por derrames andesíticos intercalados con tobas re depositadas; también, se intercalan con areniscas, limoarcillitas y calizas de origen lacustre. En esta unidad, la proporción de rocas volcánicas y sedimentarias son muy

variables; su marcada lenticularidad hace que su litología cambie en corta distancia, tanto en sentido vertical como lateral. Está asociada a un sistema de falla de dirección NO-SE. Estos materiales por el tipo de litología tienen una permeabilidad y porosidad primaria importante; además, presentan una densidad considerable de fracturas abiertas incrementando sus condiciones hidráulicas para el almacenamiento y transmisibilidad de las aguas subterráneas. Para el mapa hidrogeológico de la región Junín, esta formación ha sido considerada como acuífero fisurado volcánico sedimentario de baja productividad y extensión local.

5.2.2 Acuitardos (AT)

Estas unidades geológicas son importantes por las características que tienen las rocas y suelos de almacenar agua subterránea, pero la transmisibilidad es muy lenta o en forma local debido a su baja o casi nula permeabilidad. Los acuitardos conforman la unidad hidrogeológica con mayor exposición en el mapa hidrogeológico; en general, comprenden rocas ígneas y sedimentarias intensamente cementadas, aunque existen formaciones de baja permeabilidad o impermeables en terrenos volcánicos y volcánico-sedimentarios. Algunos materiales intrusivos se encuentran fracturados solo en la parte superficial, producto del intemperismo y el tectonismo de la zona. En estos materiales, la única forma de circulación del agua subterránea es a través de fallas y/o fracturas regionales. De acuerdo con la amplia exposición de acuitardos en la región se han clasificado de la siguiente forma:

5.2.2.1 Acuitardo sedimentario (ATS)

Desde el punto de vista litológico, los acuitardos sedimentarios son materiales impermeables. Están constituidos por materiales que podrían tener porosidad primaria, pero que sus poros no están interconectados entre sí; por lo tanto, la permeabilidad será muy baja. La gran mayoría de acuitardos sedimentarios afloran en forma discontinua en la región Junín, en parte de la Cordillera Occidental, Altiplanicies y ampliamente en la Cordillera Oriental. Estructuralmente están conformados por el anticlinal de Vilcabamba; su eje axial tiene una dirección NO-SE y se extiende por más de 400 km. También, está la plataforma estructural del Gran Pajonal Sira-Vilcabamba, la faja plegada del Ene-Tambo; además, se encuentra asociada a muchos pliegues de carácter local asociadas a fallas inversas. Litológicamente, están compuestas por intercalaciones de margas, lutitas, limoarcillitas, pelitas, conglomerados y en menor proporción capas delgadas de caliza y arenisca en algunos sectores; estas rocas al estar fracturadas favorecen la infiltración de las aguas subterráneas superficialmente, pero su transmisibilidad es muy lenta.

Los acuitardos Chunumayo, Tarma-Copacabana, Chonta, Río Tambo, que se ubican en la parte oriental de la región Junín y ocupan la mayor extensión, están constituidos principalmente por limolitas, limoarcillitas y lodolitas, y algunos niveles de areniscas conglomerádicas los que constituyen materiales de extensión regional e impermeable; hacia la altiplanicie se exponen los acuitardos Cabanillas, Chambará, Ambo y los materiales coluviales que presentan como litología principal conglomerados, lutitas y niveles de areniscas, los que desde una caracterización hidrogeológica se consideran como materiales impermeables de escaso interés.

En la Cordillera Occidental, los acuitardos Pariahuanca, Yantac y Casapalca, que afloran en forma discontinua, son materiales donde la predominancia litológica está compuesta por margas, calizas, conglomerados, areniscas y lutitas, constituyéndose en materiales impermeables de escaso interés hidrogeológico.

Acuitardo sedimentario Chunumayo (ATS-ch). Se extiende localmente al suroeste de la parte alta de la cuenca del río Mantaro, en los alrededores de los ríos Cachi, La Virgen y Cercapuquio; y hacia la margen derecha del río Aymaraes, los ríos Cañipaco y Conas, que son efluentes del río Mantaro. La Formación Chunumayo consta hacia la base de capas dolomíticas, algo arenosas, de color crema a amarillento, seguida por una secuencia de calizas grises en estratos medianos a delgados con areniscas calcáreas de color crema. Esta formación se depositó en un ambiente marino poco profundo, lo que refleja en la regularidad de cada uno de sus estratos, en las frecuentes laminaciones paralelas y la relativa escasez de las estratificaciones cruzadas; sin embargo, la presencia de restos de plantas y abundante material detrítico indican fuertes influencias continentales. Estructuralmente, se encuentra afectada por una serie de fallas de rumbo NE-SO; por sus características litológicas y estructurales, nos permiten clasificar esta formación geológica como acuitardo permeable de extensión local de forma alargada, pero de baja productividad.

Acuitardo sedimentario Ipururo (ATS-i). El acuífero Ipururo está ampliamente expuesto en las intercuenas de la Cordillera Oriental de la región Junín; se extiende en forma alargada con dirección N-S, cubriendo ampliamente ambos márgenes de los ríos Pucaruro, Sivitari, Shicapaja, Poyeni y Anapati, efluentes de los ríos Tambo y Ene. Las exposiciones de la Formación Ipururo han desarrollado relieves formados por lomadas de perfiles redondeados que se extienden en gran parte de la llanura adyacente al río Tambo; su litología consiste en una secuencia de areniscas de grano medio a grueso de color gris parduzco intercalado con pequeños horizontes de limolitas y areniscas arcillosas de grano fino cubierto por areniscas conglomerádicas. Esta Formación varía entre 200 a 600 m de espesor, siendo su

promedio 500 m. Por su posición estratigráfica pertenece a la edad del Mio-Plioceno. Tiene extensión regional y moderada productividad.

Acuitardo sedimentario Goyllarisquizga (ATS-go). Se extiende localmente a lo largo de la altiplanicie, con una dirección preferencial de NO a SE; en la parte alta de la cuenca del río Mantaro, se presenta en forma alargada y en estratos medianos. Litológicamente, se compone del miembro inferior compuesto esencialmente por limolitas y areniscas de grano fino de color gris claro puede incluir conglomerados con cantos de calizas o de chert que tienen una extensión local; esta secuencia se depositó mayormente en planicies de inundación recorridas por canales en trenza. litológicas se considera a esta unidad como acuitardo sedimentario de extensión local.

Acuitardo sedimentario Pariahuanca (ATS-ph). Está compuesto por calizas masivas en capas gruesas medianas blanquecinas, cuarcitas y esporádicas capas delgadas de lutitas gris oscuras; esta unidad se expone muy localmente en el borde oriental del nevado Alcay (hoja Ondores), por su posición estratigráfica se le asigna al Aptiano-Albiano Superior. Se presenta en forma alargada y plegada. Por sus características litológicas se considera a esta unidad como acuitardo sedimentario de extensión local.

5.2.2.2 Acuitardo volcánico (ATV)

Los acuitardos volcánicos son formaciones geológicas que están compuestas primordialmente por rocas piroclásticas, lavas ácidas e ignimbritas. Estos materiales se encuentran poco deformados dándole a la formación una permeabilidad baja y una porosidad media de acuerdo con el tamaño de granos que tienen los poros; estos a la vez 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.

En la región Junín, se clasificó dos acuitardos principales: El acuitardo Calipuy, que está ubicado al este de la localidad de Santa Bárbara, en las nacientes del río Conocancha; está compuesto por rocas piroclásticas gruesas, lavas ácidas e ignimbritas dacíticas; su espesor es variable entre 2 a 3 km, y es considerado un metalotecto importante por albergar mineralización de tipo hidrotermal; presenta una morfología agreste de modelado glaciar, un drenaje dendrítico y sus aguas drenan hacia la cuenca del río Mantaro, fracturas y fallas poco profundas. Este tipo de litología es poco poroso y de muy baja permeabilidad con pocas posibilidades de almacenar y transmitir aguas subterráneas. El acuitardo Ingahuasi está compuesto por tobas de cristales de coloración blanquecina a amarillentas,

aflora en forma discontinua en ambos márgenes del río Seco-Conas, al sur de la cuenca del río Mantaro, presenta un drenaje dendrítico. Estas tobas tienen la capacidad de almacenar aguas subterráneas, pero la transmiten muy lentamente; por este motivo, se ha clasificado a esta formación como acuitardo volcánico de extensión local.

5.2.2.3 Acuitardo volcánico sedimentario (ATVS)

Esta unidad hidrogeológica está compuesta por secuencias volcánicas intercaladas con secuencias sedimentarias. Litológicamente, consta de piroclastos, brechas y conglomerados con secuencias de margas, calizas, lutitas y limoarcillitas. La característica natural de estas litologías es que en sectores poseen buena porosidad; sin embargo, los espacios vacíos o poros de estas litologías no se encuentran interconectados, por lo tanto, la permeabilidad es muy baja.

Los acuitardos volcánicos sedimentarios con mayor extensión con estas características en la región son Mitu y Yanacancha. El acuitardo Mitu aflora en forma discontinua en parte en las cuencas de los ríos Perené y Mantaro, consta de la intercalación de lutitas, areniscas arcósicas conglomerádicas y limoarcillitas con secuencias volcánicas de color rojo dominante. Su espesor varía entre 500 y 1000 m. Se extiende en forma alargada con dirección NO-SE, sus afloramientos se repiten por fallas de rumbo e inversas. Este tipo de litología se caracteriza por poseer porosidad elevada, pero los espacios vacíos o poros de estas formaciones no se encuentran interconectados; por lo tanto, son impermeables y de poco interés hidrogeológico.

El acuitardo Yanacancha consta de sucesión de lavas, brechas y conglomerados; aflora al sur de la cuenca del río Mantaro, en los cuadrángulos de la Oroya y Huancayo, las mismas que se encuentran levemente fracturadas. Las propiedades hidrogeológicas que tienen estos materiales indican que pueden llegar a saturarse de aguas subterráneas, pero que la transmiten muy lentamente; por lo tanto, se clasifican como acuitardos volcánico-sedimentarios de muy baja productividad. Los acuitardos Bellavista, Castrovirreyna y Huarochiri afloran muy puntualmente en la parte alta de la cuenca del río Mantaro, por su litología y su extensión se caracteriza como acuitardos volcánicos-sedimentarios de muy baja productividad.

5.2.2.4 Acuitardo Intrusivo (ATI)

Las formaciones geológicas compuestas por rocas intrusivas y subvolcánicas de la región Junín son cuerpos rocosos que afloran en forma discontinua, principalmente en la Cordillera Oriental, Altiplanicie y puntualmente en la Cordillera Occidental. Su litología está compuesta por tonalitas, granitos, monzogranitos, monzodioritas, intrusivos permianos, dioritas

y rocas sub-volcánicas. Estas rocas se encuentran alteradas, fracturadas y diaclasadas, por meteorización e intemperismo; razón por la que presentan una porosidad secundaria importante pero superficial, ya que en profundidad se reducen las fracturas hasta llegar a desaparecer, haciendo que la roca en el interior sea maciza y disminuya considerablemente su porosidad secundaria hasta que la permeabilidad en este tipo de materiales sea completamente nula, lo que no permite la circulación de las aguas subterráneas. Los valores de permeabilidad por fisuración son altos en superficie; la porosidad es muy baja, es del orden de 0.3% y en algunos casos llega a 1%. Por estas características, estos materiales impermeables se consideran como acuitardos intrusivos.

Afloran en forma dispersa generalmente en la parte central de la región Junín; destacan dos acuitardos importantes de extensión regional: los acuitardos San Ramón y Sucllamachay. Litológicamente, están compuestos por monzogranitos, granitos y dioritas; se ubican en gran parte de las cuencas de los ríos Perené y Anapati, su emplazamiento sigue una dirección NNO-SSE y presenta un drenaje dendrítico. En este tipo de materiales la porosidad es muy baja, es del orden de 0.3% y en algunos casos llega a 1%. Por estas características estos materiales impermeables se consideran como acuitardos intrusivos.

5.2.2.5 Acuitardo Metamórfico (ATM)

Los acuitardos metamórficos afloran en dos sectores preferenciales en la región Junín. El primer grupo lo conforman las formaciones geológicas Sandia, Marañón, Contaya y Ananea, que se ubican al SO de la región, en las cuencas Cutivireni, Peyone, Anapati y parte de las intercuenas 49953 y 49959, que son parte de la Cordillera Oriental y Vilcabamba al este. Conforman una secuencia sedimentaria que se encuentra distribuida en dirección NO-SE. Litológicamente, están compuestos por una secuencia de pizarras, filitas, lutitas y areniscas cuarzosas intensamente foliadas y fracturadas superficialmente, causada por la actividad tectónica caracterizado por pliegues y cabalgamientos que afectan las coberturas rocosas del paleozoico. Este tipo de materiales presentan una buena porosidad primaria. Sin embargo, la porosidad eficaz disminuye considerablemente, ya que sus poros no están interconectados entre sí y, por lo tanto, la percolación de las aguas subterráneas es muy lenta, pudiendo albergar algunos manantiales, pero con mínimo caudal y alto contenido de conductividad eléctrica (CE) y total de sólidos disueltos (TDS).

El segundo grupo de acuitardo está conformado por las formaciones geológicas Huacapistana y Maraynioc, que se extienden en la parte central de la cuenca del río Perené y parte sur de la cuenca del río Mantaro en dirección NO-SE, hacia la

margen izquierda del río Tulumayo, formando parte del gran Complejo Huaytapallana. Estas formaciones están compuestas por rocas en su mayor parte de una serie metamórfica de origen pelítico dominante; se registraron tres secuencias bien diferenciadas para este sector: primero los esquistos micáceos,

seguidos por pelitas y grawacas feldespáticas, y al tope metabasitas asociadas a mármoles. Se caracterizó esta unidad como acuitardo metamórfico regional. Por sus características litológicas y estructurales son impermeables y carecen de interés hidrogeológico.

CAPITULO VI

PELIGROS NATURALES

6.1 GENERALIDADES

A lo largo de la historia, las mayores catástrofes naturales 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 sustentable, 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 de 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 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 N° 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 de Junín, está expuesta a la ocurrencia de peligros geológico 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 inician con la identificación y 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 el 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 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 tiene como objetivo ayudar a las autoridades nacionales, regionales, provinciales, distritales y otros, en el conocimiento de los peligros geológicos existentes en la región Junín.

6.2 REGISTROS HISTÓRICOS DE EVENTOS DESASTROSOS EN LA REGIÓN

Todo análisis de peligros, 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 de suma importancia conocer los eventos pequeños, sobre todo aquellos de recurrencia periódica ².

A lo largo de su historia, la región Junín ha sido afectada muchas veces por fuertes precipitaciones pluviales, los que causan serias destrucciones materiales y en muchas ocasiones han cobrado

vidas humanas; toda esta información sobre eventos desastrosos ocurridos en la región fue recopilada de los compendios estadísticos del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 1995-2012), 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 el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (1962-2014), como de la Dirección de Geotecnia (1980); y de empresas públicas y privadas. Toda la información se consigna en forma resumida en el Cuadro 6.1.

² 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.

Cuadro 6.1
Peligros geológicos ocurridos en el departamento de Junín

Fecha	Evento y descripción
3/13/1995	Huaicos en el distrito Pariahuanca, provincia Huancayo, se registró 25 damnificados y cinco viviendas destruidas.
3/17/1995	Inundación en el distrito Jauja, por lluvias extraordinarias, se registró 100 damnificados y 20 viviendas afectadas.
3/5/1996	Inundación en el distrito Quilca, a las 20:30 horas se registró una inundación por desborde de los ríos Quilcas y Anya, en la provincia Huancayo. Dejó 48 damnificados, 8 viviendas destruidas y colapsó el puente 28 de Julio.
3/5/1996	Inundación en el distrito Saño, a las 20:30 horas se registró una inundación por desborde del río Anya, en la provincia Huancayo. Dejó 66 damnificados, 11 viviendas destruidas, dos puentes destruidos, tres fallecidos y 13 heridos.
5/22/1996	Huaicos en el distrito Santo Domingo de Acobamba, desplazó tierra suelta, bolones y lodo, en la provincia Huancayo. Dejó 120 damnificados y 20 viviendas afectadas.
12/11/1996	Inundación en el distrito Tambo, debido a la presencia de lluvias intensas, las cuales provocaron el deborde de ríos y quebradas de la provincia Huancayo. Dejó 145 damnificados, una vivienda destruida y 15 viviendas afectadas.
2/4/1996	Huaicos en el distrito Tarma, a las 16:30 como consecuencias de lluvias intensas se activaron huaicos en quebradas del distrito Tarma. Se registró 312 damnificados, 50 viviendas afectadas, dos viviendas destruidas y servicios básicos averiados.
3/31/1996	Aluvión en el río Chilcara, a las 17:00 horas se desbordó la laguna de Vinuyo, lo cual ocasionó el aluvión que afectó en el distrito Comas, provincia Concepción. Se registró 50 damnificados, un fallecido y dos puentes rústicos destruidos.
2/19/1997	Deslizamiento en San Ramón, en el distrito San Ramón, provincia Chanchamayo. Se registró 500 damnificados y 100 viviendas destruidas.
3/18/1997	Inundación del río Chunchu, tras un derrumbe represó el río Chunchu provocando inundación por embalse del río, en el distrito Chanchamayo. Se registró seis damnificados, dos fallecidos y una vivienda destruida.
11/11/1997	Huaicos en el distrito Huancayo, debido a la presencia de lluvias intensas se generaron huaicos causando daños graves como 1500 damnificados, 200 viviendas destruidas y 500 viviendas afectadas.
11/29/1997	Inundación en el distrito Mazamari, a consecuencia de lluvias intensas generan inundaciones en el distrito Mazamari, provincia de Satipo. Se registró 20 personas afectadas y cuatro viviendas afectadas.
12/4/1997	Inundación en el distrito Perené, a consecuencia de lluvias intensas, en la provincia de Chanchamayo se registró seis damnificados, 200 personas afectadas y 40 viviendas afectadas.
12/14/1997	Inundación en el distrito Perené, a consecuencia de lluvias intensas, en la provincia Chanchamayo se registró 175 personas afectadas y 35 viviendas afectadas.
12/17/1997	Huaicos en el distrito Perené, debido a la presencia de lluvias intensas, en la provincia Chanchamayo. Se registró seis damnificados, 200 personas afectadas y 40 viviendas afectadas.
1/25/1998	Huaico en el sector Pariahuanca, en la provincia Huancayo, como producto de lluvias intensas. Dejó 252 damnificados, 40 viviendas destruidas, 32 viviendas afectadas y la escuela No. 30040 con daños graves.
3/13/1998	Huaico en el sector Hualhuas, en la provincia Huancayo, como producto de lluvias intensas. Dejó 330 damnificados y 55 viviendas inundadas.
3/13/1998	Huaico en el sector Huancayo, provincia Huancayo, como producto de lluvias intensas se desbordó el río Mantaro a las 17:00 horas. Se registró 275 damnificados y 55 viviendas afectadas.
1/25/1998	Huaico en el anexo San Isidro, por causa de lluvias intensas se produjo un huaico que afectó al anexo San Isidro en el distrito Perené, provincia Chanchamayo. Se registró 160 damnificados, tres viviendas destruidas, 40 viviendas afectadas y 70 ha pérdidas de cultivos.
3/15/1998	Huaico en el anexo La Florida, por causa de lluvias intensas se produjo un huaico que afectó al anexo Florida, en el km 34, en el distrito Perené, provincia Chanchamayo. Dejó 105 damnificados, seis viviendas destruidas, 16 viviendas afectadas y 70 ha de cultivos destruidos.

Cuadro 6.1
Peligros geológicos ocurridos en el departamento de Junín (continuación)

Fecha	Evento y descripción
3/29/1998	Huaico en el sector Juan Pablo II-Nueva Vista, por causa de lluvias intensas se produjeron huaicos en Huancaro, campamento Chino, en el distrito San Román, provincia Chanchamayo. Se registró 288 damnificados; 13 viviendas destruidas y 35 afectadas.
10/12/1998	Deslizamiento en el sector Tarma, por causa de lluvias torrenciales se produjo un deslizamiento en Tarma, provincia Tarma. Dejó 15 damnificados y tres viviendas destruidas.
2/19/1999	Inundación en La Merced, por causa de lluvias fuertes en el distrito y provincia de Chanchamayo, dejó 142 damnificados, 40 viviendas afectadas y un fallecido.
2/2/1999	Inundación en los sectores de Union Huancayo, Pueblo Libre de Asopas, Bajo Capiru, Bajo y Alto Timarini, San Cosme, Río Oso, Catalina Huanca, por desborde del río Satipo como consecuencia de intensas precipitaciones pluviales en el distrito y provincia Junín. Dejó 45 damnificados, 20 ha de productos agrícolas afectados y un fallecido.
1/26/1999	Inundación en el distrito Satipo, por la ocurrencia de intensas precipitaciones pluviales, dejó 88 damnificados, un fallecido; 10 viviendas destruidas y cinco afectadas; y 248 ha de cultivos destruidos.
4/13/1999	Huaico en el distrito Huasahuasi, en la provincia de Huasahuasi. Se registró 35 damnificados y siete viviendas destruidas.
1/13/2000	Huaicos en las quebradas Conoc y Tucu, a consecuencia de lluvias intensas se produjeron huaicos en el distrito y provincia de Tarma, dejó 18 damnificados, tres viviendas afectadas, cuatro ha de cultivos perdidos y la carretera de acceso a la ciudad de Tarma interrumpida.
3/28/2000	Deslizamiento en el anexo de Tiambra, a consecuencia de lluvias intensas en el distrito de Huasahuasi, provincia de Tarma, se registró tres fallecidos, una vivienda destruida, y una hectárea de cultivo destruido.
3/2/2000	Deslizamiento en el anexo José Galvez, en el distrito Perené, provincia Chanchamayo. Se registró 40 damnificados, ocho viviendas destruidas, 30 afectadas y viviendas con grietas múltiples.
3/10/2000	Inundación en el sector de Acopilla, como consecuencia de lluvias intensas se produjo desborde del río Chilca, en el distrito de Chilca, provincia de Huancayo. Dejó un fallecido y 40 damnificados; siete viviendas destruidas y 30 afectadas.
2/8/2000	Huaico en la localidad de Mariposa, como consecuencia de lluvias intensas se produjo un huaico en el distrito de Pampa Hermosa, provincia Satipo. Dejó 105 damnificados; 15 viviendas afectadas y dos centros educacionales afectados.
2/10/2000	Deslizamiento en el barrio Junín Atalaya, como consecuencia de lluvias intensas, en el distrito y provincia Satipo, dejó 25 damnificados; seis viviendas afectadas y un centro educacional afectado.
3/21/2000	Inundaciones en los poblados Meteni y Angeles, como consecuencia de lluvias intensas se produjeron desbordes de los ríos Kimpiri y Ene, en el distrito Río Tambo. Dejó 50 damnificados, ocho viviendas destruidas y cuatro hectáreas de cultivos arrasadas.
2/10/2000	Huaicos en el distrito La Oroya, por causa de lluvias intensas se produjeron huaicos, en la provincia Yauli. Dejó 47 damnificados, tres viviendas destruidas, 15 viviendas afectadas y dos centros educativos afectados.
1/10/2000	Huaicos en el cerro Santa Gregoria, por efecto de lluvias intensas se produjeron huaicos, en el distrito La Oroya, provincia de Yauli, dejó 80 damnificados, 16 viviendas afectadas, y la carretera Lima- La Oroya interrumpida.
1/7/2001	Inundaciones en las localidades de Pilcomayo, Huancamayo y Huamancana, a consecuencia de lluvias intensas en la parte alta del valle Mantaro se incrementó el caudal de los ríos Mantaro y Cunas, en el distrito de Chicche, provincia Huancayo. Colapsó puentes artesanales que servían de comunicación a las localidades de Pilcomayo, cinco hectáreas de cultivo destruidos.
1/24/2001	Huaicos en los sectores Pilcomayo, valle del Mantaro, por efecto de las fuertes lluvias producidas en las partes altas del valle Mantaro se produjo un deslizamiento obstruyendo el canal de riego de Cimir en la localidad de San Agustín de Cajas, provincia Huancayo. Dejó 20 viviendas afectadas y 100 damnificados (20 familias).
2/16/2001	Inundación en el Río Shulcas, por incremento del caudal del río Shulcas como consecuencia de las fuertes lluvias en la zona causó daños personales y materiales en el distrito y provincia de Huancayo. Dejó tres viviendas afectadas; tres familias damnificadas (18 personas) y dos fallecidos.
2/19/2001	Inundaciones en el sector San Carlos y San Antonio, por efecto de lluvias intensas causaron desbordes en la quebrada Florida, distrito y provincia de Huancayo. Dejaron 50 viviendas afectadas y 300 damnificados (50 familias).

Cuadro 6.1
Peligros geológicos ocurridos en el departamento de Junín (continuación)

Fecha	Evento y descripción
4/25/2001	Huacos en las comunidades nativas de Tsiriri perteneciente a la localidad de Mazamari y las comunidades nativas de Timari, Atahualpa, Tzancuvatizari perteneciente a la localidad de Satipo, como consecuencia de lluvias intensas que duraron más de 10 horas causando inundaciones en el distrito y provincia de Satipo, dejó 972 personas afectadas y 15 desaparecidas; 50 viviendas afectadas y 30 destruidas; dos puentes afectados, 80 ha de terreno agrícolas perdidos.
10/28/2001	Inundación del río Jancahualga, por efecto de lluvias intensas se debordó el río Jancahualga en el distrito Ulcumayo, provincia Junín. Dejó 20 viviendas afectadas, un puente peatonal destruido, 10 ha de terreno de cultivos perdidos y 120 damnificados.
12/2/2002	Huaico en el anexo Alta Esperanza, por efecto de lluvias intensas se produjo un huaico en el distrito de Perené, provincia de Chanchamayo. Tuvo como fatal consecuencia dos menores fallecidos y una vivienda afectada.
2/17/2002	Deslizamiento en el sector Los Alamos de Capelo Alto y San Carlos, como consecuencia de lluvias intensas en el distrito La Merced, provincia Chanchamayo, dejó siete damnificados; dos viviendas afectadas y tres destruidas.
12/23/2002	Inundación en el distrito Chilca, por desborde del canal Cimin, en la provincia Huancayo. Se registró dos viviendas colapsadas y 12 damnificados.
2/2/2002	Inundación en el distrito Tambo, como consecuencia del desborde del río Chilca, dejó seis damnificados y una vivienda afectada.
11/30/2002	Inundación en la localidad de Huancayo, como causa de intensas precipitaciones pluviales causaron daños en la Av. Ferrocarril, cuadra 17; dejó seis familias damnificadas y dos viviendas afectadas por el agua.
12/29/2002	Inundación en el distrito Yauyos, en la provincia Jauja por efecto de lluvias torrenciales causaron 12 damnificados y dos viviendas afectadas.
12/23/2002	Huaico en el distrito de Yanamarca, provincia de Jauja, dejó 30 personas afectadas y cinco viviendas afectadas.
11/28/2002	Inundación en la localidad de Chinchán, como consecuencia de lluvias intensas en el distrito de Yauyos, provincia de Jauja, dejó 36 damnificados y seis viviendas afectadas.
11/10/2002	Deslizamiento en en Pampa Hermosa, San Andrés y San Pedro de Cerro, como consecuencia de lluvias intensas en el distrito de Coviriale, provincia Satipo; dejó tres fallecidos, 180 damnificados y 30 viviendas afectadas.
1/1/2002	Deslizamiento en el distrito Satipo. Se registró 02 ha de cultivos perdidos y la interrupción de la vía Satipo-Marankiari.
2/25/2002	Inundación en la comunidad Nativa Pampa Alegre perteneciente a la ribera del río Ene, como consecuencia de lluvias intensas, en el distrito Río Tambo, provincia Satipo, dejó 50 personas afectadas y 10 viviendas afectadas.
11/6/2002	Inundación en el sector Huamania Incachaca, como consecuencia de lluvias intensas en el distrito Palcamayo, provincia de Tarma, dejó 25 ha de terreno agrícola afectadas y destrucción de carretera de 30 km entre Huamania-Incachaca.
3/21/2002	Inundación en el distrito Santa Rosa de Sacco, como consecuencia de lluvias intensas en la provincia de Yauli, dejó dos familias damnificadas y 20 viviendas afectadas.
3/21/2002	Inundación en la ciudad de Satipo, como consecuencia de persistentes precipitaciones pluviales se desbordó el río San Francisco en la ciudad de Satipo, dejando 1250 personas afectadas, 770 damnificados, tres personas desaparecidas y un fallecido; 400 viviendas afectadas y 250 destruidas.
10/23/2003	Inundaciones en los CPM. San Ramón de Pangoa y San Martín de Pangoa, como consecuencia de lluvias intensas se incrementó el caudal del río San Ramón originando el desborde hacia los AA.HH. de Teresa Otiniano, Playa de Oro del CPM San Ramón, afectando la urbanización San Vicente del CPM San Martín, en el distrito de Pangoa, provincia de Satipo. Dejó 182 personas afectadas y 7 damnificados; 43 viviendas afectadas y dos destruidas; un puente afectado, una hectárea de terreno cultivo afectada y una cabeza de vacuno perdida.
4/3/2004	Derrumbes en los sectores de Moya, Acobamba, Huancayo y Junín, como consecuencia de lluvias intensas en el distrito Santo Domingo de Acobamba, provincia de Huancayo, dejó 150 personas afectadas.
2/21/2004	Aluvión en las comunidades de Yanacocha, Pucapuquio y Raquina, como consecuencia de las nevadas presentadas en las alturas del distrito de Pucará se originó la ruptura de las represas de Yanacocha, lo que originó el desembalse violento de las aguas, que derivó en el curso del río Paccha con lodo y piedras, afectando las comunidades de Pucapuquio y Raquina en el distrito de Pucará, provincia de Huancayo. Dejó 263 personas afectadas, 157 damnificados, 9 personas desaparecidas, 4 fallecidos, 4 heridos y 45 viviendas urbanas afectadas.

Cuadro 6.1
Peligros geológicos ocurridos en el departamento de Junín (continuación)

Fecha	Evento y descripción
2/12/2004	Inundación en los sectores Sapo, Los Angeles, Palmeiras, como consecuencia de lluvias intensas se produjo el desborde del río Quimpiri inundando los pueblos de Sapo, Los Angeles, Palmeiras y otros en el distrito de río Tambo, provincia Satipo. Dejó 80 personas afectadas y 20 damnificados; 16 viviendas afectadas y cinco destruidas.
10/23/2005	Inundación en el sector Riachuelo Shucan, fuertes precipitaciones inundan viviendas ubicadas en los márgenes del riachuelo Shucan, distrito Huachac, provincia Chupaca. Dejó 70 personas afectadas, veinte damnificados y dos personas heridas; tres viviendas afectadas y una destruida.
11/13/2005	Huaicos en el distrito Coviriali, como consecuencia de lluvias intensas se produjeron huaicos, en la provincia Satipo. Dejó 60 personas afectadas, 15 damnificados y dos personas heridas; 10 viviendas afectadas y tres viviendas destruidas; 40% de energía eléctrica afectada, 1 km de carretera afectada, 7 ha de cultivos afectadas y cuatro cabezas de ovinos perdidos.
12/12/2005	Huaico en la comunidad Collpa, a consecuencia de lluvias fuertes se produjeron inundaciones y huaicos en el distrito Acobamba, provincia Tarma. Dejó 100 personas afectadas, un centro educativo afectado, un local comunal afectado, 29 viviendas afectadas, 3 km de carretera afectada y un puente afectado.
1/1/2006	Inundación en el sector Matahuasi, a consecuencia de lluvias intensas en el distrito Matahuasi, provincia Concepción, dejó 13 damnificados, cuatro viviendas destruidas y 5 ha de terreno de cultivo afectados.
11/15/2006	Inundación en el sector Jajarma, como consecuencia de lluvias intensas se produce el desborde de una acequia en el distrito Comas, provincia Concepción, provocando diversos daños como nueve damnificados y dos viviendas destruidas.
3/24/2006	Huaico en el sector Chahuapucquio, como consecuencia de lluvias intensas se produjeron huaicos y derrumbes en el distrito San Ramón, provincia Concepción. Dejó 500 personas afectadas y 311 damnificados; 19 viviendas afectadas y cinco viviendas destruidas; dos centros educativos afectados, un templo religioso afectado, 50% de servicios de agua afectado, 200 m de carretera afectadas, 10 ha de terreno de cobertura natural afectadas y 10 ha de cultivos para riego afectadas.
9/30/2006	Deslizamiento en el sector San Antonio de Alegria, como consecuencia de precipitaciones pluviales se produjeron derrumbes, deslizamientos y huaicos en el distrito Santo Domingo de Acobamba, provincia Huancayo. Dejó 14 damnificados y cuatro viviendas destruidas.
10/31/2006	Aluvión en el sector Quero, como consecuencia de fuertes precipitaciones pluviales se produjeron deslizamientos y alud en el distrito Molinos, provincia Jauja. Dejó seis viviendas afectadas, un local comunal afectado, 30 m lineales de carretera afectadas y 0.25 ha de cultivo de papas afectadas.
1/16/2006	Inundaciones en las comunidades Camantavishi, Cutiverini, Los Angeles, Palmeiras, Quempiri, Selva de Oro, Shapo, Tsyapo, Yoyato, debido a lluvias intensas provocaron inundaciones en el distrito Río Tambo, provincia de Satipo. Dejó 968 personas afectadas; 220 viviendas afectadas; 7.5 km de corrales afectadas; 401 ha de cultivo afectadas y 953 aves perdidas.
1/13/2007	Inundación en la localidad de San Miguel, como consecuencia de lluvias intensas se produjo inundaciones afectando a la localidad de San Miguel en el distrito de Manzanares, provincia de Concepción. Dejó 37 personas afectadas y 16 damnificados; ocho viviendas afectadas y tres viviendas destruidas; 1 ha de cultivos para riego afectado, 15 aves perdidas y 25 animales perdidos.
1/14/2007	Deslizamiento en la localidad de Huyo, se produce un deslizamiento debido a las fuertes lluvias en el distrito de Andamarca, provincia Concepción. Dejó 30 damnificados y 5 viviendas destruidas.
1/31/2007	Huaico en la localidad de Bajo Pichanaqui, como consecuencia de las intensas lluvias se produjo un huaico en el distrito Pichanaqui, provincia Chanchamayo. Dejó 3500 personas afectadas, 1674 damnificadas y 83 heridas; tres centros de atención de salud afectados, 17 centros educativos afectados y siete locales comunales afectados; 403 viviendas afectadas y 153 destruidas; 24% de aguas afectadas; 134 km de carretera afectada, 16 km de carretera destruida, 3.4 km de otros afectados y 1.8 km destruidos; 280 ha de cultivos afectados, 37 ha de terreno de cultivos destruidos, 520 aves perdidas y 1034 animales perdidos.

Cuadro 6.1
Peligros geológicos ocurridos en el departamento de Junín (continuación)

Fecha	Evento y descripción
2/5/2007	Huaico en la quebrada Huatziroki, como consecuencia de las fuertes precipitaciones pluviales se produjeron huaicos afectando terrenos de cultivos, viviendas y pobladores en la localidad de Perené, provincia de Chanchamayo. Dejó 512 personas afectadas y 224 damnificados; un centro educativo afectado; 128 viviendas afectadas, 56 y destruidas; 30% de servicios de agua afectados, 30% de servicios de desagües afectados; 60 km de carreteras afectadas y 5 km de caminos rurales afectadas.
3/7/2007	Deslizamiento en el anexo Andrés Avelino Cáceres, del sector Vista Alegre, se produjo como consecuencia de las fuertes lluvias, afectando a los pobladores del anexo de Andrés Avelino Cáceres, distrito y provincia de Chanchamayo. Dejó dos damnificados y un fallecido.
8/9/2007	Huaico en La Merced, se produjo como consecuencia de las constantes lluvias, afectando a la localidad de La Merced en el distrito y provincia de Chanchamayo. Dejó 15 damnificados y cinco viviendas destruidas.
12/20/2007	Huaico en la localidad de Gran Playa Norte, se produjo como consecuencia de fuertes precipitaciones pluviales en el distrito Perené, provincia Chanchamayo, dejó dos damnificados, dos fallecidos y una vivienda destruida.
1/15/2007	Inundación en los sectores Cochach Chico, Culpa Alta, Culpa Baja, como consecuencia de lluvias intensas y granizadas en el distrito El Tambo, provincia Huancayo; dejó 439 personas afectadas, 127 damnificadas y una fallecida; un centro educativo afectado; 87 viviendas afectadas y 25 destruidas; 0.46 km de canal de regadío afectados; 6 ha de cultivo afectadas y 620 cuyes perdidos.
1/8/2007	Inundación en el distrito Huancán, debido a las fuertes precipitaciones pluviales, causando diversos daños en la provincia de Huancayo. Dejó 31 personas afectadas y dos damnificadas; seis viviendas afectadas y una destruida.
4/7/2007	Deslizamiento en el anexo Andrés Avelino Cáceres, en el sector Cedro Cocha, como consecuencia de las fuertes lluvias, se produjo un deslizamiento causando daños en el anexo de Andrés Avelino Cáceres, distrito Río Negro y provincia Satipo. Dejó 15 damnificados, tres viviendas destruidas y 7 ha de cultivos afectados.
1/24/2008	Inundación en la localidad La Merced, como consecuencia de lluvias fuertes se ocasionó el desborde de los ríos Toro, Bellavista, Garou y Quispe, generando inundaciones en las márgenes de la rívera de la localidad La Merced en el distrito San Ramón, provincia Chanchamayo. Dejó 1145 personas afectadas y 229 viviendas afectadas.
1/27/2008	Huaico en la localidad de Santa Clara, como consecuencia de lluvias fuertes por más de 6 horas provocaron un huaico en el distrito San Ramón, provincia de Chanchamayo. Dejó 67 personas afectadas y 32 damnificadas; 17 viviendas afectadas y 7 destruidas; 1 km de carretera destruida.
2/25/2008	Inundaciones en el distrito de Pichanaqui, como consecuencia de lluvias intensas y torrenciales por más de 16 horas, causando diversos daños en el distrito Pichanaqui, provincia Chanchamayo. Dejó 445 personas afectadas y una fallecida; 129 viviendas afectadas y 3 km de carretera afectada.
4/24/2008	Inundación en la localidad La Merced, como consecuencia de lluvias fuertes se ocasionó el desborde del río Toro en el distrito y provincia de Chanchamayo. Dejó 136 damnificados; 29 viviendas afectadas y 26 destruidas; 1 km de camino afectado y 1 pozo de agua destruido.
1/10/2009	Inundación en la localidad de Chuchupampa, a consecuencia de lluvias intensas con granizadas con duración de 15 horas provocaron el desembalse y colapso de canales de riego y la inundación de viviendas y terrenos en el distrito y provincia de Tarma. Se registró 25 personas afectadas y 11 damnificadas; siete viviendas afectadas y dos destruidas; 0.18 km de canal de riego afectados; 1 ha de terreno cultivo afectadas; 2.5 ha de terrenos de cultivos destruidos y 60 cuyes perdidos.
4/8/2009	Huaico en la localidad de San Ramón, el aumento del caudal del río Tarma producto de las lluvias intensas ocasionó la pérdida de la plataforma de la Av. Fray Gabriel, en la localidad de San Ramón, distrito Santo Domingo, provincia Huancayo. Dejó 40 damnificados, siete viviendas destruidas, 30% servicios de agua afectados, 30% servicios de desagüe afectados y 3 km de carretera destruida.

Cuadro 6.1
Peligros geológicos ocurridos en el departamento de Junín (continuación)

Fecha	Evento y descripción
4/12/2009	Inundación en la localidad de Progreso, el deshielo de la nieve acumulada en las partes altas y las intensas lluvias provocó el incremento del caudal de los ríos Quero y Yacus, los cuales se desbordaron afectando a personas y viviendas en la localidad de Progreso en el distrito Huertas, provincia Jauja. Dejó 49 personas afectadas y 50 damnificadas, nueve viviendas afectadas y 13 destruidas, 50% servicios de agua afectados, 5% servicios de agua destruidos, 3 ha de cultivos afectadas, tres aves y 12 cuyes perdidos.
1/22/2010	Huaicos en la localidad de las Palmas-Ipoki, como consecuencia de lluvias intensas en el distrito de Pichanaqui, provincia Chanchamayo, se registró cuatro personas afectadas y seis damnificadas; una vivienda afectada y una destruida y 0.5 ha de cobertura natural destruidas.
1/27/2010	Huaico en la localidad de Belén de Anapiari, como consecuencia de las constantes lluvias se produce un huaico en la localidad de Belén de Anapiari, distrito de Pichanaqui, provincia de Chanchamayo. Dejó 29 personas afectadas y 48 damnificadas; seis viviendas afectadas y 10 destruidas; un centro educativo afectado; un local comunal afectado; un puente afectado; 36 ha de terreno de cobertura afectados; 120 ha de terreno para riego afectados y 47 ha de terreno para riego destruidos.
1/30/2010	Huaico en la localidad de Belén de Anapiari, como consecuencia de las intensas lluvias se produce un huaico en la localidad de Belén de Anapiari, distrito Pichanaqui, provincia Chanchamayo. Dejó 13 personas afectadas, 22 damnificadas, una fallecida y una herida; cuatro viviendas afectadas, cinco destruidas; 3 km de carretera destruidas, 4 ha de terreno de cobertura afectados, 5 ha de terreno de cobertura destruidos, 2 ha de terreno para riego afectados y 4 ha de terreno de cultivos para riego destruido.
1/20/2010	Inundaciones en las localidades de Auquimarca, Chilca y Llamus, como producto de fuertes lluvias se produce una inundación en las localidades del distrito Chilca, provincia Huancayo. Dejó 129 personas afectadas y 72 damnificadas; 26 viviendas afectadas y 10 destruidas.
1/4/2010	Huaico en la localidad de Marancocha, como consecuencia de intensas lluvias se produce un huaico en el distrito Monobamba, provincia Jauja. Dejó 60 personas afectadas, siete damnificadas y dos fallecidas; 16 viviendas afectadas y dos destruidas; 2 km de carretera afectadas, 4 ha de cultivo de café destruidas y 1 ha de cultivo de frutales destruido.
1/29/2011	Deslizamiento en la localidad de Huayanay, se produjo como consecuencia de fuertes lluvias en el distrito de Monobamba, provincia Jauja. Dejó 3500 personas afectadas, 1 km de carretera destruida y 1 puente destruido.
2/24/2011	Inundación en las localidades de Cumimarca, Molinos y Quero, como consecuencia de intensas lluvias se desbordó el río Molinos afectando a las localidades del distrito Molinos, provincia Jauja. Dejó 480 personas afectadas, 676 damnificadas; 88 viviendas afectadas y 186 destruidas; dos centros salud afectados, un local comunal afectado, dos templos religiosos afectados, 100% servicios eléctricos afectados; 1 km de camino rural destruido, 3 km de carreteras afectadas, 1 km de carretera destruida y cinco puentes destruidos; 2 ha de cultivo afectados y 10 cabezas de vacuno afectados.
11/18/2011	Huaico en la localidad de Andamarca, debido a las intensas precipitaciones pluviales se produjo un huaico en el distrito de Andamarca, provincia de Concepción. Dejó 71 personas afectadas y 84 damnificadas; 21 viviendas afectadas y 20 destruidas; un centro educativo afectado, un local público afectado; 100% de servicios de agua potable destruidos; 0.30 km de carretera afectada; 180 aves y 130 cuyes perdidos; y 3 ha de cultivos afectadas.
3/10/2011	Inundación en la localidad de Racralla, se registró una inundación a causa de las intensas lluvias en el distrito de Comas, provincia de Concepción. Dejó 97 personas afectadas y 96 damnificadas; 23 viviendas afectadas y 22 destruidas; un centro educacional afectado; un local comunal afectado y 0.10 km de carretera afectada.
1/23/2012	Inundación en la localidad La Merced, como consecuencia de fuertes lluvias se desbordó el río Chanchamayo en el distrito y provincia de Chanchamayo. Dejó 400 personas afectadas y un establecimiento público afectado.
12/22/2012	Huaicos en el distrito Chanchamayo, se produjeron huaicos a consecuencia de las fuertes lluvias, afectando a las localidades de Alto Penedo, La Alianza, La Elsa, La Merced, La Perla, La Romilda, Nijandaris, Pampa Michi, Porvenir Miraflores, Quebrada del Carmen, Quimiri Centro, Quisque, Río Colorado, Río Toro, San José Alto Vaquería, Santa Rosa y Vaquería. Dejó 237 personas afectadas, 22 damnificadas y cuatro heridas; 63 viviendas afectadas y seis destruidas; seis puentes afectados; un centro educativo afectado, cinco establecimientos comerciales afectados; 5 % de energía eléctrica afectado, 30% de servicio de agua potable afectadas y 50 % servicio de desagüe afectados y 28 km de caminos rurales afectados.

Cuadro 6.1
Peligros geológicos ocurridos en el departamento de Junín (continuación)

Fecha	Evento y descripción
12/22/2012	Inundaciones en el distrito Perené, se produjo como consecuencia del desborde del río Perené, afectando a las localidades de Boca Pumpurani, Perené, Pucharini, Puerto Victoria, Santa Rosa de Ubirique, Satélite y Shintoriato en la provincia de Chanchamayo. Dejó 263 personas afectadas y 37 damnificadas; 58 viviendas afectadas y 10 destruidas, 6 km de carretera afectada y 550 ha de cultivo afectados.
1/11/2012	Inundación en la localidad de Bajo Pichanaqui, se produjo como consecuencia de las intensas lluvias en el distrito Pichanaqui, provincia Chanchamayo. Dejó 140 personas afectadas y 178 damnificadas; 20 viviendas afectadas; 3 km de carretera destruida; 0.10 km de terrenos de cultivo afectados y 2 km de cobertura natural perdidos.
12/22/2012	Inundación en las localidades de Auvernia, Challhuapuquio, Chunchuyacu, Naranjal, Puente Herrería y Puente la Victoria, a consecuencia de fuertes lluvias se desbordó el río Tarma en el distrito de San Ramón, provincia de Chanchamayo. Dejó 720 personas afectadas; 122 viviendas afectadas; 0.30 km de carretera afectada, tres puentes afectados, 70% de servicio de telefonía fija afectados, 120 km de terrenos de cultivos afectados, 8 ha de cobertura natural afectadas y 4 ha de cultivo perdidos.
2/7/2012	Inundación en la localidad de Chacapampa, como consecuencia de las intensas lluvias en la zona se produjo inundaciones en la provincia Huancayo. Dejó 180 personas afectadas; 30 viviendas afectadas; 0.02 km de carretera destruida; un puente destruido y 50 ha de cultivo de afectadas.
2/15/2012	Inundación en la localidad de Satipo, como consecuencia de lluvias intensas se desbordó el riachuelo San Francisco en la provincia Satipo. Dejó 2500 personas afectadas.
2/20/2012	Deslizamiento en la localidad de San Antonio, como consecuencia de lluvias intensas se produjo un deslizamiento en el distrito Llaylla, provincia Satipo. Se registraron 172 personas afectadas y 28 damnificadas; 48 viviendas afectadas y 4 destruidas.
3/13/2012	Inundaciones en las localidades de Río Bertha, Alto río Bertha y Río Santa, debido a las fuertes lluvias se produjo desborde del río Bertha en el distrito Río Negro, provincia Satipo. Dejó 52 personas afectadas y 22 damnificadas; 12 viviendas afectadas, cuatro destruidas; 1.50 km de carretera afectada, y 0.15 km de carretera destruida.

Fuente: Elaboración propia de la base de datos de INGEMMET y compendios estadísticos de Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2006-2012.

6.3 PELIGROS GEOLÓGICOS Y SUSCEPTIBILIDAD EN LA REGIÓN

El peligro/amenaza geológica es un proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (Naciones Unidas. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, 2009). Los peligros geológicos incluyen procesos terrestres internos (sismos, actividad volcánica) y procesos terrestres externos afines como el de movimientos en masas. Los factores hidrometeorológicos son elementos que contribuyen considerablemente en alguno de estos procesos.

Los peligros geológicos por movimientos en masa, los peligros geohidrológicos (erosión fluvial e inundaciones) y los denominados otros peligros geológicos (erosión de laderas) fueron cartografiados utilizando los mapas topográficos del IGN e inventariados utilizando una "ficha o formato de inventario" donde se consignan datos morfológicos, geomorfológicos, geológicos, geotécnicos y de evaluación del peligro, de forma adecuada y

fácil llenado. Cada ocurrencia tiene un código de identificación, que ha sido asignado de acuerdo con la numeración de 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 que permitió su representación gráfica (Mapa 6), y que permitió 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 los años 2003 y 2006, el INGEMMET desarrolló los estudios de Riesgos Geológicos de las franjas No.3 y No.4, entre los paralelos 10°00' - 12°00' y 12°00' - 14°00' de latitud sur, respectivamente, en cuya parte central se encuentra la región Junín. Entre los años 2011 y 2012 se realizó el Estudio Mapa de Riesgos Geológicos por Regiones: Lima, Pasco, Junín, cuyos trabajos de campo se realizaron durante los años 2011 y 2012, en las regiones mencionadas, acumulándose un total de 120 días de trabajos de campo.

La conjugación de los datos existentes de los estudios mencionados, registraron un total de 1762 procesos geológicos (Gráfico 6.1).

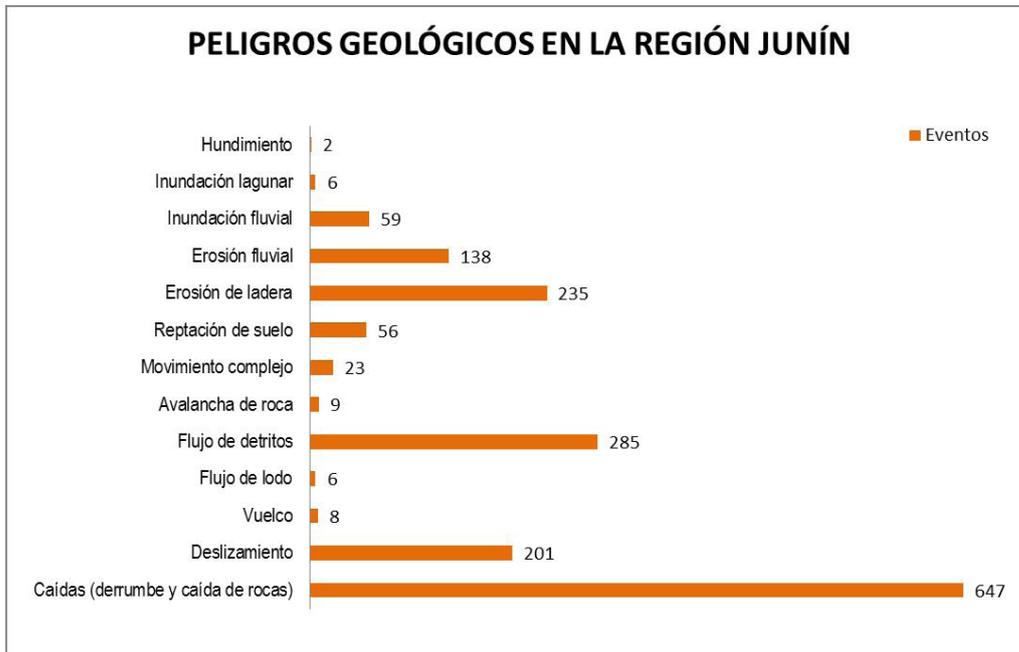


Gráfico 6.1 Inventario de peligros geológicos en el departamento de Junín.

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 de forma conjunta el mapa de inventario de peligros y el mapa geomorfológico.

En el Gráfico 6.2 se aprecia un primer análisis estadístico de las ocurrencias de peligros geológicos según su origen de la región Junín: por movimientos en masa representan la mayor cantidad de ocurrencias con un total de 1285 eventos, que representa el 72.9 % del total; peligros geohidrológicos con 211 ocurrencias, lo que representa el 12.0 % del total y, finalmente, los denominados otros peligros geológicos tienen 266 ocurrencias, y representa el 15.1% del total

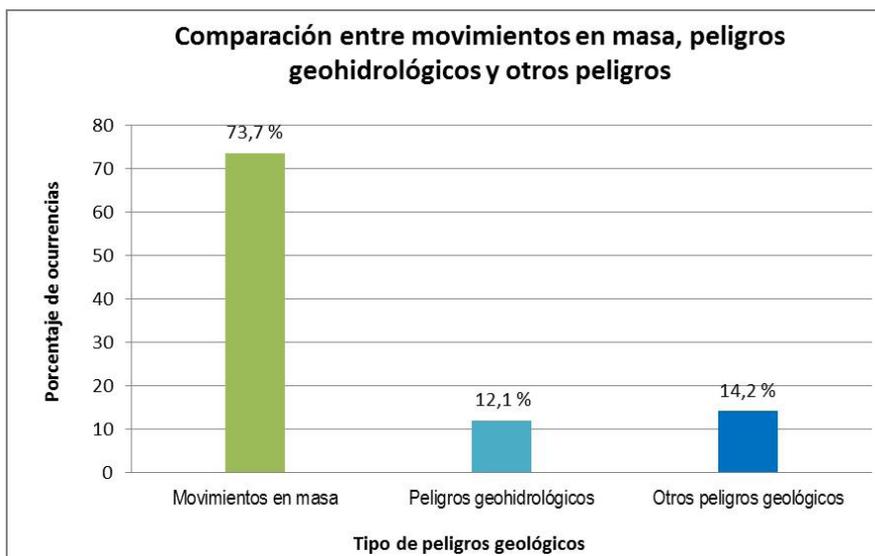


Gráfico 6.2 Ocurrencia de peligros geológicos.

6.3.1 Movimientos en masa

La región Junín, por sus características geomorfológicas y climáticas, se encuentra expuesta a la ocurrencia de movimientos en masa que han sido identificados por medio de la interpretación de fotos aéreas, imágenes satelitales y con ayuda del Google Earth, las cuales fueron 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 pre factibilidad.

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.

Distribución y Tipología de los movimientos en masa

Los movimientos en masa están agrupados en seis tipos: flujos (flujos de lodo, flujos de detritos, inundación de detritos, flujos de tierra, 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 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, 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, están 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, tiene 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 retienen los movimientos, tampoco absorben el exceso de agua infiltrada

a alguna profundidad, como sucede con las especies 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 en los cortes de la carretera dejan zonas inestables.
- Existencia de depósitos antiguos de remoción en masa, potentes, con presencia de escarpas 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 hacen que los suelos se tornen más propensos a la ocurrencia de movimientos en masa. Las operaciones de mina en los

bordes del tajo, con disposición de material estéril en forma inestable, son susceptibles a remoción en masa con lluvias estacionales, los cuales pueden provocar derrumbes y generación de flujos.

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: ocurre en laderas de montañas y colinas de moderada a fuerte pendiente, frentes rocosos escarpados, montañas estructurales asociadas a litologías de diferente naturaleza (sedimentarias, ígneas y metamórficas), en el que uno o varios bloques de rocas se desprenden de una ladera, desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Figura 6.1). Están sujetas a fuerte fracturamiento, así como en taludes, al efectuarse cortes en laderas para obras civiles (carreteras y canales).

Derrumbe: Es la disgregación de uno o varios bloques de suelo

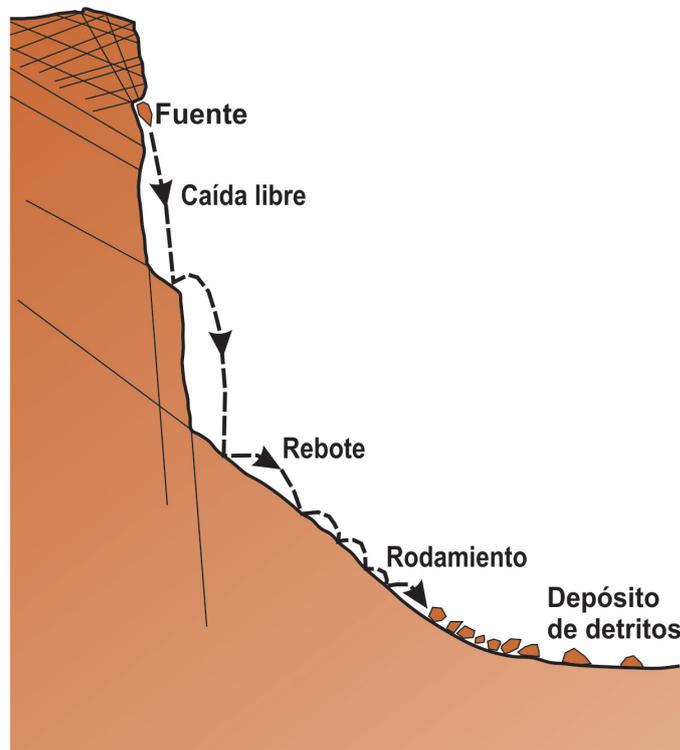


Figura 6.1 Esquema de caída de rocas (Varnes, 1978).

o rocas que se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Forma en la base un depósito caótico de material grueso, producido por el socavamiento de la base de riberas fluviales, o

en 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).



Figura 6.2 Esquemas de derrumbes.

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 rápido 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 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.

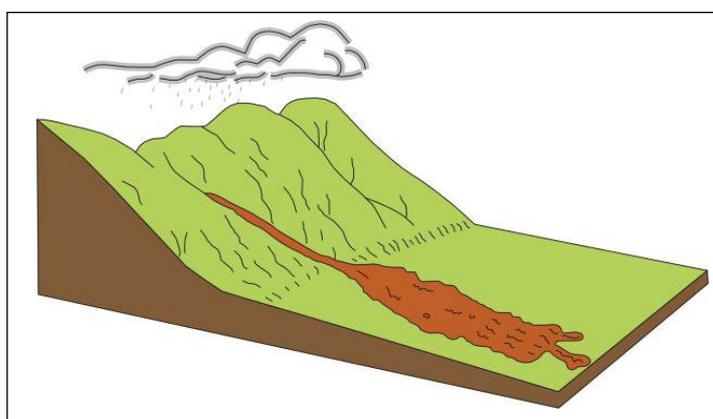


Figura 6.3 Flujo de detritos.

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 (Hung et ál, 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 (Hung et ál, 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. Las avalanchas de rocas son flujos de gran longitud extremadamente rápidos, de roca fracturada, que resultan de deslizamientos de roca de magnitud considerable

(Hung et a., 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 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.

Deslizamientos

Es un movimiento que va 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).

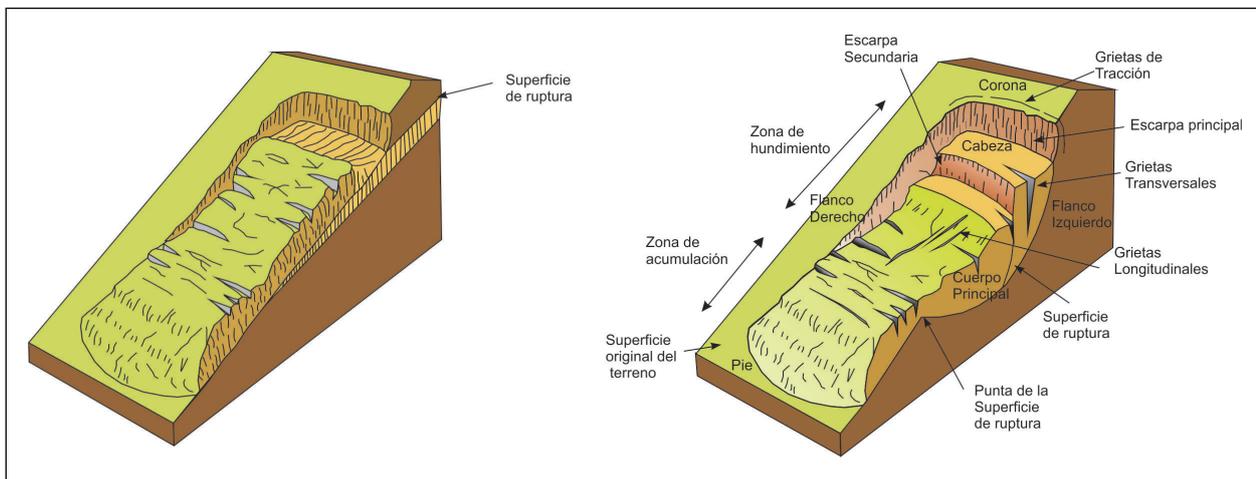


Figura 6.4 Tipos de deslizamiento: a) traslacional, b) rotacional.

MOVIMIENTOS COMPLEJO

Su denominación está dada por la conjunción o combinación de dos o más procesos de movimientos en masa en un sector. Se

presentan en la región los derrumbes-flujos, deslizamiento-flujos u otro movimiento en masa de carácter complejo (Figura 6.5).

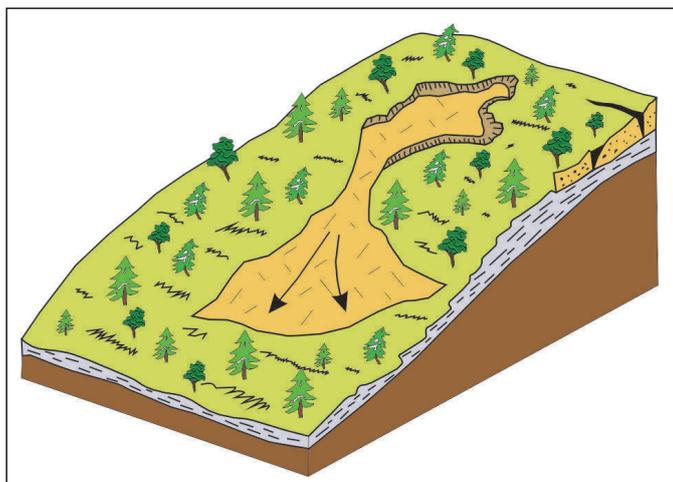


Figura 6.5 Esquema de movimiento complejo.

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).

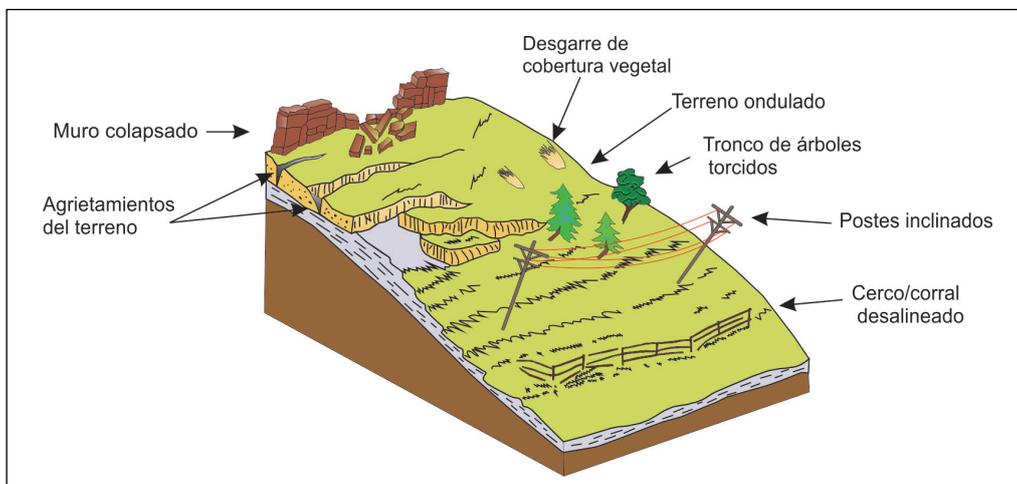


Figura 6.6 Esquema de reptación.

Vuelcos

Se denomina así cuando hay una rotación generalmente hacia delante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades

adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Varnes, 1978). Se da en rocas relativamente competentes, donde el fallamiento ocurre por pérdida de estabilidad y rotación de uno o varios bloques a partir de un punto en su base, semejante al vuelco de libros en un estante (Figura 6.7).

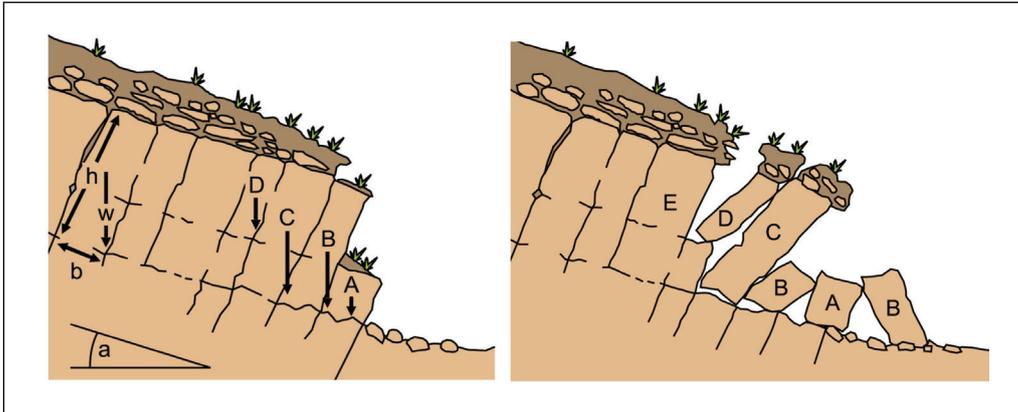


Figura 6.7 Esquema del vuelco en bloques (Varnes, 1978).

Frecuencia de Ocurrencia

En la región Junín hay referencia de un moderado a alto índice de ocurrencia 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 (1285 ocurrencias) se aprecia en el Gráfico 6.3. Muestra los derrumbes en primer lugar (580), flujos de detritos (297), deslizamientos (209), caída de rocas (80), movimientos complejos (26), reptaciones (56), avalanchas de rocas (9), alud (9), vuelcos (8), flujos de lodo (6) y flujos de tierra (1).

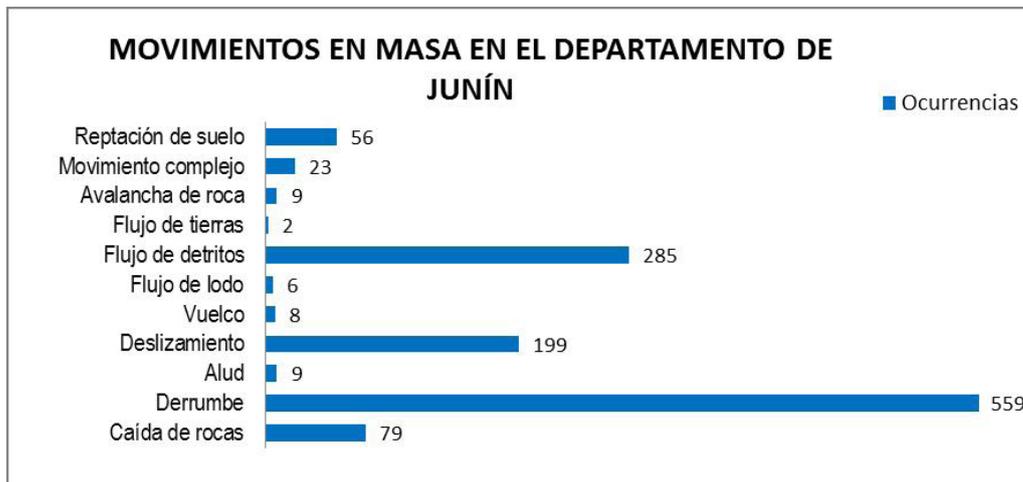


Gráfico 6.3 Ocurrencias de movimientos en masa en el departamento de Junín.

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

Unidad Litológica	Caídas	Deslizamientos	Flujos	Mov. Complejos	Reptación	Vuelco
Depósitos residuales	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
Depósitos fluviales	4.9	0.0	2.2	0.0	0.0	0.0
Depósitos coluvio-deluviales	3.1	2.1	1.6	0.3	0.3	0.0
Depósitos lacustrinos	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
Depósitos glaciares	7.0	3.1	3.4	0.7	1.0	0.0
Depósitos químicos	0.3	0.1	1.2	0.1	0.0	0.0
Depósitos aluviales	14.3	2.2	15.8	0.1	0.6	0.1
Granitos, monzogranitos y sienogranitos	14.3	3.4	4.2	0.0	0.1	0.0
Adamelitas, granodioritas	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Dioritas, tonalitas, microdioritas, gabrodioritas y gabros	1.9	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
Pórfidos, hipabisales	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tobas y brechas piroclásticas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0
Secuencias lávicas	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Lavas y piroclásticos	0.4	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
Tobas y lavas dacíticas y traquiandesíticas intercaladas con areniscas, lutitas y conglomerados	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
Tobas y brechas basálticas, lavas y tobas andesíticas, intercaladas con areniscas, lutitas y conglomerados	5.4	1.2	1.8	0.0	0.3	0.0
Calizas, lutitas carbonosas, limoarcillitas y margas	18.5	4.9	5.5	1.8	1.6	0.3
Areniscas, lutitas y limolitas	8.7	3.4	2.1	0.1	1.2	0.1
Conglomerados, areniscas, lodolitas, limoarcillitas y lutitas	10.0	4.0	3.9	0.0	2.5	0.3
Areniscas cuarzosas y cuarcitas	0.7	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
Calizas macizas	1.8	0.4	0.7	0.1	0.3	0.1
Areniscas, limolitas y lodolitas	1.5	0.6	1.0	0.0	0.0	0.0
Esquistos y esquistos micáceos	3.9	3.7	1.8	0.1	0.0	0.0
Gneis	1.3	1.0	0.4	0.0	0.0	0.0
Filitas y esquistos	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
N° de movimientos en masa inventariados	669	209	317	26	56	8
% total de movimientos en masa inventariados	52.1	16.3	24.7	2.0	4.4	0.6

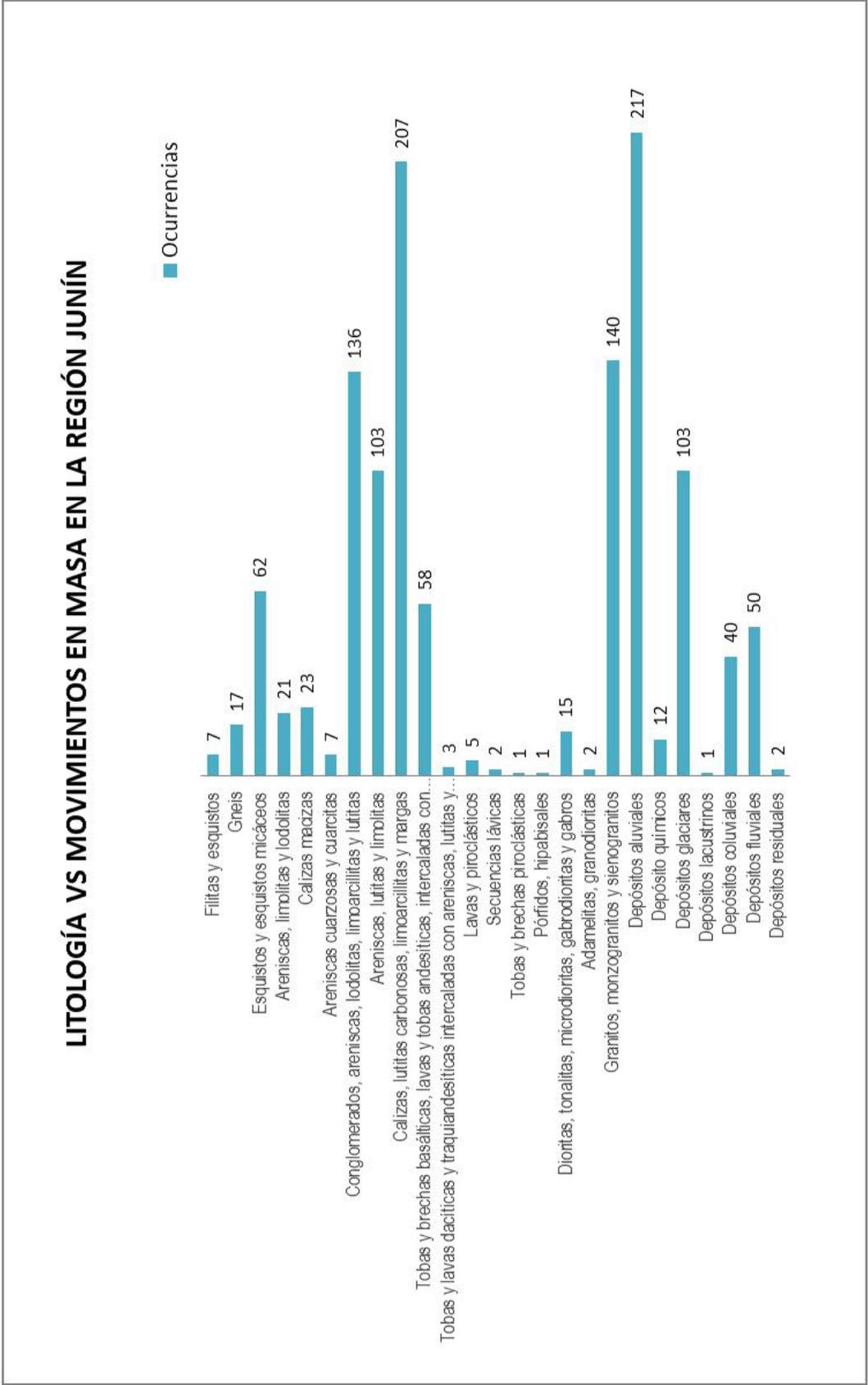


Gráfico 6.4 Litología vs movimientos en masa en el departamento de Junín.

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 agrupado en seis tipos.

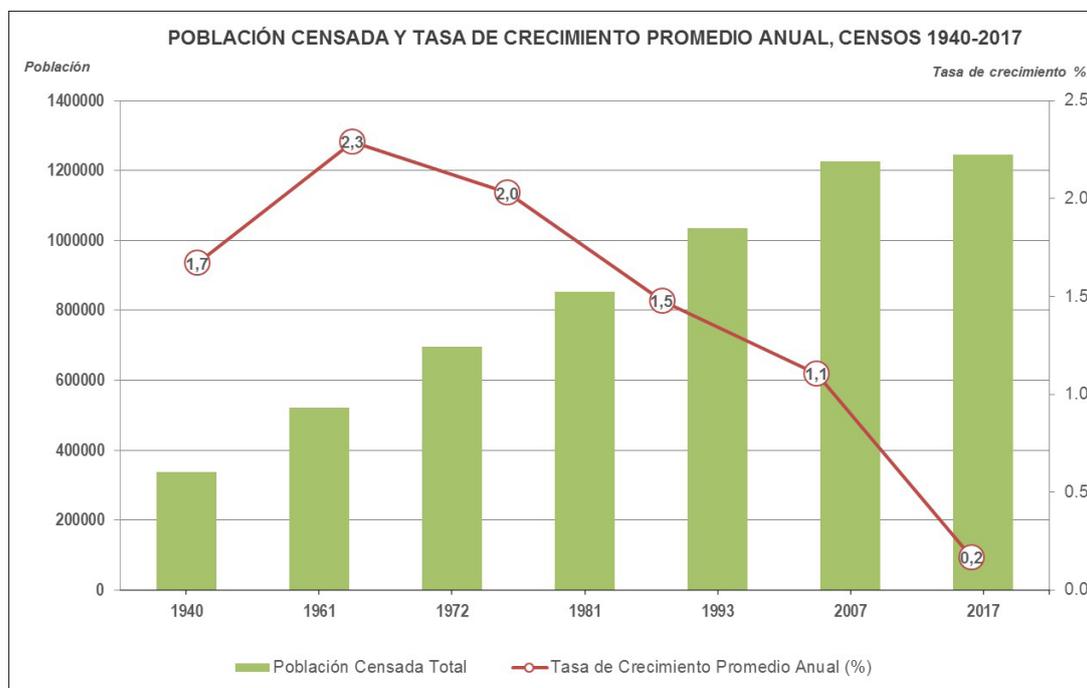


Gráfico 6.5 Porcentaje de ocurrencias de movimientos en masa en el departamento de Junín.

- Derrumbes y caída de rocas (52.1 %): constituyen la mayor cantidad de ocurrencias con 669 eventos como derrumbes y caídas inventariados. Las caídas se presentan en muchos sectores de la región en función al tipo de afectación (substrato rocoso), ocasionan 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. Son frecuentes en frentes montañosos estructurales en rocas sedimentarias, principalmente en calizas, areniscas, conglomerados, lutitas y lodolitas de las Formaciones Chonta, Chulec, Celendin, Chambará, Grupos Copacabana, Pucará, Tarma, así como en granitos de la Unidad Huaracas y Villa Azul y dioritas Cayash, y en menor proporción en lavas y piroclastos del Volcánico Calipuy. Además, se da en rocas metamórficas de los Complejos Huaytapallana, Maraynioc y Maraón. La región, también, presenta cobertura glaciar que

en los últimos años se ha visto disminuida, condicionando la ocurrencia de desprendimientos en forma de avalanchas de detritos de gelifración en sus vertientes por efectos del cambio climático y retroceso glaciar que afecta a gran parte de los Andes peruanos.

Los derrumbes se localizan principalmente a lo largo de taludes de corte de carreteras que atraviesan rocas muy fracturadas y de mala calidad, como sucede en la carretera central Pachachaca-La Oroya, La Oroya-Llocllapampa, Hausahuasi-San Ramón, La Merced-Perené, Pedregal-Monobamba, Carrizal-Satipo, Vista Alegre-Andamarca-Santo Domingo de Acobamba que, en cada periodo lluvioso, donde sus valores de precipitación se encuentran por encima de los valores normales, producen el colapso de varios kilómetros del talud superior de carretera, impidiendo el paso de vehículos y transeúntes. Estos derrumbes también han sido identificados a lo largo de la carretera marginal km 14+731, km 21+300, km 33+800 – km 48+100, km 62, Trocha Purus - Sanchirio Palomar, entre otros (Fotografías 6.1 - 6.3).



Fotografía 6.1 Caidas en talud superior de trocha a la altura del km 0+260 Río Colorado-Río Perla, en la margen izquierda del río Colorado.



Fotografía 6.2 Derrumbes en talud superior de la trocha carrozable Congas-Tapo, altura del km 26+000.



Fotografía 6.3 Derrumbes en talud superior de la carretera Ingenio-Ranra.

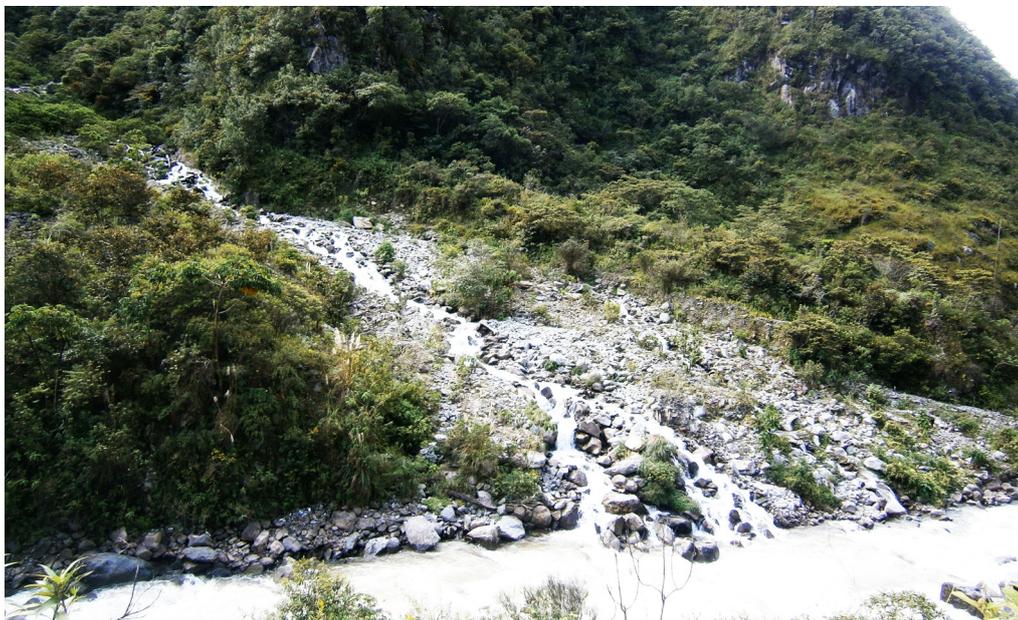
- Flujos de detritos, flujos de lodo, flujos de tierra y avalancha de rocas/detritos (24.7%): en segundo lugar se presentan 317 ocurrencias, principalmente en materiales de fácil susceptibilidad a la erosión pluvial (rocas sedimentarias como areniscas, calizas, conglomerados y capas rojas sedimentarias poco competentes). Se generan huacos 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 que se puede encontrar grandes depósitos de abanicos de flujos de detritos en los valles de los ríos Mantaro, Perené, Ene, Tambo y por sus tributarios Satipo, Tulumayo, Ulcumayo, Paucartambo, Quiteni, entre otros. Muchos de estos ríos presentan grandes depósitos de flujos de detritos, principalmente los que drenan hacia la vertiente del Océano Atlántico; sin embargo, no siempre se encuentran activos. Estos solo se activan cuando se presentan lluvias excepcionales, lo que muchas veces motiva la ocupación

antrópica de los mismos, al existir grandes periodos de calma. Ejemplos de estos flujos se muestran en los sectores Yanango, Pumahuisca, Naranjal, San Juan de Tulumayo, Pampa El Carmen, Capelo, Río Colorado, Puntayacu en la provincia de Chanchamayo; Chongos Bajo, Andamarca, San Juan de Carpa, río Comas en la provincia de Chupaca, Huichana, Pucacocha, Canchamalca, Alapampa, Pucala, Pomamanta, Sacsacancha en la provincia de Concepción; Ututuyoc, Pucapuquio, Talhuis, Jalla Lampa, Huancas, Pacchac en la provincia de Huancayo; Chacaybamba, Cochas, Collpa, Yauyos, Quero en la provincia de Jauja; Marcacocha, Jachahuanca, Tayapampa, Carhuamayo, Tambo, Puyay, Sasicucho, Uco en la provincia de Junín;

Buenos Aires, Bajo Capiro, Río Ipaki, puentes Pamay, Ricardo Palma y Pitucuna en la provincia de Satipo; Chucchay-Lucma, Agua Mellizo, Sharca, Yanco, Vilcabamba, Chuquisiunca, Huaracayo en la provincia de Tarma; y cerro Turpun, Huilcacancha, Pishkapuquio, Santa Rosa de Sacco en la provincia de Yauli, entre otras (Fotografías 6.4 al 6.6).

Las grandes avalanchas de rocas se localizan a lo largo de laderas de pendientes abruptas que pueden configurar acantilados, conformados por rocas calizas, areniscas y lutitas, y granitos como el caso de los sectores San José de Queros y San Pedro en la provincia de Concepción; Huantay en la provincia de Yauli y Hornomachay en la provincia de Junín.



Fotografía 6.4 Flujo de detritos en el sector Puente Yanango, en quebrada Agua Carmen en la izquierda del río Tarma



Fotografía 6.5 Flujo de detritos en la quebrada Toropaccha ocurrido el 13/03/2012 con presencia de bloques de hasta 2 m de diámetro.



Fotografía 6.6 Flujo de detritos en el río Chanchamayo cerca del tunel Río Blanco.

- Deslizamientos rotacional y traslacional (16.3 %): con 209 ocurrencias, tiene un área de afectación mayor que otros peligros y 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 se asocian a materiales compactos como son rocas volcánicas y sedimentarias (areniscas, lutitas y

limolitas), intrusivas (granitos y granodioritas), con poca área y volúmenes comprometidos hasta configurar verdaderos mega deslizamientos, como los que se encuentran en los sectores, Cochayac, en los cerros Huayancayoc, Huascacocha, Churupata, Ñahuin, Santa Clara de la provincia de Tarma; sectores José Galvez, La Florida, Puerto Victoria, Zona 8 en la provincia Chanchamayo; Punco, Cochas, Villa Mushka, Runatullo Pampa, Matapa, Tampus, Puquian, Chayhua, Comas en la provincia Concepción; Pariahuanca, Aticocha, Matapuquio, Acopalca, Chongos Altos, Huachina, Astillería, Verdecocha, Chaupimarca, Ranra en la provincia Huancayo; Rundayacu, Pichapuquio, Pucará,

Tambopaccha, Antapata, San José en la provincia Jauja; en el cerro Huacani-Ulcumayo, San Blas, San Miguel de Cuchus en la provincia Junín; Huancamayo, Nuevo Amanecer, Ene, Nuevo Capiri en la provincia de Satipo; y Suiticancha, Chocay, Santa Ana, Morococha, Marcapomacocha en la provincia de Yauli, entre otros (Fotografías 6.7 y 6.8).

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; sin embargo, sí ocurrieron movimientos en masa en el pasado.



Fotografía 6.7 Deslizamiento rotacional reactivado en el Cerro Rargapunta, sector de Huasahuasi; para estabilizar su avance han sembrado árboles de eucaliptos.



Fotografía 6.8 Deslizamiento en el cerro Huancarumi, entre la quebrada Metarayoc y río Huasahuasi.

- Movimientos complejos (2.0 %): se tiene este tipo de proceso con 26 ocurrencias. Agrupa las ocurrencias combinadas de eventos de deslizamiento-flujos, derrumbe-flujos, deslizamiento-flujo de tierras, caída de rocas-flujo de detritos

u otro movimiento en masa de carácter complejo como el ocurrido en San Francisco de Macón, Machaypata, Tambo, Lazo Huntay, Boca Satipo (Fotografía 6.9), entre otros.



Fotografía 6.9 Derrumbe-flujo en el sector Boca Satipo, en el km 46+158, ocurrió el 07/03/2012 a la 1 am, en la margen izquierda del río Pangoa reactivado a manera de derrumbes y erosión en cárcavas que aportan material a la quebrada, que en época de lluvias puede generar huaicos y obstruir la carretera central.

- Reptaciones (4.4%): los procesos de reptación de suelos con 56 ocurrencias se encuentran distribuidas a lo largo de zonas de bofedales, altiplanicies y zonas periglaciares. Generalmente, afectan zonas de laderas de moderada a suave pendiente con pastizales como en las laderas de los cerros Antacucho, Condorhuair, Morada, Lachac-Huajanan, Mucha, Campanayoc, Nuño; y escasos taludes

de carreteras. Al afectar la cobertura de suelos superficiales, pueden constituir el proceso inicial de deslizamientos, derrumbes o movimientos complejos como en los sectores Ondores, Santa Ana, Chucupata, Cubantía, Muchac (Fotografía 6.10), Cachirumi, pampas de Marcacocha, Mal Paso, Churco, entre otros.



Fotografía 6.10 Reptación de suelos en el sector Muchac, en la margen derecha de la quebrada Sacsacancha, provincia de Jauja.

- Vuelcos (0.6%): en la región se inventariaron 8 ocurrencias en los sectores Acucho (Chupaca), Huachijulu, cerros Huayapunco, Quillcay y Cruz (Concepción), Huaymanta (Yauli) y Cruzpata (Jauja); en rocas sedimentarias (calizas, areniscas y lutitas) y volcánicas (tobas, lavas dacíticas).

factores o sobreposición de mapas temáticos con ayuda del GIS (método cualitativo heurístico), donde se dan valores a cada parámetro condicionante.

Para ello se han integrado los mapas temáticos de pendiente de los terrenos, geomorfología, litología, cobertura vegetal y uso de suelo, hidrogeología, con diferentes porcentajes para cada uno de ellos (Cuadro 6.3); asimismo, diferentes pesos para las unidades diferenciadas en cada uno de ellas en forma independiente (Cuadro 6.4). Esto permitió zonificar la región en rangos de susceptibilidad desde muy alta a muy baja (Mapa 7).

6.3.1.1 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 lograrlo es la combinación de

Cuadro 6.3

Ponderación de variables temáticas

Variable	Descripción	Obtención	Peso
Pendiente (P)	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).	20
Geomorfología (G)	Unidades geomorfológicas de acuerdo a su amplitud de relieve, altura relativa, pendiente y asociación morfogenética.	Interpretación de imágenes satelitales, cartas topográficas y chequeo de campo a escala 1:100,000 (Mapa 4).	30
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 (Mapa 2).	25
Cobertura Vegetal y Uso de Suelo (CV)	Diferentes tipos de vegetación natural y cultivos. Se estima en forma cualitativa de acuerdo a la presencia o ausencia de cobertura vegetal. Se incluyen las áreas urbanas, lagunas y embalses.	En base al mapa de cobertura vegetal y uso de suelo (MINAM, 2012) 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 a escala 1:1'000,000. (Mapa 5)	15

Cuadro 6.4

Unidades consideradas y susceptibilidad a los movimientos en masa en el departamento de Junín

Factores	Susceptibilidad				
	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Pendiente	< 1°	1° - 5°	5° - 15°	15° - 25° > 45°	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 gelificación • Vertiente coluvial de detritos • Morrenas • Valle glacial con laguna • Ladera en roca sedimentaria 	<ul style="list-style-type: none"> • Pie-demonte 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 • Glaciar
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

Los grados de susceptibilidad se describen en el Cuadro 6.5, 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:

$$SMM = \frac{SCV (0.10) + SH (0.15) + SG (0.30) + SP (0.20) + SL(0.25)}{5}$$

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 6.5
Susceptibilidad a los movimientos en masa en el departamento de Junín

Distribución geográfica	Recomendaciones
<p>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.</p> <p>Sector occidental de la región: vertientes de laderas de los ríos Mantaro (Cullhuas, Lloclapampa, Yanacancha, Curiaca), Huasahuasi (Huasahuasi), Ucumayo (Ucumayo), Canap, Quilcatacta), Chia (Ingenio), Chuyapata (Tapo), y los cerros Turpur, Hatunchota, Marca Marca, Jachaloma, Ventanilla, Patacancha en la margen derecha del río Mantaro; los cerros Gestigash, Pullhuaynjoj, Arcapaco, Pusaullo, Mataorjo en la margen izquierda del río Mantaro (carretera La Oroya-Jaujaj); vertientes inferiores de las laderas de la quebrada Jatun Mulliqui, río Molinos y río Masma (entre Molinos y Masma), río Yauli (carretera central Huacha-La Oroya), entre otros. En el sector central de la región: laderas en los valles de los ríos Andamarca, Acobamba, San Fernando hacia el sur central de la región que limita con la región Huancavelica, margen izquierda del río Mantaro (La Boca); vertientes de las laderas de los cerros Hulacara El Palomar, Guapen, Pachochari, flanco occidental de la Cordillera San Carlos, entre otros. Sector oriental de la región: laderas de los cerros Ashibantpangoni, Caprobantí, Santa María, Iroquija, Mensorivanti y Mamarohuato, entre otros.</p>	<p>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.</p>
<p>SUSCEPTIBILIDAD ALTA: Confluyen la mayoría de las condiciones del terreno favorables a generar movimientos en masa, cuando se modifican sus taludes. Colinda con zonas de muy alta susceptibilidad.</p> <p>Tienen una distribución importante en la región en: Sector occidental de la región: laderas de los cerros Quiuyasa (San José de Quero), sector Siutucancha, Huayhuay, ladera de los cerros Yuracancha, Yanac Puquio, Cumbre, Antahuato (alrededores de La Oroya), Ancan Punta (al oeste de la laguna Junín), entre otros. Zona central de la región: sector Pampa Hermosa, Cerro La Cumbre al sureste de La Merced (Chanchamayo) y cerros Puy Puy, entre otros. Zona oriental de la región: Flanco oeste del cerro Caperusilla. Laderas estructurales a lo largo de las quebradas Enejani, Pichiquia, Chiquireni, Quileni y Calshingari, entre otros.</p>	<p>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.</p>
<p>SUSCEPTIBILIDAD MEDIA: Presenta algunas condiciones favorables para producir movimientos en masa.</p> <p>Con una regular distribución se encuentran principalmente en laderas de colinas sedimentarias y volcánicas como la de los cerros Aymara, Pucnapuna, Chaupi Ranra, Amaro Punta, Loma Condorhuayin, cerro Cotacancha Chico; en el sector occidental de la región, vertientes de laderas de los ríos Anapati y Ene, entre otros; en el sector oriental de la región, terrenos ubicados en las cabeceras de región.</p>	<p>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.</p>
<p>SUSCEPTIBILIDAD BAJA: Las condiciones intrínsecas del terreno no son propensas a generar movimientos en masa.</p> <p>Se localizan en la zona de bofedales alrededores de la laguna Junín y pampas Cascamachay disectadas por los ríos Mantaro (en la superficie localizada sobre los poblados de Huacrapuquio-Huaripampa), Ene (Natalia Sanchez-Santo Domingo de Anapati), Río Negro, Satipo (Satipo), San Ramón (San Martín de Pangoa), Mazamari (Mazamari), Tambo (Poyeni-Shima); terrenos planos localizados en terrazas de ríos y quebradas de la región, entre otros.</p>	<p>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.</p>
<p>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.</p> <p>Corresponde a terrenos llanos con pendientes inferiores a 1°. Se relacionan a geoformas como terrazas bajas y planicies disectadas. Se distribuyen en los valles principales al este de la región en las terrazas del río Mantaro, entre otros. Al oeste de la región, los valles de los ríos San Ramón, Mantaro, entre otros, y en las lomas disectadas por las quebradas Bayuca, Amasisa, Lobo, Pucaruro, Panguana y Shima, entre otros.</p>	<p>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.</p>

6.3.2 Peligros geohidrológicos

Dentro de este tipo de peligros se han considerado la inundación fluvial, lagunar y erosión fluvial o de riberas. Los procesos 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 combinados³. Representan el 12.0% del total de peligros inventariados en la región Junín.

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 estas 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 tantos 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 periodos 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 huacos), erosionan su lecho y márgenes, modificando lo que depositó o acumuló en el período 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. 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 (Figura 6.8).

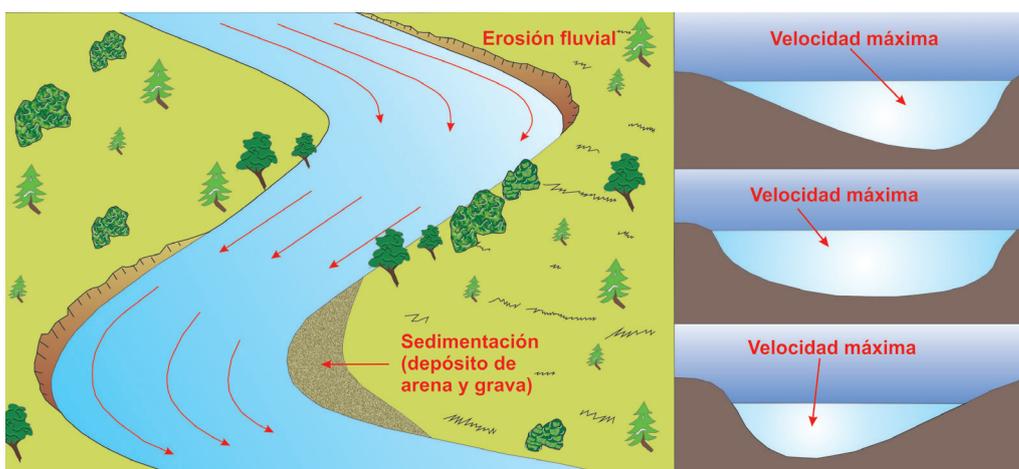


Figura 6.8 Esquema de erosión fluvial

³ 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, se originan desbordamientos o albardones de material de lodo y agua, como 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). Se produce una gran erosión.

Frecuencia de ocurrencia a inundaciones y erosión fluvial

El análisis estadístico en la ocurrencia de peligros geohidrológicos inventariados (211 ocurrencias) se aprecia en los Gráficos 6.6 y 6.7

se muestra a las erosiones fluviales en primer lugar (139), inundación fluvial (66) e inundación lagunar (6). Estos procesos pueden presentarse asociados en algunas ocasiones.

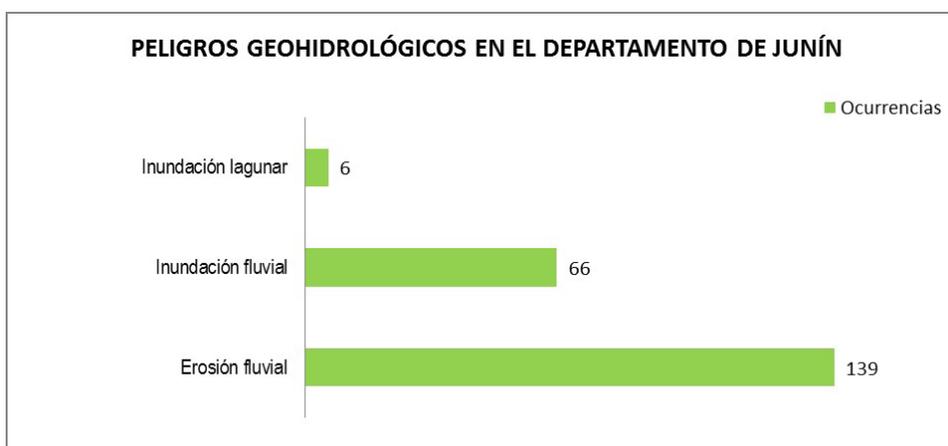


Gráfico 6.6 Ocurrencias de peligros geohidrológicos en el departamento de Junín.

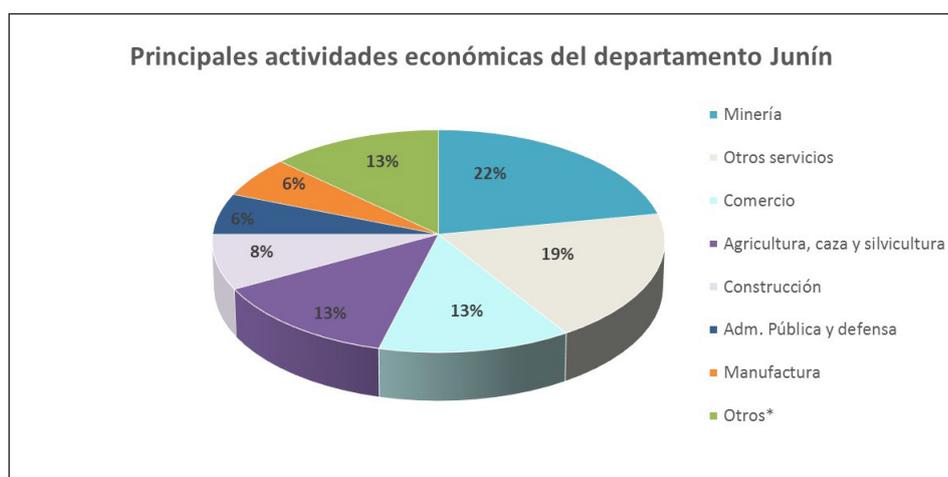


Gráfico 6.7 Porcentaje de peligros geohidrológicos en el departamento de Junín.

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

Erosiones fluviales (65.9%): se presentan en muchos sectores de la región con 139 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.

Durante los periodos de lluvia, cuando los ríos presentan caudales importantes, 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 arrimar material, encauzar el río con gaviones, muros o enrocados para controlar el proceso; estos se localizan principalmente en el valle de los ríos Mantaro, Shulca, Chanchamayo, Mazamari, Tarma, Pichanaqui, Perené, Huambo, Paucartambo, Hausahuasi, Ulcumayo y Yauli (Fotografías 6.11 al 6.13).

Puede afectar principalmente los sectores Fundo Yauri, Ingenio Pampa, Uchupata, Angasmayo, Santa Rosa de Ocopa, Ulcumayo, Matamayo, Yanec, Puente Capelo, Santa Rosa, entre otros.



Fotografía 6.11 Erosión fluvial en margen derecha del río Perené, sector Shintonato, provincia Chanchamayo.



Fotografía 6.12 Erosión fluvial en ambas márgenes del río Chaclas, sector San Pedro, provincia Huancayo.



Fotografía 6.13 Erosión fluvial en ambas márgenes del río Mantaro, puente Antahuaro, sector Paccha.

Inundaciones fluviales y lagunares (34.1%): con 72 ocurrencias. La primera está relacionada a los valles principales de los ríos Mantaro, Perené, Ene, Tambo y por sus tributarios mayores Satipo, Tulumayo, Ulcumayo, Paucartambo, Quiteni, entre otros. Cuando se producen lluvias estacionales periódicas de carácter excepcional; debido a que la gran cantidad de precipitación cae 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. También, en la región se generan inundaciones lagunares como en los alrededores de la laguna Junín en los sectores Paccha, Pucharhito, Hucco, Huaracancha, Ingania y puente Upamayo.

Las zonas inundables de la región Junín se ubican en los sectores Pariahuanca, Tres de Diciembre, Playa Hermosa, Bajo Capiro, Mito, Hualhuas, Muruhuay, Ulcumayo, Florida, Collpa, Puerto Uhiriki, comunidad nativa de Aoti, Poyeni, Santo Domingo, entre otros. Las zonas donde suelen presentarse inundaciones fluviales son las terrazas, y también se generan erosiones fluviales (Fotografía 6.14).



Fotografía 6.14 Área sujeta a inundaciones en el sector Las Palmas, en la margen izquierda del río Capiro, en la provincia Chanchamayo.

6.3.2.1 Susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial

La susceptibilidad está referida a la mayor o menor predisposición de que un evento suceda sobre 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 lo 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 inundaciones⁴, 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 es originado muchas veces por la carga de sedimentos (flujos de detritos o huaicos). Esto ocurre anualmente con las avenidas estacionales; 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 6.6. Asimismo, en forma independiente se asignaron diferentes pesos a las unidades diferenciadas (Cuadro 6.7). Esto permitió zonificar la región en rangos de susceptibilidad desde alta a muy baja o nula (Mapa 8).

Cuadro 6.6
Ponderación de las variables

Variable	Descripción	Obtención	Peso
Pendiente	Seis rangos de pendiente de los terrenos, expresados 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 morfogenética.	Interpretación de imágenes satelitales, cartas topográficas y chequeo de campo a escala 1:100 000 (Mapa 4).	60

⁴ Se aplica el término de "susceptibilidad a las inundaciones" a los terrenos propensos a sufrir anegamiento, encharcamiento o inundación, como producto del desborde de ríos. Sin embargo, una particularidad de la región es la presencia de amplias áreas con superficies plano-onduladas o plano-depresionadas en la divisoria de aguas continentales. Esta característica permite las condiciones de anegamiento con lluvias pluviales en áreas con pobre drenaje como son las zonas altioplánicas con presencia de bofedales.

Cuadro 6.7
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

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:

$$SI = \frac{SGMI (0.60) + SPI (0.40)}{2}$$

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) y su distribución en la región Junín, se describe y detalla en el Cuadro 6.8.

Cuadro 6.8
Grados de susceptibilidad a las inundaciones en el departamento de Junín

Grado	Características de los terrenos
Alta	Terrenos que corresponden a las llanuras de inundación, terrazas bajas y abanicos aluviales de baja pendiente, que se inundan de manera periódica a ocasional en los valles (tributarios y principal) interandinos de la región, los cuales se distribuyen en:
	· Río Mantaro: Valle amplio plano con un ancho de hasta 250 a 480 m de ancho, entre las localidades de Chupuro-Sausa
	· Río Chanchamayo: Valle amplio plano con un ancho de hasta 200 a 250 m de ancho (San Ramón-Pueblo Pardo).
	· Río Tulumayo: río meandriforme, valle amplio de hasta 100 m de ancho (La Florencia-San Ramón). Además, inundación de terrenos planos aledaños a los cauces de las quebradas de este tramo.
	· Valle del río Paucartambo: Valle amplio plano, con un ancho variable de 100 a 235 m, tramo de carretera Pueblo Pardo- San Luis de Shuaro-Puente Paucartambo.
	· Río Tambo: Valle amplio anastomosado de hasta 2 km de ancho, plano (Nuevaluz Oviri, Poyeni-Villa Junín) y abanicos aluviales. Terrenos, ligeramente inclinados en la confluencia del río Chemo, quebradas Cheni, Poyeni y Mayapo.
	· Río San Ramón: Confluencia de los ríos san Ramón, Sonomoro y Chavini en la margen derecha del río Mazamari (sectores San Martín de Pangoa, San Ramón de Pangoa, Bajo Celendín, entre otros).
	· Río Satipo: Valle amplio de hasta 120 m, confluencia con el río Dos de Mayo (sectores Satipo, José Olaya, Ricardo Palma, entre otros).
	· Río Perené: Valle amplio de 100 a 150 m de ancho, confluencia con el río Pangoa (sectores Puerto Ocopa, Puerto Prado).
	· Río Ene: Valle amplio de hasta 2.5 km de ancho, anastomosado, plano (sectores Puerto Roca, Villa Esmeralda, Natalia Sanchez-Santo Domingo de Anapati).
· Río Mazamari: Río meandriforme en terrenos planos confluencia con el río Pauriali (sectores Mazamari, José Galvez, Tupac Amaru).	
· Altiplanicies: Localizándose en la altiplanicie aluvial, se localizan en la zona de bofedales y pampas Cascamachay.	
· Terrazas bajas: Terrenos de baja pendiente formado por los valles de ríos y quebradas, conformado por valles amplios de pendientes bajas y abanicos aluviales en la región.	
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:	
· Abanicos aluviales de los ríos Carhuacayán, río Yacuy (Jauja), carretera Junín-Carhuamayo.	
· Terrenos planos ligeramente inclinados circundantes a las lagunas Chinchaycocha o Junín (Junín, Santa María de Llaeta), entre otras.	
· Valle del río Palca.	
· Confluencia del río Perené y Pichanaqui (Pichanaqui).	
· Terrenos de baja pendiente que conforman abanicos aluviales.	
· Terrenos plano-oncuidados, localizados al oriente de la región en ambas márgenes del río Satipo, Ene, Tambo, entre otros, en la Llanura Amazónica.	
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.	
Muy baja a nula	Vertiente de laderas inclinadas y cóncavas de montañas y colinas; terrazas antiguas elevadas.

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), hundimiento o karst, así como peligros antrópicos.

La distribución estadística de los denominados otros peligros geológicos con un total 266 ocurrencias inventariadas, representa el 15.1% del total de peligros inventariados en la región Junín.

Erosión de laderas

Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos; un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados que a medida que persiste la erosión, sus dimensiones pueden variar desde estrechas y pocos profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad. La intensidad y amplitud de la formación de cárcavas (Figura 6.9) guardan una íntima relación con la cantidad de agua de escurrimiento (intensidad de precipitaciones) y de la velocidad de esta, además están reguladas por las características del suelo (permeabilidad, cohesión), el relieve y la cobertura vegetal.

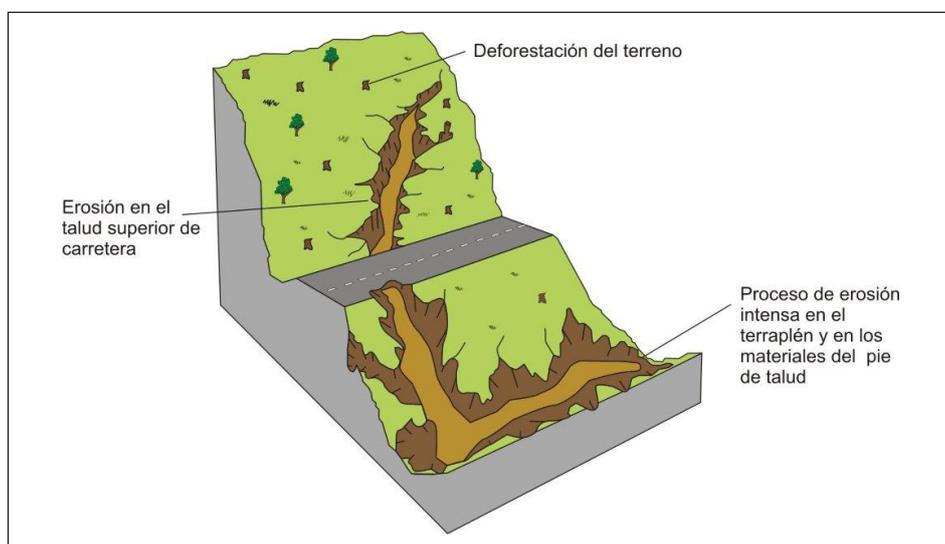


Figura 6.9 Erosión en cárcavas que afectan al talud superior e inferior de carretera.

En el departamento de Junín se inventariaron 264 ocurrencias, este proceso es muy común en secuencias sedimentarias (calizas, areniscas, conglomerados y lutitas) de las Formaciones Casapalca, Chulec, Jauja, Celendín, Pariahuanca, La Merced, grupos Pucará y Huayabamba, así como en depósitos superficiales como depósitos aluviales, coluvio-deluviales y coluviales.

Estos eventos no son puntuales, sino que constituyen sectores que son afectados por estos procesos, como pueden ser laderas de montañas cortadas por surcos y cárcavas, o cabeceras de quebradas donde la incisión en el terreno es por medio

de cárcavamientos con avances retrogresivo y laterales. En su proceso de desarrollado en la mayoría de los casos desencadenan en procesos de derrumbes, flujos, reptación y deslizamientos como en el caso de Huay-huay, Buenos Aires, cerro Occoruyoc, cerro Jatunpunta-Oroya Antigua, Colpas, Marcavalle, Casablanca, Acobamba, Dos de Mayo, entre otros. Cuando la erosión de laderas alcanza un estadio muy avanzado se forman los denominados bad lands o tierras malas, como los que se pueden observar en el cerro Huarangayoc a la altura del km 12+800 autopista Jauja-Huancayo, sector Tingo Paccha (Fotografías 6.15 y 6.16).



Fotografía 6.15 Erosión de laderas en el sector Huamali, en la margen izquierda del río Huancayo.



Fotografía 6.16 Erosión de laderas en el sector Quero, en la margen izquierda de la quebrada Jarachanja.

Hundimientos

Se refiere a los movimientos del terreno con desplazamientos subverticales, lentos y progresivos, se manifiesta como una depresión topográfica sin ruptura aparente. La subsidencia comprende los desplazamientos verticales del terreno asociados a remoción lenta de material debajo de la masa que se hundirá.

Pueden ser originados principalmente en forma natural, por disolución de rocas de tipo calizas y dolomita, originándose topografías kársticas (karst), se forman cavernas, las cuales, al producirse el colapso de sus techos, forman dolinas, con la consecuente subsidencia del terreno, formando depresiones de forma circular que pueden alcanzar variadas dimensiones. O por acción antrópica, como en el caso de las explotaciones mineras, túneles viales, socavones para hidroeléctricas, por una deficiente compactación diferencial de suelos, etc.

En el departamento de Junín se ha observado la presencia de karst en dos lugares: la Pampa de Manao (Concepción) y Canchayllo (Jauja).

6.3.4 Grado de correlación entre peligro - vulnerabilidad y tipología de peligros geológicos

Peligro: o también denominado “amenaza” se entiende como “un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (Naciones Unidas. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, 2009). Los peligros incluyen condiciones latentes que pueden materializarse en el futuro. Pueden tener diferentes orígenes: natural (geológico,

hidrometeorológico y biológico) o antrópico (degradación ambiental y amenazas tecnológicas)”.

Se define como peligro “la probabilidad de ocurrencia” de un fenómeno potencialmente dañino en un periodo de tiempo y área determinados (Varnes, 1984).

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.

En el Cuadro 6.9 y Gráfico 6.8, muestra el análisis estadístico de la calificación cualitativa del grado de peligro otorgado a cada uno de los peligros que se inventariaron en el departamento de Junín (1762 ocurrencias), los cuales se distribuyen de la siguiente manera: se califica como peligro “bajo” 104 ocurrencias (5.9%), como peligro “medio” 373 ocurrencias (21.2%), como peligro “alto” 868 ocurrencias (49.3%) y como peligro “muy alto” 417 ocurrencias (23.7%) pudiéndose interpretar, que la mayor cantidad de eventos inventariados se presentan en un estado de actividad o eran eventos antiguos que presentan alguna reactivación (al momento que se realizó el trabajo), comprometiendo volúmenes de cantidades importantes que pueden generar grandes daños; por otra parte, se tiene la recurrencia de estos eventos que se producen de forma periódica y estacional como en el caso de los flujos de detritos que ocasionan interrupciones de tránsito y pérdidas económicas año tras año.

Cuadro 6.9
Grados de susceptibilidad a las inundaciones en el departamento de Junín

Tipo de peligro	Peligro (P)			
	B	M	A	MA
Caídas (derrumbe y caída de rocas)	29	136	356	148
Deslizamiento	4	38	116	51
Flujos	13	65	155	84
Movimiento complejo	1	5	14	6
Reptación de suelo	8	18	30	0
Erosión de ladera	31	77	113	43
Erosión fluvial	11	19	48	61
Inundación fluvial/lagunar	4	11	34	23
Vuelco	2	4	1	1
Hundimiento	1	0	1	0
Total de ocurrencias	104	373	868	417
Porcentaje (%)	5.9	21.2	49.3	23.7

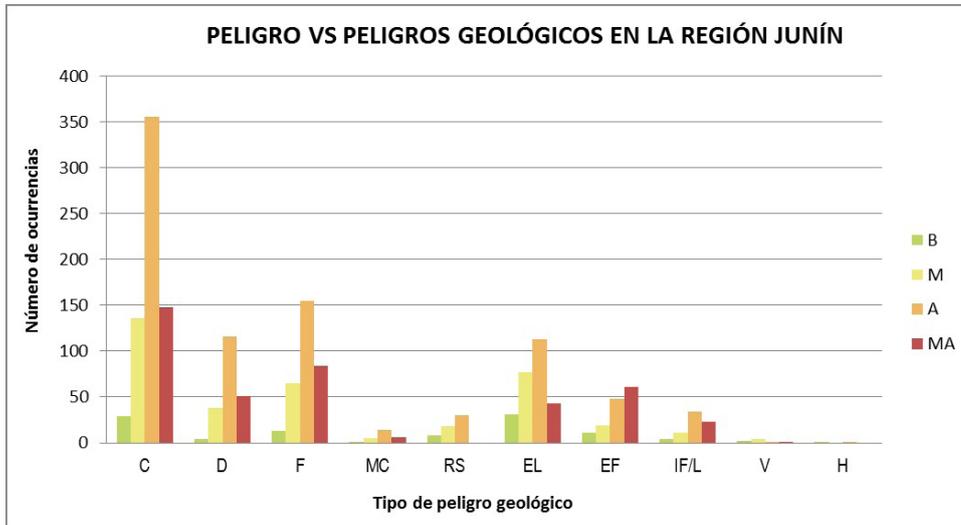


Gráfico 6.8 Grado de peligro asignado a las ocurrencias de peligros geológicos inventariados en el departamento de Junín. C: caídas, D: deslizamientos, F: flujos, MC: movimientos complejos, RS: reptación de suelos, EL: erosión de laderas, EF: erosión fluvial, IF/L: inundación fluvial o lagunar, V: vuelcos y H: hundimientos.

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. (Naciones Unidas, 2004). 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.

De igual forma el grado de vulnerabilidad de todo lo que se encuentra expuesto a un determinado tipo de peligro dentro de 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.

El análisis de la vulnerabilidad cualitativa asignada a cada una de las ocurrencias de peligros naturales inventariadas en la región Junín (Cuadro 6.10 y Gráfico 6.9), nos muestra que el 36.7 % del total de 1762 ocurrencias fue calificada con una “vulnerabilidad baja”, el 23.6 % con “vulnerabilidad media”, el 35.0 % con

“vulnerabilidad alta” y el 4.8% con “muy alta vulnerabilidad”. Puede interpretarse que dentro del área de influencia de cada uno de estos eventos inventariados casi siempre se encuentran elementos expuestos que pueden resultar afectados con las reactivaciones de estos eventos o la ocurrencia periódica de los mismos; como 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, además si 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 por ellas, estos pueden cortar el tránsito por horas, inclusive días con lo que afecta la 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 realizan labores agrícolas; todos esto son altamente vulnerables a la ocurrencia de nuevos flujos.

Cuadro 6.10
Grados de susceptibilidad a las inundaciones en el departamento de Junín

Tipo de peligro	Vulnerabilidad (V)			
	B	M	A	MA
Caídas (derrumbe y caída de rocas)	302	125	224	18
Deslizamiento	91	41	68	9
Flujos	71	72	147	27
Movimiento complejo	14	5	1	6
Reptación de suelo	32	18	5	1
Erosión de ladera	95	85	73	11
Erosión fluvial	24	44	66	5
Inundación fluvial/lagunar	15	19	30	8
Vuelco	1	5	2	0
Hundimiento	1	1	0	0
Total de ocurrencias	646	415	616	85
Porcentaje (%)	36.7	23.6	35.0	4.8

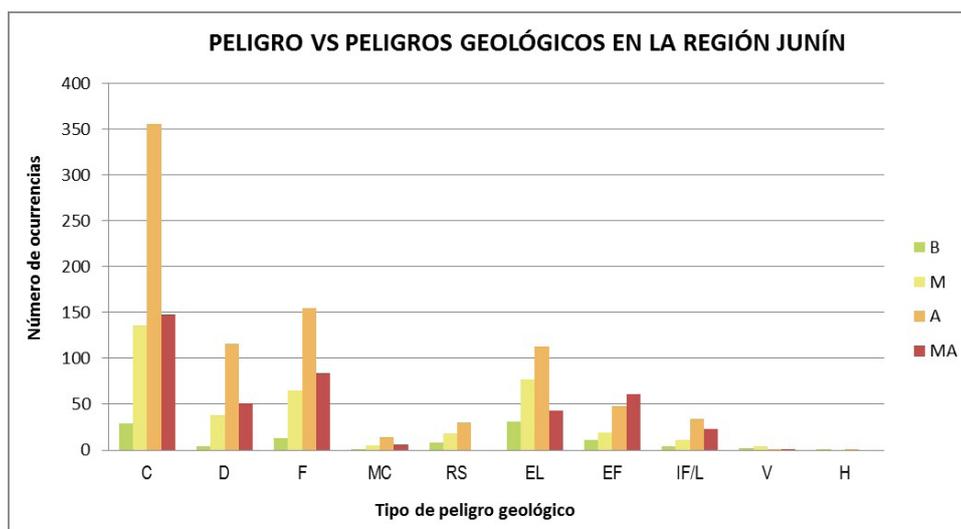


Gráfico 6.9 Grado de vulnerabilidad asignado a las ocurrencias de peligros geológicos inventariados en el departamento de Junín. C: caídas, D: deslizamientos, F: flujos, MC: movimientos complejos, RS: reptación de suelos, EL: erosión de laderas, EF: erosión fluvial, IF/L: inundación fluvial o lagunar, V: Vuelcos y H: hundimientos.

6.4 PELIGRO SÍSMICO

El Perú se encuentra ubicado en una zona de subducción principal fuente sismogénica, estando 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 & Isacks, 1992; Tavera & Buforn, 2001). Por estos motivos, en Perú, los sismos se constituyen en el mayor peligro al cual se encuentra sometido nuestro territorio, de ahí que los daños que ellos provocan en las ciudades dependerán de su tamaño 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. En el caso del monitoreo de la actividad sísmica en el territorio, es

realizada por el Instituto Geofísico del Perú (IGP), el cual posee una red sísmica nacional con 31 estaciones (20 de periodo corto y 11 de banda ancha).

En este acápite se presentan los resultados de la revisión y análisis de la sismicidad histórica e instrumental presente en la región Junín. El número de sismos presentes en esta área nos ha permitido el poder realizar estimaciones de las aceleraciones máximas esperadas para un periodo de 20, 50 y 100 años, así como conocer las posibles intensidades que podrían afectar a las distintas provincias existentes en la región de Junín. De esta manera se espera contribuir a la zonificación del peligro sísmico.

6.4.1 Sismicidad histórica

La información sobre la sismicidad histórica del 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 (1978).

En general, este autor indica que el sismo más antiguo para lo cual se dispone de información a nivel nacional data del año 1513. En la región Junín se tiene información histórica de grandes sismos, 1746 (X-XI MM), 1839 (VII MM), que causaron grandes daños y víctimas en esta región. En el siglo XX tenemos otros grandes: Pariahuanca de 1969 (X MM)-Falla de Huaytapallana y el sismo de Satipo del 1 de noviembre de 1947 (VIII MM).

La historia sobre los acontecimientos sísmicos ocurridos en el Perú ha sido descrita con detalle por Silgado (1978). Siendo Junín una región importante, existe información de un gran número de sismos históricos que han producido diversos niveles de daño en los distritos y localidades ubicadas en esta región. La descripción de los sismos más importantes que han producido daños en los distintos poblados de Junín se presenta en el Cuadro 6.11. Según las informaciones contenidas en el cuadro, las máximas intensidades en la escala Mercalli Modificada evaluadas oscilaron entre VI y VII.

Cuadro 6.11
Datos macrosísmicos de la región Junín y alrededores

Fecha	Intensidad	Localidades afectadas
09/07/1586	IX	Lima-Callao – interior del país
28/10/1746	X-XI	Lima, Callao, Junín, Ayacucho
04/07/1839	VII	Chanchamayo
11/16/1907	V	Masisea, Pto. Bermudez, Región Central
8/5/1933	IV	Lima-Callao, Huancayo
5/24/1940	V	Jauja, Huancayo
8/21/1945	VI	Sierra Central y Vertiente oriental de los Andes
11/1/1947	VIII	Zona Central del Perú-Satipo, Mazamari
5/28/1948	VI	Jauja
10/17/1966	IV	Huancayo
7/23/1969	XI	Chilifruta, Pariahuanca
10/1/1969	XI	Pariahuanca, Junín, Concepción, Huancayo
5/31/1970	VII	Chimbote, Junín
6/10/1971	IV	Junín
10/3/1974	VI	Jauja, Huancayo
4/18/1993	V	La Oroya
8/15/2007	VIII	Ica, Pisco, Chincha

Fuente: Silgado (1978), Tavera et al. (2016).

Para la mayoría de los sismos descritos en el Cuadro 6.11, Silgado (1978) elaboró sus respectivos mapas de intensidades (Isosistas), siendo dos de ellos los que más afectaron a la región de Junín, los correspondientes al terremoto del 01 de octubre de 1969, con intensidad de hasta grado XI en la escala Modificada

de Mercalli (Figura 6.10), como fuente sísmica fue la falla activa de Huaytapallana. Precieron 130 personas. Asimismo, el sismo del 01 de noviembre de 1947 ($M_s=7,5$), dejó un saldo de más de 200 muertos y cuantiosos daños materiales (Figura 6.11).

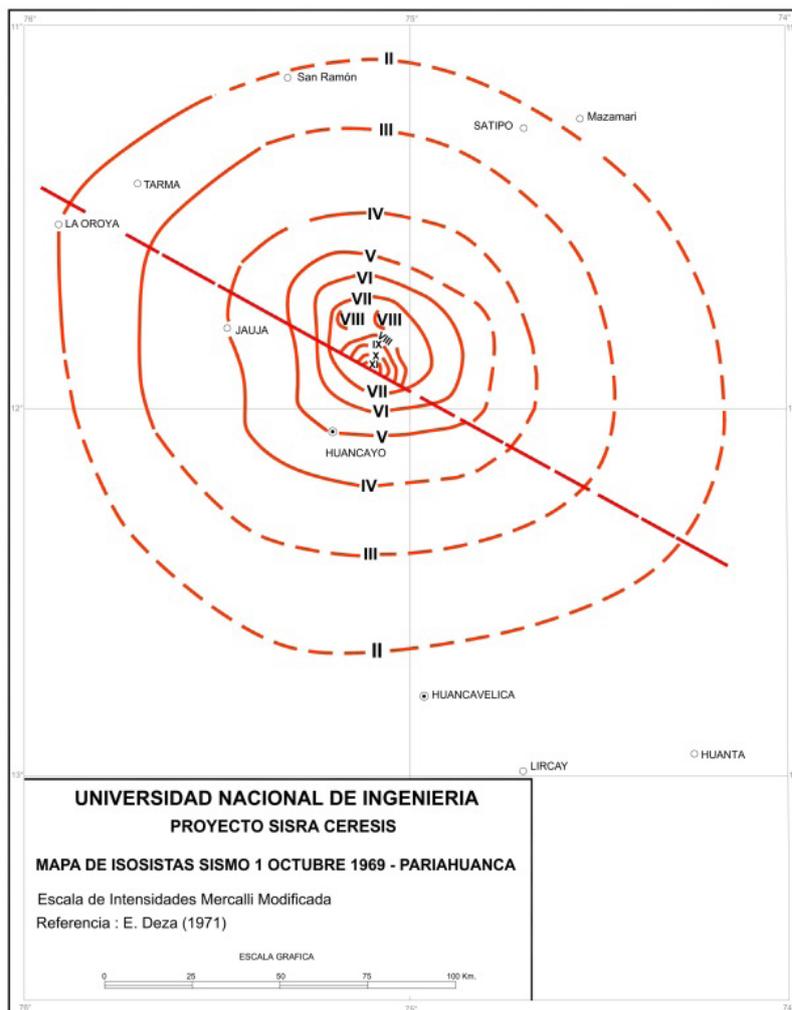


Figura 6.10 Mapa de líneas isosistas del sismo del 01 de octubre de 1969, con epicentro en la falla de Huaytapallana-Junín.

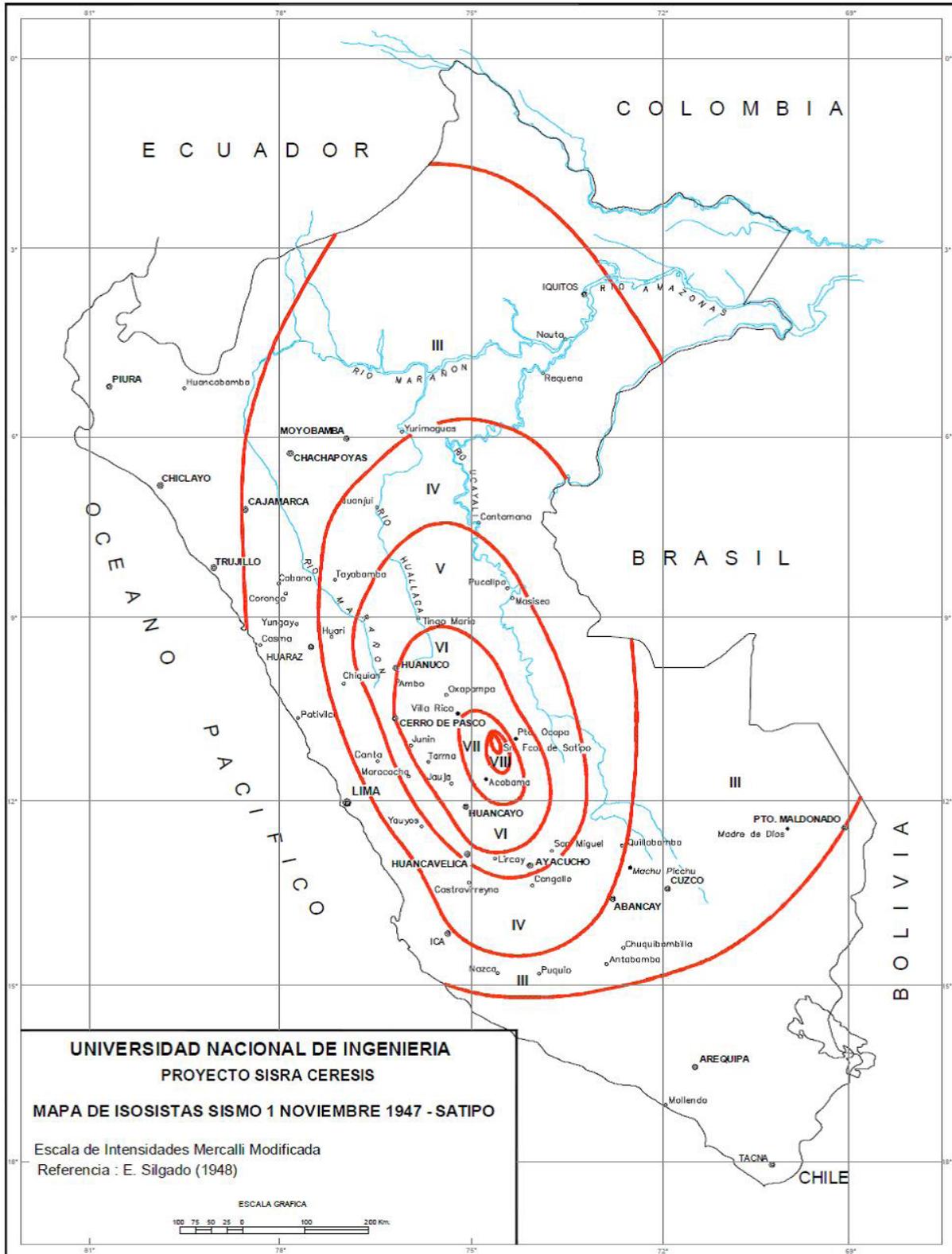


Figura 6.11 Mapa de líneas isosistas del sismo del 01 de octubre de 1969, con epicentro en la falla de Huaytapallana-Junín.

6.4.2 Distribución de máximas intensidades sísmicas

La región Junín y sus alrededores han sido afectadas por un gran número de sismos y/o terremotos que produjeron intensidades que oscilaron entre V y XI (MM), siendo los más importantes los que ocurrieron en 1839 en Chanchamayo, el sismo de 1969 con origen en la falla de Huaytapallana distrito de Pariahuanca y el terremoto de Satipo del 1 de noviembre de 1947. La región Junín, también, ha sido afectada por terremotos grandes ocurridos frente a la línea costera del departamento de Lima en los años de 1586, 1746, 1839, 1933, 1949, 1970, 1993 y 2007.

En la figura 6.12 se presenta 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, como parte del proyecto SISRA a cargo del Centro Regional de Sismología para América del Perú y el Caribe (CERESIS). Dentro de la región de Junín se observa que prevalecen intensidades máximas del orden de VI (MM) localizados del sector este (Yauli, Ondores, Junín, Concepción, Huancayo, Huaricolca, Quichuay) y del orden de VII (MM) a los X (MM), localizado en el sector central norte de la región Junín (Chanchamayo, San Ramón, Perené Bajo Pichanaqui, Satipo y Llaylla).

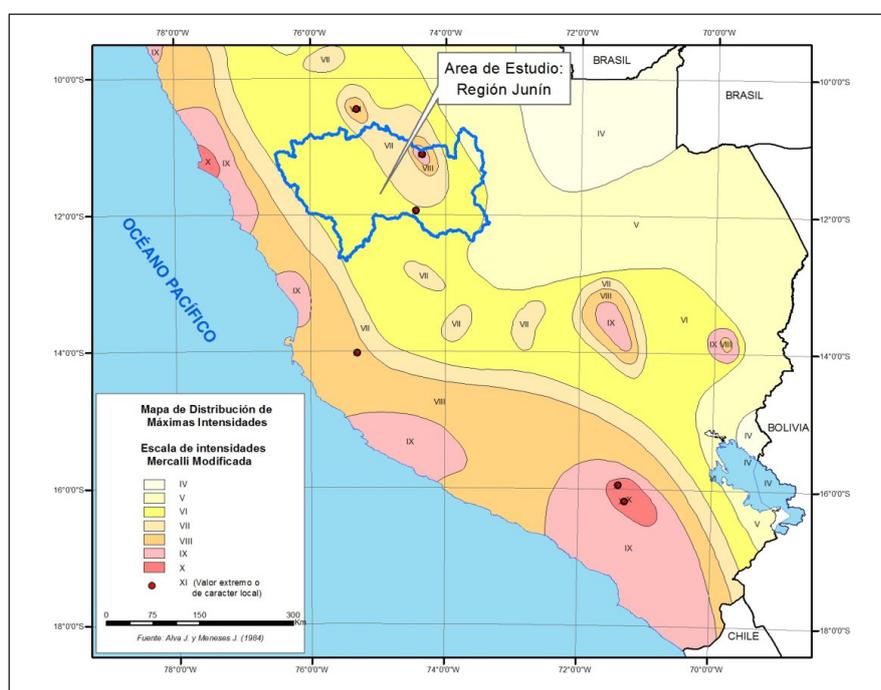


Figura 6.12 Distribución de máximas intensidades sísmicas en la región Junín (Alva *et al.*, 1984).

6.4.3 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 el IGP, que considera los sismos ocurridos entre los años 1500 a 2014.

En la Figura 6.13, se diferencian sismos superficiales ($h < 60$ km), intermedios ($61 < h < 300$ km) y profundos ($h > 300$ km), y su distribución espacial muestra que los superficiales ocurren frente a la línea de costa del departamento de Lima. Sismos con el mismo rango de magnitud también están presentes en el interior del continente.

En la sección A-A' se observa las tendencias medias de la sismicidad para esta región, indicando que la placa de Nazca

subduce de manera muy similar a la región Norte, pero siguiendo un ángulo medio de 30° hasta una profundidad de 100 km, a partir de la cual la placa se hace horizontal hasta una distancia de 750 km en la sección. Los sismos con foco superficial asociados a la deformación superficial se distribuyen entre las distancias 490 y 700 Km desde el punto B, con una profundidad menor a 60 km.

En esta región la historia sísmica indica la ocurrencia de varios sismos de magnitud elevada, siendo los más catastróficos los ocurridos en 1746 (Lima) y 1940 (Lima), ambos con magnitudes de 8.4 mb y 8.2 mb, respectivamente. Asimismo, en la región, ocurrió el sismo de Satipo del 1 de noviembre de 1947 de magnitud 7.5 mb y el sismo de Pariahuanca del 01 de octubre de 1969.

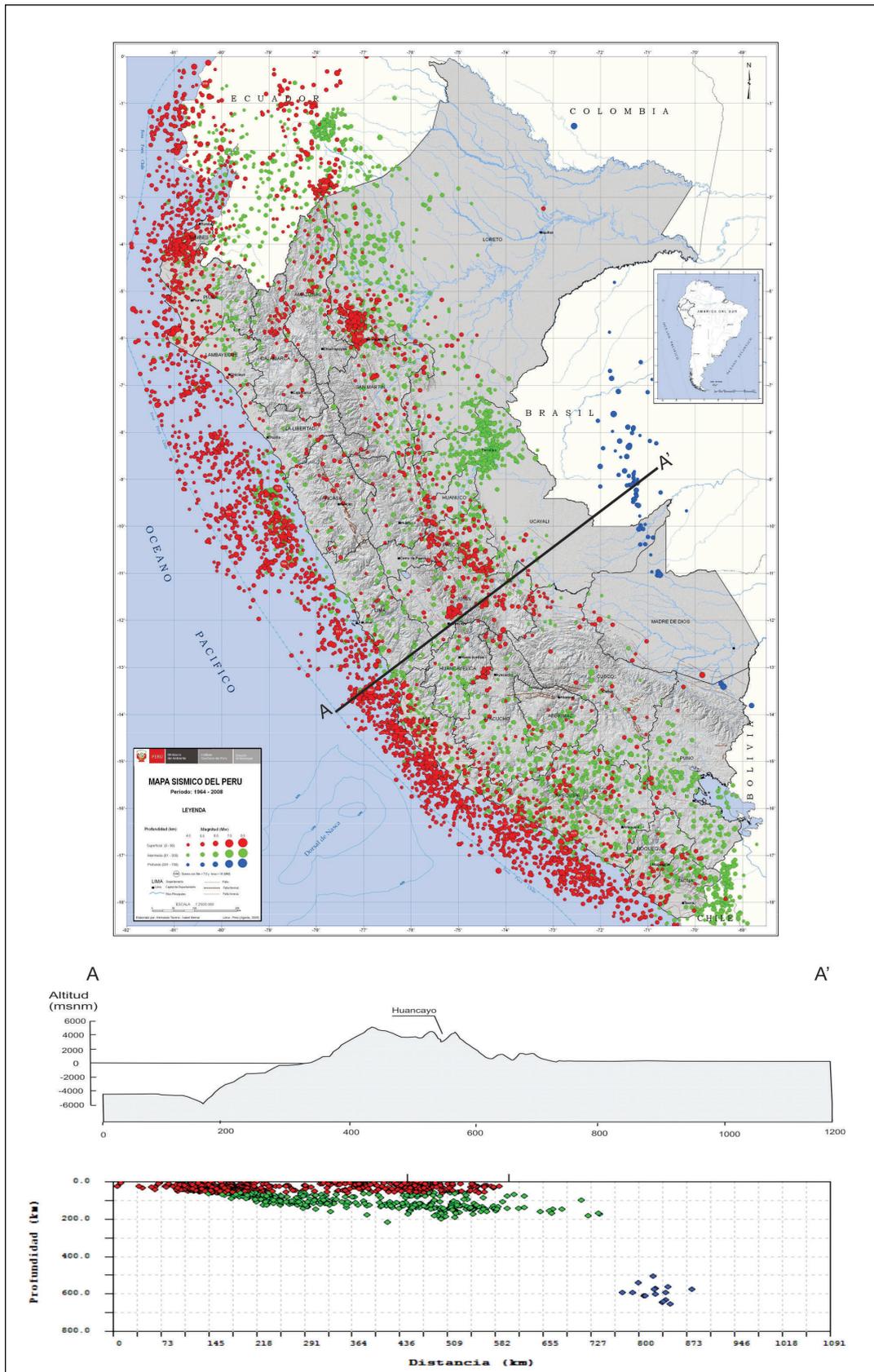


Figura 6.13 Distribución espacial de los sismos en los alrededores de la región Junín con una sección Sísmica transversal SO-NE (Instituto Geofísico del Perú, 2015).

6.4.4 Estudio sísmico probabilístico

Con el propósito de conocer las aceleraciones máximas producidas por un sismo que en el futuro pudiera ocurrir en la región Junín, se ha evaluado el peligro sísmico de dicha región utilizando la base de datos sísmicos del “Catalogo 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 el 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 Junín. Para 20 años, las aceleraciones oscilan entre 295 a 346 gals (Figura 6.14). Para 50 años de vida útil varían de 350 a 404 gals (Figura 6.15), y para 100 años varían de 400 a 454 gals (Figura 6.16). Estos resultados muestran que las áreas más propensas a soportar aceleraciones importantes se encuentran en los sectores de la Falla Huaytapallana y Satipo, siendo coherente con el importante número de sismos que en dicha área ocurren.

Según la guía Metodológica de evaluación de riesgo por fenómenos de remoción en masa (Ojeda et ál, 2001), que se presenta en el Cuadro 6.12, le corresponde una categoría de Alta a Muy alta.

Cuadro 6.12
Clasificación del factor detonante (sismicidad)

Categoría	Descripción	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

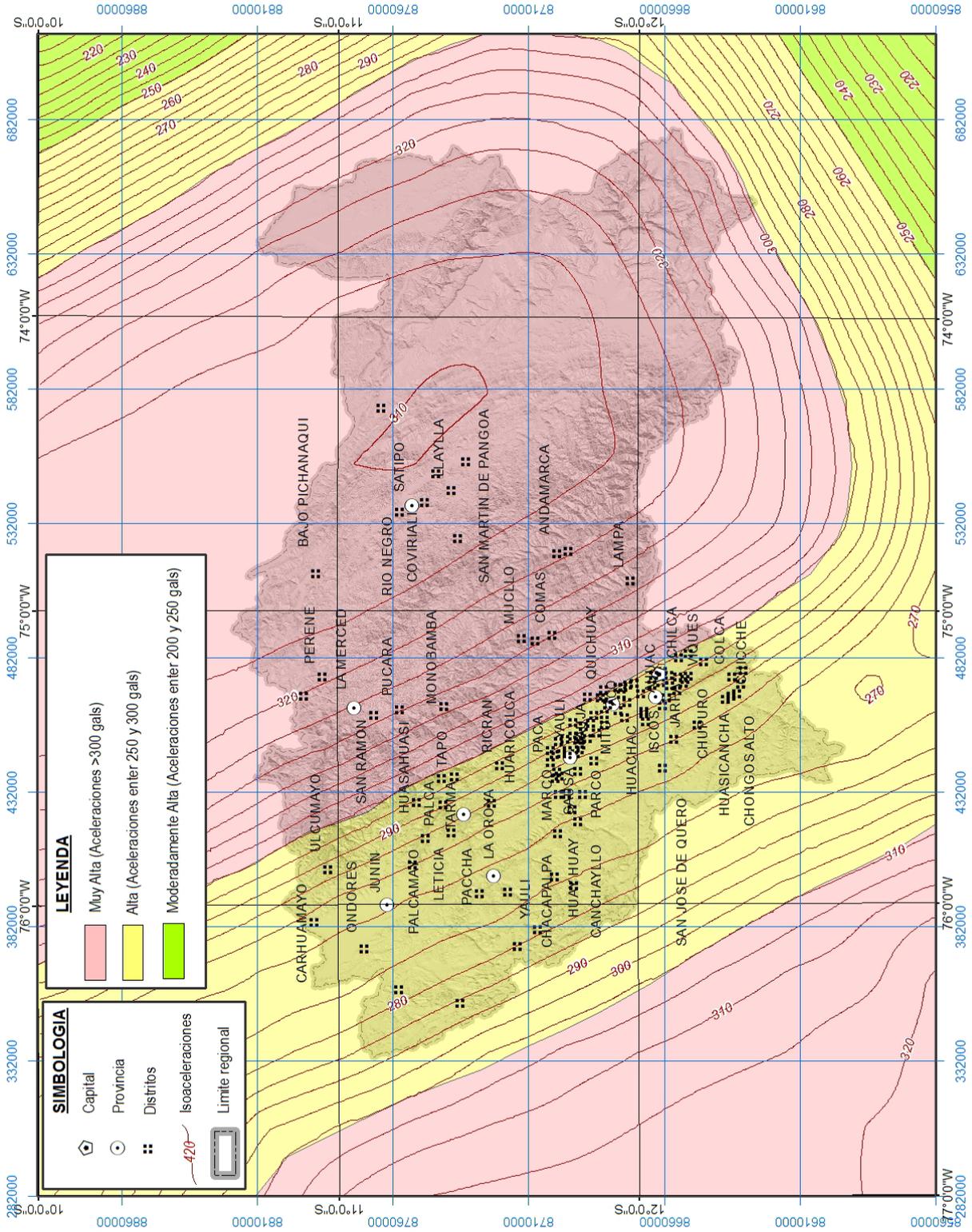


Figura 6.14 Aceleraciones sísmicas máximas para 20 años de la región Junín (para un 10% de excedencia).

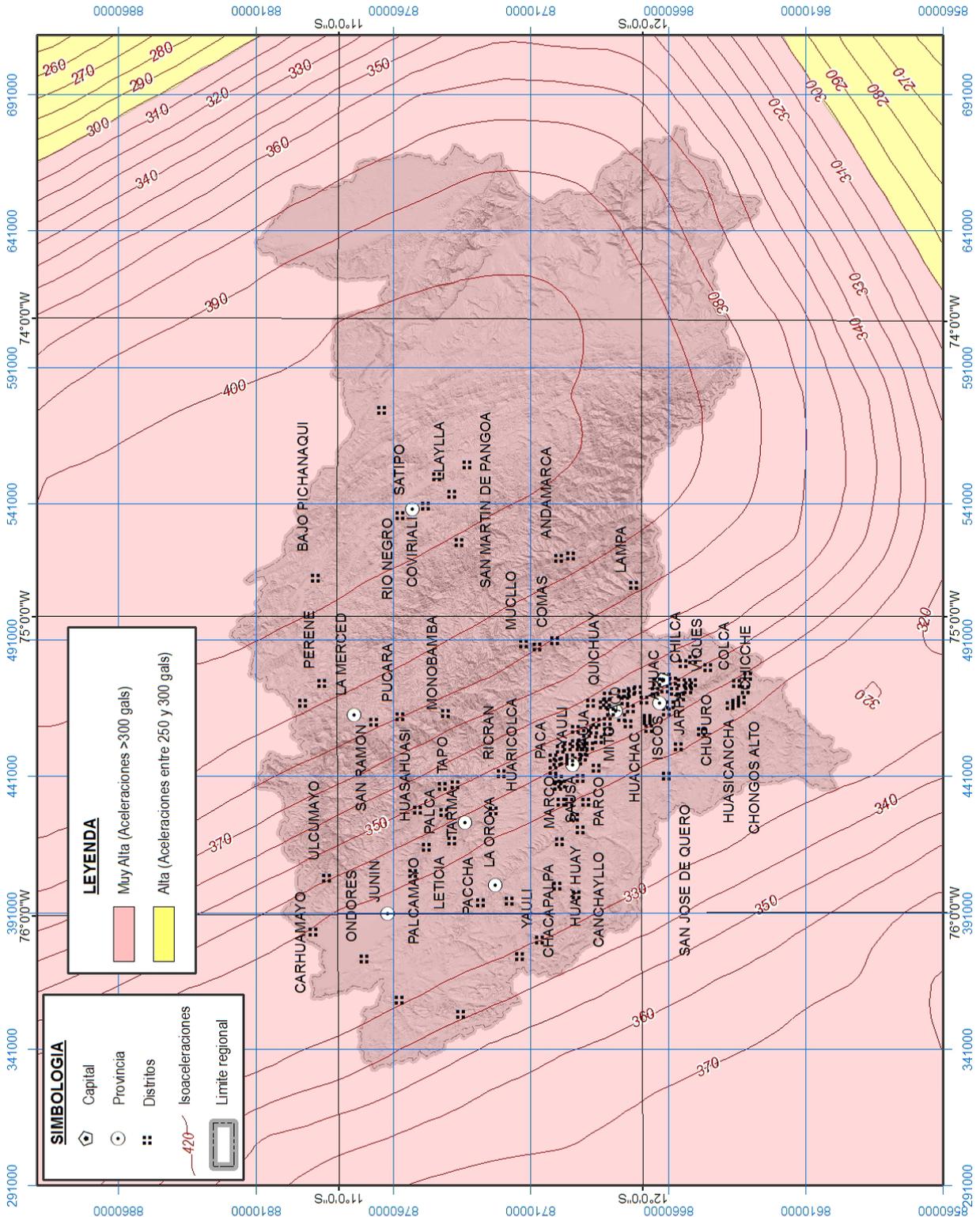


Figura 6.15 Aceleraciones sísmicas máximas para 50 años de la región Junín (para un 10% de excedencia).

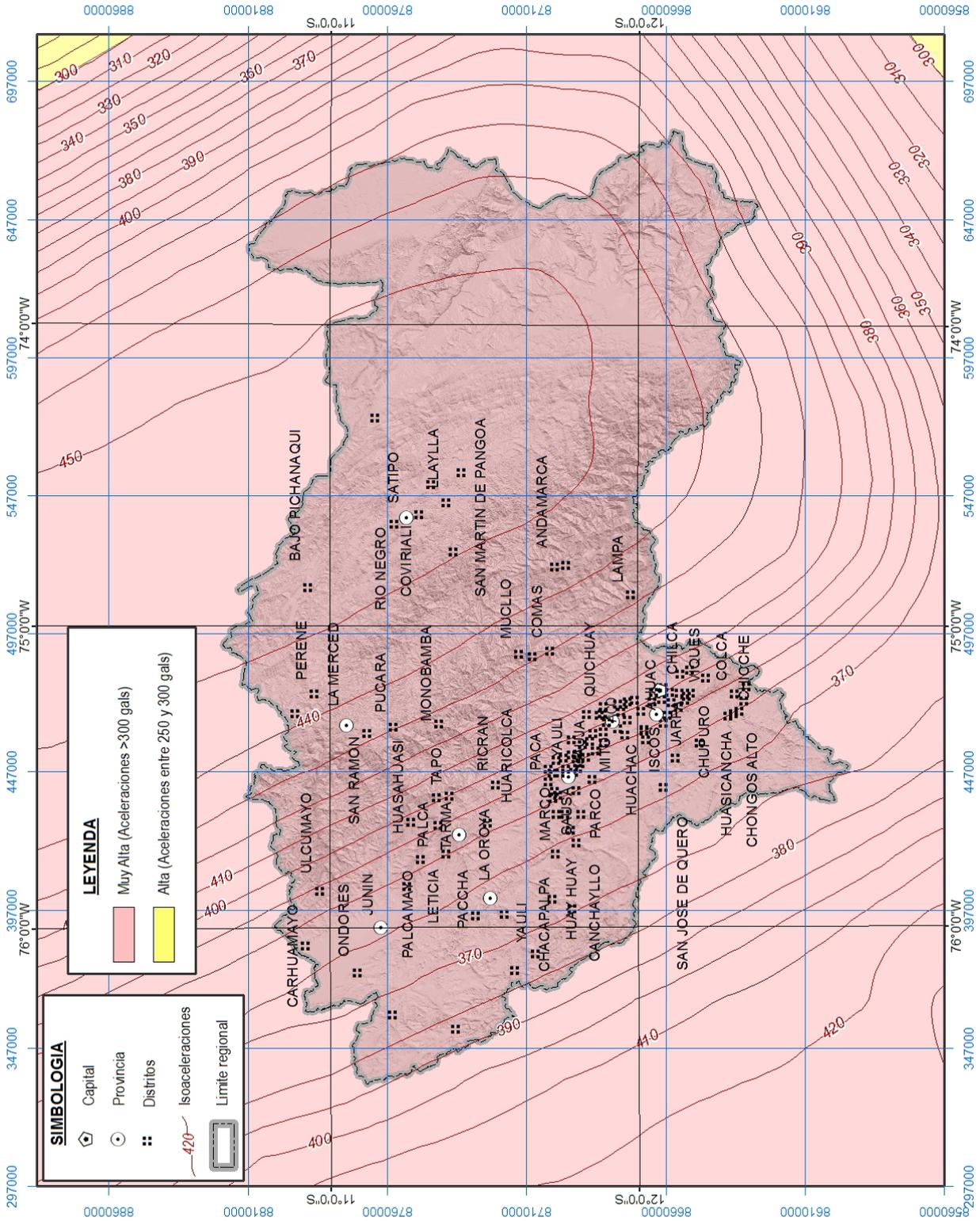


Figura 6.16 Aceleraciones sísmicas máximas para 100 años de la región Junín (para un 10% de excedencia).

6.4.5 Zonificación y aceleraciones máximas

El mapa de zonificación sísmica para Perú, elaborado por Alva, J. (1984), es utilizado como base en el nuevo reglamento peruano de construcción sísmica con la norma técnica de edificación E-30 (Diseño Sismorresistente, actualizado al 2016 por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento). El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, como se muestra en la Figura 6.17. 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 6.13. 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 (DS No. 003-2016-VIVIENDA).

De acuerdo con este mapa, la región Junín, se ubica en las zonas 2 y 3, correspondiente a una zona de sismicidad intermedia a alta. Se determinó aceleraciones que varían entre 0.25 g y 0.35 g.

Cuadro 6.13
Factores de zona Z

Zona	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10



Figura 6.17 Zonificación Sísmica del Perú.

En la Figura 6.18 se presenta la curva de peligro sísmico anual calculado para la ciudad de Huancayo, donde nos muestra la probabilidad de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud para dicha ciudad. De la figura se deduce que en dicha zona se produciría una aceleración máxima de 526

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 298 gals se producirían con un porcentaje de 0.05% con periodos de tiempo de retorno de 60 años.

Peligro sísmico calculado para la ciudad de Huancayo (Pto. 75.21 O – 12.07 S)

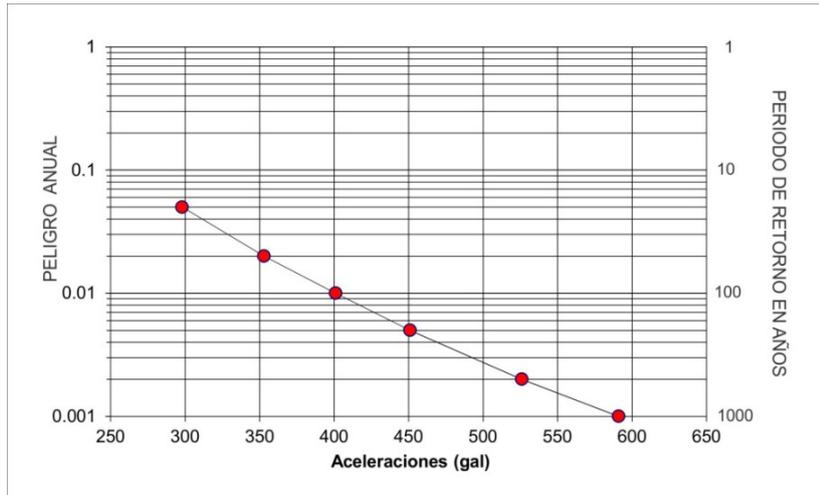


Figura 6.18 Curva de peligro anual para la ciudad de Huancayo.

En la Figura 6.19 se presenta la curva de peligro sísmico anual calculado para la ciudad de San Ramón, donde nos muestra la probabilidad de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud para dicha ciudad. De la figura se deduce que en dicha zona se produciría una aceleración máxima de 571

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 323 gals se producirían con un porcentaje de 0.05% con periodos de tiempo de retorno de 60 años.

Peligro sísmico calculado para la ciudad de San Ramón (Pto. 75.36 O – 11.12 S)

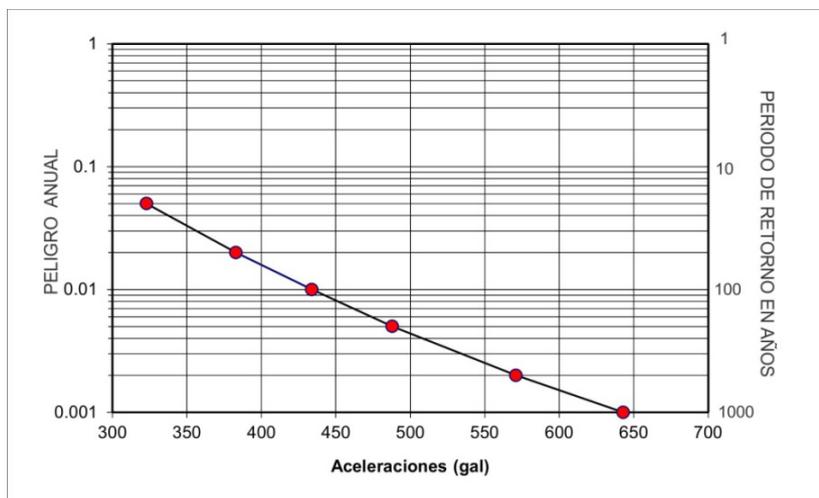


Figura 6.19 Curva de peligro anual para el poblado de San Ramón.

Asimismo, en la Figura 6.20, se presenta la curva de peligro sísmico anual calculado para el poblado de Satipo ubicado al noreste de Huancayo, donde nos muestra la probabilidad de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud para dicho poblado. De la figura se deduce que en dicha zona se produciría una aceleración máxima de 598 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 339 gals se producirían con un porcentaje de 0.05% con periodos de tiempo de retorno de 60 años en promedio.

Peligro sísmico calculado para la ciudad de Satipo (Pto. 74.64 O – 11.25 S)

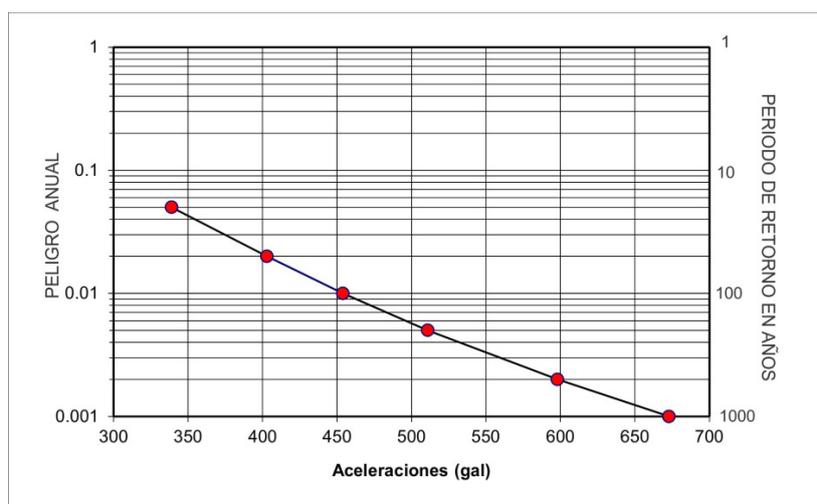


Figura 6.20 Curva de peligro anual para el poblado de Satipo.

6.4.6 Movimientos en masa detonados por sismos

En la literatura se tiene un mapa de áreas de deslizamientos por sismos en el Perú elaborado por Alva Hurtado y Luis Chang (1987). La documentación básica consistió en una relocalización 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; la descripción del fenómeno no es muy detallada.

La revisión de la literatura indica que el fenómeno de deslizamientos por sismos se ha producido en la costa, sierra y selva alta del Perú. 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 Junín, este fenómeno fue causado por los siguientes sismos según la cronología de los deslizamientos por sismos:

- 2 de julio de 1938, la ciudad de Tarma y poblaciones situadas en los valles del Mantaro y Chanchamayo fueron sacudidas por dos violentos sismos (Silgado, 1978). En Tarma el segundo movimiento causó el derrumbe de varios cerros.
- 1 de noviembre de 1947, terremoto en Satipo. Silgado (1948) comenta que desde los vuelos de reconocimiento entre San Ramón y Satipo se observó infinidad de derrumbes y desprendimientos de las partes altas de las zonas boscosas hacia el fondo de las quebradas, los cuales causaron represamientos. Deslizamientos en Carrizales, Calabazas y Cerro Pelado.
- 3 de mayo de 1962, fuerte sismo en el anexo de Yungul, distrito de Ulcumayo, provincia de Junín. Deslizamiento de las partes altas (Silgado, 1978).
- 1 de octubre de 1969, terremoto en Pariahuanca, producido por la falla de Huaytapallana. Deza (1971) indicó que se produjeron derrumbes en las partes altas; en el terreno hubo agrietamientos y se evidenciaron cambios en el nivel freático por la desecación de cuatro lagunas.

6.5 ACTIVIDAD NEOTECTÓNICA

El entorno sismotectónico del Perú se caracteriza por la colisión y subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamérica, proceso conocido como subducción, el mismo que dio origen a la aparición de la fosa peruana-chilena, a la Cordillera de los Andes, a los principales sistemas de fallas activas y a la ocurrencia continua de un gran número de sismos de diversas magnitudes. Estas características geomorfológicas, geológicas y geofísicas permiten considerar al Perú como uno de los países de mayor riesgo sísmico en América Latina. Dentro de este contexto, los últimos sismos que han producido importantes cambios geomorfológicos, geológicos y geofísicos en áreas cercanas a sus epicentros, son los ocurridos en Nazca en 1996 (7.7 Mw) y Arequipa en el 2001 (8.2 Mw). Estos eventos sísmicos «detonaron», en tiempos prehistóricos e históricos, procesos de movimientos en masa de gran magnitud (deslizamientos, derrumbes, avalanchas, flujo de detritos, etc.), licuefacción de arenas, entre otros.

Estudios sobre la neotectónica de Perú (Sebrier *et al.*, 1982), así como la elaboración de los mapas neotectónico (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, muchas de las cuales producen sismos continuamente. En el departamento de Junín, las fallas cercanas (Figura 6.21) más importantes son las siguientes:

- Falla Huaytapallana (PE-11): Esta falla se encuentra al pie del nevado Huaytapallana a 4500 m s.n.m., en dirección N-NE de la ciudad de Huancayo. La falla se originó con dos sismos de magnitud 5.6 mb ocurridos en julio y octubre de 1969, y pusieron en evidencia en superficie de dos segmentos de escarpa de falla con un azimut promedio de 135° N y buzamientos de 60° y 70° en dirección NE. Estos segmentos afectan a las morrenas cuaternarias y substrato conformado por rocas volcanosedimentarias del Paleozoico superior (Grupo Mitu) al sureste y el granito de Sacsacancha al noroeste. Ambos segmentos alcanzan una longitud de 20 km, aproximadamente. La intensidad máxima del sismo en las cercanías de la falla fue de VIII-IX (MM).

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 desgarre 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 Cayesh (PE-10), 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 con rumbo N8°E - N10°E; es subvertical y corta principalmente a las rocas del basamento diorítico. El segundo segmento, entre la quebrada Huaye y la laguna Tingo, tiene una longitud de 2.6 km, rumbo N19°E y un buzamiento aproximado de 75° hacia el oeste y afecta los depósitos glaciales de 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 de Atalaya (PE-20), 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 Purús 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° 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.

- Pliegues de Huancayo (PE-53), los pliegues de Huancayo comprenden anticlinales y sinclinales ubicados mayormente en la margen derecha de la cuenca de Huancayo. Una de las características de la deformación reciente de la zona de Huancayo es que, a excepción de la falla de Huaytapallana, esta deformación se ubica solamente en la parte oeste de

la cuenca, es decir, mayormente en la margen derecha del río Mantaro. Su segunda característica importante es la predominancia de los pliegues respecto a las fallas, o mejor dicho de la deformación dúctil respecto a la deformación frágil (Cabrera, 1982).

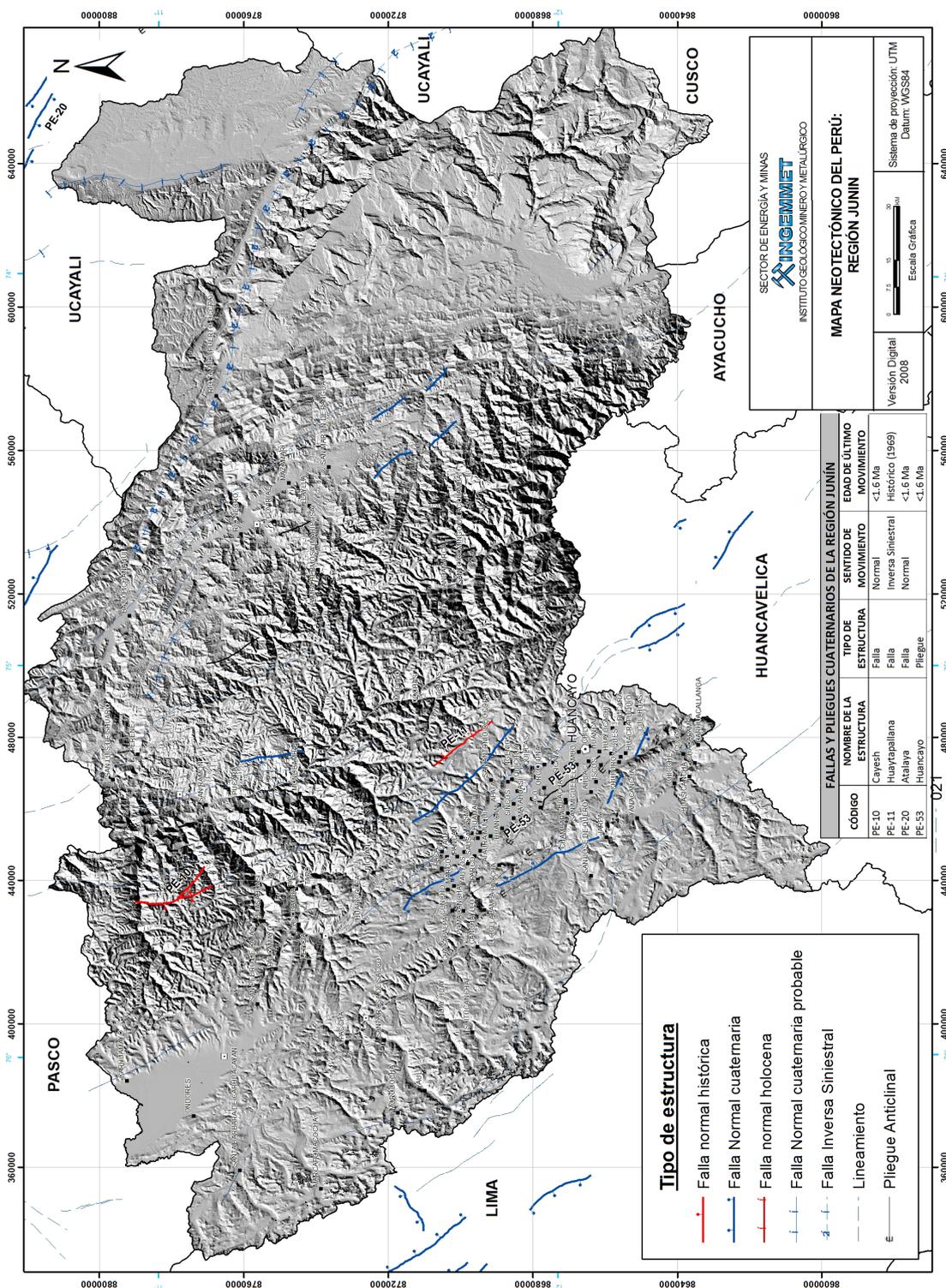


Figura 6.21 Mapa neotectónico de la región Junín (Macharé et al, 2009).

CAPÍTULO VII

ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA REGIÓN JUNÍN

7.1 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 (INDEC), 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 han sido identificados en el inventario de peligros, así como también a los que aparecen cartografiados dentro del mapa geomorfológico, ya que ante la presencia de lluvias excepcionales, muchas de estas zonas podría aumentar y acelerar su actividad, reactivarse, hasta constituirse en nuevas zonas críticas.

En el Mapa 9, se muestra la distribución de 58 zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos de la región Junín identificados durante los trabajos de inspección e inventario de peligros geológicos en campo.

7.2 ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS

Luego de realizar la correlación estadística del tipo de peligro o peligros que concurren en las 58 zonas críticas identificadas en la región y su ubicación por provincia (Gráfico 7.1), se puede observar que la mayor cantidad de zonas críticas a la ocurrencia de peligros geológicos se ubica en la provincias de Concepción (12) y Chanchamayo (12) seguido por las provincias de Tarma (10), Satipo (8), Huancayo (6), Yauli (4), Jauja (2), Junín (2) y Chupaca (2).

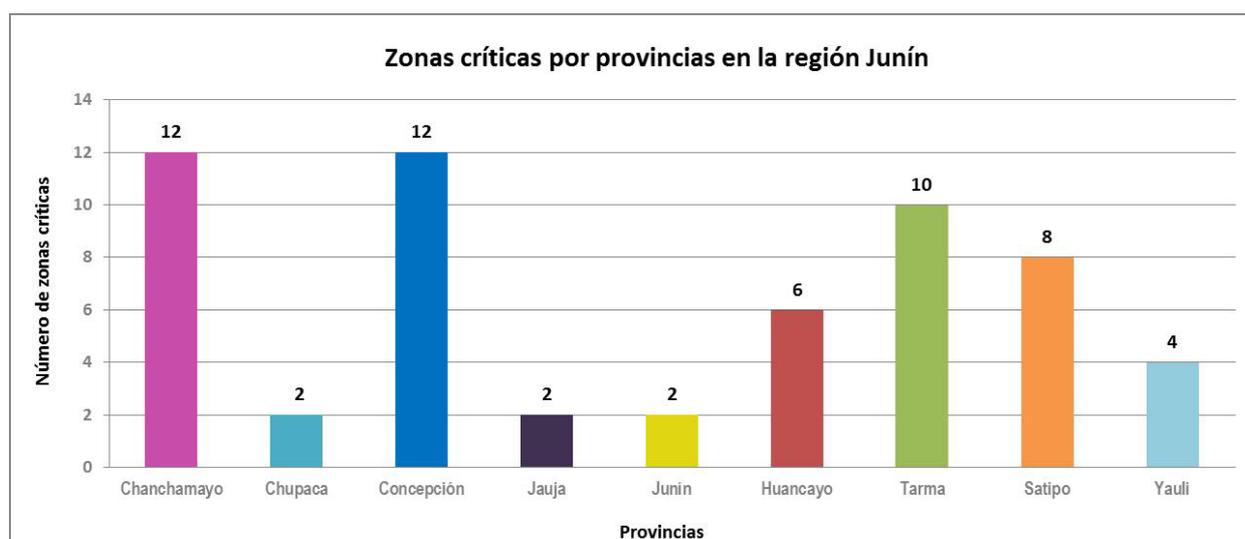


Gráfico 7.1 Zonas críticas por peligros geológicos, según provincias en la región Junín.

En los Cuadros 7.1 al 7.9, 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 expuestos, las zonas vulnerables (afectadas o con potencial de daño), así como las recomendaciones que deben tomarse en cuenta para prevenir y mitigar daños.

7.2.1 Provincia Yauli

Esta provincia se encuentra al noreste de la Región Junín, con una extensión de 3 617.4 km² y una población de 40 390

habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censo de Población y Vivienda 2017). Su capital es la ciudad de La Oroya que se encuentra a 3750 msnm. La provincia de Yauli está compuesta por diez distritos: La Oroya, Chacapalca, Marcapomacocha, Morococha, Santa Bárbara de Carhuacayán, Santa Rosa de Sacco, Yauli, Paccha, Suitucancho y Huay-Huay.

En esta provincia se identificaron cuatro zonas críticas (Cuadro 7.1), principalmente, derrumbes, flujos de detritos, erosión fluvial. Se detallan a continuación por distritos y se aprecian en la Fotografía 7.1.

Cuadro 7.1
Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Yauli

Sector (distrito)	Áreas sujetas alcomentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
1 Sector Huilcacancha (Yauli)	<p>Área sujeta a reptación de suelos, derrumbes, erosión de laderas y flujos de detritos.</p> <p>La zona es afectada por reptación de suelos y surcos entre los cerros Joire y Yantapallana que posteriormente generan huacos en la margen derecha de la quebrada Izcupampa, corta en varios tramos la carretera Pomacocha-Mina Ticlio. También se observa sobre esta ladera, canchales de detritos que caen generando a su vez flujos sobre la trocha.</p>	<p>Presencia de grietas en 03 viviendas del poblado Huilcacancha, las cuales se encuentran inhabitables. Obstrucción de la trocha de acceso al poblado de Pomacocha, aproximadamente 4 km por sectores.</p>	<p>Realizar drenajes para evacuar agua subterránea. Prohibir la construcción de viviendas en zonas donde el terreno se presenta removido. Colocar badenes o alcantarillas sobre los lugares por donde cruzan los flujos.</p>
2 Sector Paccha (Paccha)	<p>Área sujeta a derrumbes, erosión fluvial y erosión de laderas.</p> <p>Erosión fluvial en ambas márgenes del río Mantaro (Fotografía 7.1), que desestabilizan las laderas, frente a la Agroindustria Casaraca.</p> <p>En la ladera de la margen izquierda del río Mantaro es afectado por derrumbes en el talud superior de la carretera y sobre la tubería de agua.</p>	<p>Puede afectar la carretera central La Oroya-Jauja, destrucción de la tubería de agua y un par de torres de alta tensión.</p>	<p>Colocar enrocado a ambas márgenes del río para evitar su erosión y desestabilizar la ladera.</p>
3 Cushuro-Huayhuay (Huayhuay)	<p>Área sujeta a deslizamientos, derrumbes y flujo de detritos.</p> <p>Presencia de deslizamientos y derrumbes en talud superior de carretera Huayhuay-Suitucancha, También es afectado por quebradas que cortan esta vía en la margen derecha del río Suitucancha.</p>	<p>Afecta tramos de la carretera Huayhuay-Suitucancha y terrenos de cultivo.</p>	<p>Mejorar el talud de la carretera, colocar badenes y reforestar laderas.</p>
4 Km 9 + 500 de la carretera central La Oroya-Jauja (Huayhuay)	<p>Área sujeta a erosión de laderas, flujo de detritos, deslizamientos y derrumbes.</p> <p>Presencia de derrumbes y deslizamientos en ambas márgenes del río Andaychacua, sector Yanacocha-Huayhuay.</p>	<p>Afecta el tramo de la carretera Huayhuay-Yanacocha, puede afectar viviendas del sector Huayhuay y Yanacocha.</p>	<p>Mejorar el talud de la carretera, limpieza de cauce de río.</p>



Fotografía 7.1 Erosión fluvial en ambas márgenes del río Mantaro, en el sector Paccha.

7.2.2 Provincia Junín

Esta provincia se ubica al norte de la región del mismo nombre, tiene una superficie de 2487,3 Km² y una población estimada de 23 133 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censo de Población y Vivienda 2017). La capital de esta provincia lleva el mismo nombre y se encuentra a 4105

msnm. La provincia Junín está conformada por cuatro distritos: Carhuamayo, Ulcumayo, Junín y Ondores.

En esta provincia se identificó dos zonas críticas (Cuadro 7.2), principalmente de avalancha de rocas, erosión fluvial y flujos de detritos, las cuales se detallan a continuación por distritos y se aprecian en las Fotografías 7.2 y 7.3.

Cuadro 7.2
Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Junín

Sector (Distrito)	Áreas sujetas alcomentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
<p>5 Sector Ulcumayo (Ulcumayo)</p>	<p>Área sujeta a avalancha de rocas, deslizamientos, derrumbes, flujo de detritos e inundación. Avalancha de rocas antigua donde hoy se asienta un sector del poblado Ulcumayo en la margen izquierda del río Ulcumayo (Fotografía 7.2). Esta avalancha embalsó al río, actualmente el depósito es afectado por erosión fluvial en su margen derecha. Aún se observan bloques colgados sobre la ladera que podrían caer en cualquier momento tras un sismo o por lluvias excepcionales.</p>	<p>Alrededor de 10 viviendas se verían afectados por el desprendimiento de los bloques. La plataforma de la carretera se ha visto afectada en 50 m.</p>	<p>Limpieza de la ladera (desquinche) para retirar los bloques de mayor dimensión así se evita que caigan en cualquier momento afectando a las viviendas. Limpieza de cauce del río Ulcumayo</p>
<p>6 Sector Junín (Junín)</p>	<p>Zona de flujos de detritos. En las Pampas de Junín observamos eventos de flujos antiguos que inundaban todo el sector. En la actualidad todos los cauces de estas quebradas como la quebrada Santa Catalina han sido cubiertos por viviendas o cultivos (Fotografía 7.3). Las quebradas cortan la carretera Junín-Pasco, donde se han colocado alcantarillas.</p>	<p>En épocas de lluvias excepcionales las viviendas son afectadas por inundación de estas quebradas. Arrojan basura sobre alcantarillas obstaculizando el paso del material.</p>	<p>Profundizar y encausar las quebradas para evitar que en épocas de lluvias excepcionales se desborde afectando las viviendas y la carretera. Evitar que continúen asentándose viviendas en terrazas inundables. Limpieza de alcantarillas.</p>



Fotografía 7.2 A) Desviación del cauce del río Ulcumayo, en la margen derecha presenta erosión fluvial. B) En la otra vista se observa al poblado Ulcumayo asentado sobre el depósito antiguo de una avalancha del cerro Huallimarca.



Fotografía 7.3 Viviendas del poblado Junín se ubican sobre el cauce de la quebrada Santa Catalina, altura del km 0+700 de la carretera Junín-Pasco.

7.2.3 Provincia Tarma

Se podría decir que en esta provincia se encuentran las mejores tierras para el desarrollo de la agricultura. Limita al oeste con la provincia Yauli y al norte con la provincia Junín. Tiene una superficie de 2749.2 km² y una población de 89 590 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censo de Población y Vivienda 2017).

La provincia Tarma está conformada por 9 distritos: Tarma, Acobamba, Huasahuasi, La Unión, Palcamayo, San Pedro de Cajas, Palca, Tapo y Huaricolca.

En esta provincia se identificó 10 zonas críticas (Cuadro 7.3), principalmente derrumbes, flujos de detritos, erosión fluvial, las cuales se detallan a continuación por distritos y se aprecian en las Fotografías de la 7.4 a la 7.7.

Cuadro 7.3
Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Tarma

Sector (Distrito)	Áreas sujetas alcomentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
7 Carpapata (Palca)	<p>Área sujeta a derrumbes, deslizamientos y flujo de detritos.</p> <p>Deslizamientos activos, de escarpa de forma irregular con salto de terreno prominente en la ladera del cerro Putacashia, en la margen izquierda de la quebrada Illicyacu. La zona también es afectada por derrumbes periódicos y flujos ocasionales activos, en el talud superior, zona de arranque semicircular de aproximadamente 100 m de longitud y 150 m de alto; cerca del desvío a C.H. Carcapata, en la margen izquierda del río Tarma. La Central Hidroeléctrica ha sido protegida con bosque de eucaliptos. Se observan depósitos de huacos antiguos con presencia de bloques de hasta 2 m de diámetro.</p>	<p>Afectan a carretera asfaltada Tarma-La Merced y tramo de la carretera afirmada Tarma-Huasahuasi, terrenos de cultivo. Podría afectar la Central Hidroeléctrica en la margen derecha del río Tarma.</p>	<p>Mejorar taludes debido a que la zona es muy inestable; colocar avisos o carteles sobre zonas peligrosas donde ocurren estos fenómenos.</p>
8 Palca-Chipocayo (Palca)	<p>Área sujeta a flujos de detritos, erosión fluvial e inundaciones.</p> <p>En la margen derecha del río Tarma, debido a lluvias excepcionales puede desbordarse el río Tarma y afectar viviendas del poblado Palca y Chipocayo, el tramo Palca-Chipocayo también es afectado por huacos de tributarios en ambas márgenes del río Tarma que descienden de las laderas de los cerros Seplapata y Huancamarca.</p>	<p>Afecta aproximadamente 4 km de la carretera Palca-Chipocayo, por sectores.</p>	<p>Reforestación de laderas, colocar defensa ribereña, reubicar viviendas que se encuentran dentro de la faja marginal.</p>
9 Carretera Anturqui - Huanchuro (San Pedro de Cajas)	<p>Área sujeta a derrumbes.</p> <p>Derrumbes en el talud superior de la carretera Anturqui-Huanchuro, a lo largo de 2 km (Fotografía 7.4) en las laderas del cerro Auquimarca, en la margen izquierda del río Ulcumayo debido a las rocas muy fracturadas y pendiente del terreno > 50°. En caso de sismos puede obstruir la carretera.</p>	<p>Afectan a la carretera que está siendo afirmada. Los últimos derrumbes ocasionaron la volcadura de un tractor.</p>	<p>T tratamiento de los taludes debido a que la zona es muy inestable; colocar letreros sobre caídas o derrumbes. Realizar mantenimiento permanente.</p>

Cuadro 7.3
Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Tarma (continuación)

Sector (Distrito)	Áreas sujetas al comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
10 Sector Chupán - Santa Cruz de Huacán (San Pedro de Cajas)	Área sujeta a avalancha de rocas, deslizamientos y flujo de detritos. El poblado Santa Cruz de Huacán se ve afectado por el material suelto de una antigua avalancha de rocas y por el huaco que anualmente baja de la quebrada Mercacocha el cual se desborda a ambos lados afectando viviendas. La zona también es afectada por deslizamiento en la margen izquierda de la quebrada Pacococha, en las laderas del cerro Campanayoc.	Afecta a 04 viviendas en el sector Santa Cruz de Huacán, en el caso de Chupán, de seguir reactivándose afectaría a la carretera Acancocha-Junín.	Evitar la construcción de viviendas cerca de la quebrada o terrazas bajas inundables; colocar defensas ribereñas. Tratamiento de taludes mediante la reforestación de laderas
11 Carretera Huasahuasi-Contadera (Huasahuasi)	Área sujeta a derrumbes y caída de rocas. Derrumbes y caídas en el talud superior de la carretera Huasahuasi-Contadera entre los cerros Mamacocha y Tucanca, cabecera de la quebrada Carhuascancha. Con presencia de bloques sueltos sobre la ladera de ambos cerros, bloques de hasta 2.5 m de diámetro. De ocurrir un sismo o precipitaciones intensas caerían en gran magnitud afectando la trocha que conduce a Huasahuasi.	Afecta aproximadamente a 1.5 km de trocha carrozable.	Mejorar el talud de la carretera Huasahuasi-Contadera. Reforestación de laderas. Desquinchar bloques sueltos.
12 Sectores Santa Clara, San Marcos, Cayán, San Juan y Garita (Huasahuasi)	Área sujeta a deslizamientos. Todo este sector se ve afectado por deslizamientos antiguos reactivados (Fotografía 7.5). El suelo se presenta muy saturado lo que facilita la inestabilidad de la ladera. Se observan escarpas de hasta 5 m, asentamientos y grietas longitudinales en el terreno. En el sector de Santa Clara se observan muros de contención antiguos y resquebrajados. San Juan de La Libertad-Garita en la margen derecha del río Huasahuasi.	Más de 10 viviendas en cada sector se ven en peligro de desplomarse. Además de terrenos de cultivos y la carretera Huasahuasi-Urucancha.	Colocar drenajes para las aguas subterráneas presentes en la zona. Implementar el riego tecnificado para evitar la saturación de los terrenos. Reubicar viviendas de las zonas de reactivación.
13 Sector Palcamayo, (Palcamayo)	Zona de flujos de detritos, inundación y erosión de laderas. Abanico antiguo donde está ubicado actualmente el poblado de Palcamayo (Fotografía 7.6), el cual se encuentra en la confluencia de las quebradas Shaca y Sharca donde nace el río Palcamayo. El cauce original de la quebrada Shaca se ha ido reduciendo por la ocupación de las viviendas y terrenos de cultivos de ese sector. El poblado es afectado por los huacos periódicos en época de lluvias.	Se encuentran en muy alto peligro más de 20 viviendas del sector, terrenos de cultivos y las vías Acobamba-San Pedro de Cajas y Junín-Palcamayo.	Mantenimiento y limpieza constante del cauce del río. Colocar aguas arriba del poblado muros de contención de concreto que canalicen las aguas del río.

Cuadro 7.3
Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Tarma (continuación)

Sector (Distrito)	Áreas sujetas alcomentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
14 Carretera Palcamayo-Acobamba, sector Incachaca (Palcamayo)	Área sujeta a flujos de detritos, movimiento complejo, erosión de laderas e inundaciones. Abanicos antiguos formados por huacos que aún continúan latentes en el sector Palcamayo, Incachaca y Ochenga, se generaron originalmente como erosiones de laderas en el cerro Paclapunta, en la margen derecha del río Palcamayo. En las cabeceras se siguen observando las erosiones de laderas por encima del poblado Palcamayo que en época de lluvias excepcionales generan huacos que afecta a las viviendas y terrenos de cultivos.	Afectaría aproximadamente 12 viviendas, terrenos de cultivos y la carretera Acobamba-Palcamayo.	Realizar trabajos de encauzamiento de las quebradas. Seguir con la reforestación de laderas del cerro Paclapunta. Limpieza de cauce de quebradas. Colocar bade- nes o alcantarillas.
15 Sectores Acobamba-Muru- huay (Acobamba)	Área sujeta a flujo de detritos, erosiones de laderas y deslizamientos. Quebradas Muruhuay, Muruhuayrajra, Puquioran, Pucuybamba, y Chutoc que aca- rrean periódicamente flujos de detritos, algunos de los cuales llegaron a embalsar al río Tarma. En la actualidad sobre estos abanicos se han asentado los poblados de Acobam- ba, Muruhuay (Fotografía 7.7) y La Florida. La zona también es afectada por erosión de laderas y pequeños deslizamientos que se observan en las laderas de los cerros Jegasha y Antacayllan.	De producirse precipitaciones excepcio- nales podría cubrir y destruir viviendas, carretera y terrenos de cultivos.	Limpieza de cauce de quebradas. Canalizar los cauces de las quebradas. Evitar construir viviendas cerca al cauce de las mis- mas. Reforestar laderas y colocar trinches para reducir el avance de las cárcavas.
16 Barrio Matarana-Tarma (Tarma)	Área sujeta a flujo de detritos y erosión de laderas. Debido a las lluvias intensas se generan huacos en las quebradas Maniaco, río Huantay y Misarrurasha, que pueden afectar viviendas del barrio Matarana, en Tarma. La zona también es afectada por erosión en surcos y cárcavas en las laderas de los cerros Peni- tencia, Canchajanan.	Puede afectar viviendas de Tarma, tra- mos de carretera y terrenos de cultivo.	Limpieza de cauce de que- bradas y río Tarma. Colo- car diques de disipación de energía en las quebradas, y evitar la construcción de viviendas dentro de la faja marginal de la quebrada.



Fotografía 7.4 Derrumbes provocados por el corte del talud para construir la carretera Anturqui – Huanchuiro (San Pedro de Cajas, Tarma).



Fotografía 7.5 Vistas de deslizamientos activos en el sector Santa Clara (A y B) y sectores San Juan La libertad- Carita en la margen derecha del río Huasahuasi (C). Deslizamiento en el sector Chinín, en la margen izquierda del río Huasahuasi (D).



Fotografía 7.6 Vista del Pueblo Palcamayo asentado sobre el abanico antiguo de la quebrada que lleva el mismo nombre (A). Erosión de laderas y derrumbes en ambas márgenes de la quebrada Parco, sector Ochonga (B).



Fotografía 7.7 Vistas de los poblados de Acobamba y Muruhuay que se han asentado sobre antiguos abanicos cuyas quebradas aún permanecen latentes y de generarse huaicos se verían afectadas viviendas, terrenos de cultivos y tramo de carretera Acobamba-Tarma. La zona también es afectada por erosión de laderas en las laderas de los cerros Jegasha y Antacayllan.

7.2.4 Provincia Chanchamayo

Limita al norte con el departamento Pasco y al este con la provincia Satipo, al sur con la provincia Jauja y al oeste con la provincia Tarma. La capital de la provincia Chanchamayo es el distrito La Merced. Tiene una superficie de 4725.5 km² y una población estimada de 151 489 personas. La provincia se destaca por la producción de frutas, café, cacao, té y la extracción de madera.

La provincia Chanchamayo está compuesta por seis distritos: Pichanaqui, San Luis de Shuaro, Vitoc, Chanchamayo, Perené y San Ramón.

En esta provincia se identificaron 12 zonas críticas (Cuadro 7.4), principalmente flujos de detritos, derrumbes, erosión fluvial e inundaciones las cuales se detallan a continuación, por distritos y se aprecian en las Fotografías 7.8 - 7.13.

Cuadro 7.4
Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Chanchamayo

Sector (Distrito)	Áreas sujetas a/comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
17 Entre los sectores Fundo Huancapishana y Chiquistambo (San Ramón)	Área sujeta a derrumbes, huacos, deslizamientos y caídas de rocas. Flujo de detritos que se desplazan por la quebrada Agua Carmen, en la margen izquierda del río Tarma. También la zona es afectada por derrumbes, caída de rocas y deslizamientos en el talud superior de la carretera marginal Tarma-La Merced.	Afecta un tramo de 300 m de la carretera marginal y una vivienda, además el canal, poste de luz y vegetación natural.	Mejorar el talud de la carretera marginal. Limpieza de cauce de quebradas.
18 Sectores Yanango, Utcuyacu (San Ramón)	Área sujeta a huacos, erosión fluvial y derrumbes. Flujo de grandes dimensiones en la quebrada Guayabal, en el sector San José de Utcuyacu, con presencia de bloques. Depósito en forma de abanico de 170 m de longitud, el cual represó el río Palca. Derrumbes de escarpa irregular de 200 m longitud por 200 m altura, en la margen izquierda del río Palca, con presencia de filtraciones en el cuerpo del fenómeno. Puede obstruir el cauce del río y represarlo.	Afecta periódicamente un tramo de la carretera (300 m), en el km 72+000 Tarma - La Merced. Puede afectar puente colgante de acero sobre la quebrada de 150 m longitud. En el año 2003 ocurrió un derrumbe similar que interrumpió el tránsito a la selva central.	Limpieza del cauce del río Palca, mejorar talud de carretera Tarma-La Merced. Colocar defensa ribereña.
19 La Merced-Pampa del Carmen (Chanchamayo)	Área sujeta a derrumbes, erosión fluvial e inundación, flujos de detritos y de lodo. Zona de derrumbes en talud superior de carretera San Ramón-La Merced. El sector La Merced también es afectada por flujo de detritos que discurre por las quebradas Toro y Peascarola, entre los sectores La Merced-Pampa del Carmen, afectando viviendas y carretera, en una longitud aproximada de 600 m por sectores. Con presencia de erosión fluvial en ambas márgenes de la quebrada Toro, aguas arriba y abajo del puente San Carlos, se ha colocado un muro de contención de concreto. En caso de lluvias extraordinarias también está sujeta a inundación en una extensión de 1 km, en la margen izquierda del río Chanchamayo.	Afecta 50 m carretera y 20 viviendas en ambas márgenes de la quebrada Toro. Afecta 600 m de la carretera San Ramón-La Merced, 300 viviendas, colegio, institutos, postes de luz y parque de La Merced, y terrenos de cultivo.	Colocar muros de contención en talud superior de la carretera. En algunos sectores mejorar el talud. Limpieza de cuneta y cauce de las quebradas. Colocar defensa ribereña. Implementación de un sistema de drenaje pluvial en la ciudad de La Merced.

Cuadro 7.4
Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Chanchamayo (continuación)

Sector (Distrito)	Áreas sujetas alcomentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
20 Carretera La Merced-Puente Raither km 7+000 (Chanchamayo)	Área sujeta a derrumbes, erosión de laderas y flujos de detritos. Zona de derrumbes en talud superior de carretera La Merced-Puente Raither, de recurrencia periódica. Con presencia de lluvias el material se desplaza como flujos que descienden de las quebradas Raither, Limonpata y Quisque que obstruyen la carretera marginal a la altura del puente Raither. La zona también es afectada por flujos de detritos periódicos estacionales (diciembre-marzo) que discurren por el río Colorado, con presencia de gravas, arenas, palizadas y troncos que pueden ser arrastrados en su cauce. Presenta derrumbes en forma de canchales de detritos al pie del talud, material caído disperso constituido por bloques de roca granito con pendiente del terreno muy fuerte (50° - 70°); en caso de sismos puede generar caídas y obstruir la trocha Río Colorado-Pampa Americana, a la altura del km 0+270.	Afecta 50 m de carretera y dos restaurantes. Afecta tramo de la carretera asfaltada Tarma-La Merced y puente Río Colorado.	Limpieza del cauce del río. Reforestar laderas y colocar defensa ribereña.
21 Carretera Perené-Esperanza (Perené)	Área sujeta a derrumbes, flujo de detritos, y erosión fluvial. Erosión fluvial en el sector Bajo Pichiroqui, en la margen izquierda del río Perené, afecta plataforma de la trocha Esperanza-Perené. En este sector el río Perené se pega a la margen izquierda hace un codo y afecta terrenos usados para el cultivo de frutales y también erosiona el talud inferior de la carretera. La zona también es afectada por huaticos que descienden de las quebradas Pichiraqui, entre otras.	Afecta 100 m de la carretera Perené Esperanza, carretera de acceso al poblado de Esperanza.	Colocar defensa ribereña. Limpieza de cauce del río y quebradas tributarias, colocar badenes y diques de disipación de energía.
22 La Florida-José Galvez (Perené)	Área sujeta a derrumbes, deslizamientos, inundaciones y huaticos. Derrumbes con zonas de arranque irregular, en el talud superior e inferior de la carretera Bajo Yurinaqui-La Florida, en la margen izquierda de la quebrada Yurinaqui. Se dan en areniscas y limolitas muy fracturadas, y ligeramente meteorizada. Por la quebrada Cooperativa discurren huaticos, de cauce sinuoso que cruza el poblado La Florida, de regular magnitud puede ocasionar daños en las viviendas. Derrumbes en ambas márgenes del río Chancarmas puede represarlo y afectar viviendas aguas abajo. Al Noreste de la ciudad de Bajo Yurinaqui se ubica el anexo José Gálvez, afectado por un deslizamiento reactivado con presencia de grietas y asentamientos que comprometen la seguridad física de las viviendas	Afectó el puente, viviendas de la Av. 28 de Julio del poblado La Florida, destruyó pozo séptico. Dejó 9 muertos. Afecta 300 m de la carretera Yurinaqui-La Florida. Afectó viviendas del anexo José Gálvez.	Limpieza del cauce del río y quebradas tributarias, colocar badenes, alcantarillas, cunetas y diques de disipación de energía. Reforestación de laderas. Reubicar viviendas del anexo José Gálvez.
23 Km 12+200-17+500 de la carretera La Merced - Oxapampa (Chanchamayo/San Luis de Shuato) (San Ramón)	Área sujeta a derrumbes, erosión fluvial y flujos de detritos. Presencia de derrumbes en el talud superior de la carretera asfaltada La Merced-Oxapampa, y flujos de detritos periódicos a lo largo de toda la carretera como en las quebradas Alto Capelo y Rodas, en la margen derecha del río Paucartambo (Fotografía 7.8). También presenta erosión fluvial en la margen izquierda del río Paucartambo.	Afecta aproximadamente 5.3 km de la carretera La Merced-Puente Paucartambo, por sectores. En febrero del 2014 afectó viviendas de la comunidad Puente Capelo y el puente Capelo.	Limpieza y ensanchamiento de la carretera. Seguir colocando gaviones de 4 m de alto en ciertos tramos de la carretera y alcantarillas para evitar que dañe la carretera.

Cuadro 7.4

Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Chanchamayo (continuación)

Sector (Distrito)	Áreas sujetas aicomentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
24 Carretera Marginal Yurinaki-Bajo Pichanaqui, Puerto Ubiriki (Perené)	<p>Área sujeta a inundación, erosión fluvial y derrumbes.</p> <p>En estos sectores, todos los años entre los meses de enero a marzo el río Perené se desborda de 10 a 20 m afectando viviendas ubicadas en la ribera del río (confluencia de los ríos Perené y Ubiriki). En otro tramo de este sector el río erosiona el talud inferior de la carretera ocasionando derrumbes y la pérdida de la plataforma de la carretera en la margen izquierda del río Perené (Fotografía 7.9).</p>	4 viviendas, 150 m de carretera Yurinaki-Bajo Pichanaqui y Puerto Ubiriki afectadas por la crecida del río Perené.	Evitar la construcción de viviendas en las terrazas bajas inundables; colocar muros de enrocado en el talud inferior de la carretera. Colocar defensa ribereña.
25 Carretera Marginal Santa Ana- Maranquari - Puente Yurinaqui (Perené)	<p>Área sujeta a derrumbes y flujo de detritos.</p> <p>Derrumbes en aproximadamente 7 km de la carretera Santa Ana-Puente Yurinaqui de poca altura, pero gran magnitud como el km 21+300. En épocas de lluvias el suelo se satura y se generan huaicos que bajan por el cuerpo de los derrumbes y por quebradas angostas por lo que se desbordan en la carretera perjudicando el tránsito. A la altura del km 25 + 800 de la Carretera Marginal, en el sector Maranquari. El río Perené se pega a su margen derecha y erosiona el talud inferior de la carretera (Fotografía 7.10). Se observan varios agrietamientos escalonados, de 10 a 50 cm de altura y hasta 20 m de largo en forma irregular. Derrumbe en corte cerrado de la carretera, para detener su avance se ha construido un muro de gaviones al pie del talud.</p>	Afecta severamente la carretera Marginal en aproximadamente 7 km por sectores y las viviendas de los sectores de Santa Ana y Maranquari.	Colocar gaviones en el talud superior e inferior de la carretera y badenes por donde cruzan las quebradas en la carretera. Reforestar ladera. Mejorar los taludes.
26 Sectores San Ramón, La Libertad, Ex.-Hacienda Huacará - (San Ramón)	<p>Zona de derrumbes, deslizamientos, erosión fluvial, flujos de detritos y lodo.</p> <p>El 21 de enero del 2007, en la ciudad de San Ramón se registraron lluvias excepcionales que alcanzaron 173.7 mm por un lapso de 9 horas, ocasionando que las quebradas aledañas se activaran y se produjeran flujos de lodo y de detritos (huaicos). Las quebradas que se activaron fueron Huacará, Agua Blanca y Tulumayo generando grandes daños en la parte baja del poblado de San Ramón, el AA.HH. Juan Pablo II (Las Malvinas) y San Juan de Tulumayo (Fotografías 7.11 y 7.12).</p> <p>La quebrada Huacará y sus afluentes acarreararon mucho material detrítico suelto provenientes de derrumbes y deslizamientos aguas arriba, como también troncos de árboles que formaron palizada. Al llegar esta palizada al puente Huacará (km 94 de la carretera Tarma-San Ramón), obstruyó el libre escurrimiento en la quebrada, es decir, la luz del puente fue insuficiente para que toda la masa pasara por debajo de él, formándose una presa. Posteriormente, el material del flujo rebalsó el puente y se canalizó por la margen izquierda de la quebrada ex-Apulima, llegando este hasta la parte baja de San Ramón. En las quebradas Agua Blanca y Tulumayo, se formaron flujos que afectaron al AA.HH. Juan Pablo II (Las Malvinas) y al caserío de San Juan de Tulumayo, respectivamente; así como en la quebrada Huarango que afectó al poblado Naranjal. Actualmente presenta erosión fluvial en la margen izquierda del río Oxabamba (Tarma), en el sector La Libertad.</p>	Ocasionó la muerte de dos personas, siete desaparecidos y la casi total destrucción de cinco viviendas. Afecta a la carretera Marginal Tarma-Chanchamayo y la estructura de la alcantarilla. En la zona dejó 443 familias equivalente a 1783 personas damnificadas.	<p>Ensanchar el cauce de la quebrada y encausarla con muros de gaviones. Aumentar la luz del puente Huacará. Para mayor seguridad de los nuevos habitantes se debe realizar un programa de reforestación de laderas y de un buen sistema de drenaje de flujos de agua pluviales.</p> <p>En el 2007 se recomendó la reubicación de los damnificados en los terrenos de la Base Fuerza Aérea del Perú, sector San Jacinto (Canchita) y el sector Chunchuyacu (Propiedad de Antonio Rosales); además de la construcción de obras de prevención, como sistemas de drenaje pluvial y reforestación de laderas en las áreas propuestas. No permitir la expansión urbana hacia el borde del río ni en los cauces de las quebradas.</p>

Cuadro 7.4
Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Chanchamayo (continuación)

Sector (Distrito)	Áreas sujetas a/comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
27 Sector San Félix (San Ramón)	Zona de flujos de detritos y derrumbes. La quebrada Toropaccha en el año 2011 debido a las intensas lluvias, arrasó con gran cantidad de material, generándose un huaco llegando a estrellarse sobre el talud inferior de la carretera Tarma-La Merced. El run-up del huaco alcanzó una altura aproximada de 2 m, ocasionando que un bloque impactara en la pared del segundo piso de una vivienda, dejando un agujero (Fotografía 7.13), con presencia de bloques de hasta 3 m de diámetro.	En su recorrido destruyó dos piscigranjas, dos viviendas y cobró la vida de una persona.	Mantenimiento constante del cauce de la quebrada y evitar que viviendas ocupen zonas vulnerables cerca de esta quebrada.
28 Sector Pumahujsca (San Ramón)	Área sujeta a flujos de detritos y erosión fluvial. Las quebradas Pan de Azúcar, Guayabal, Huacapaccha y Magdalena, entre otras, forman conos de 25-30 m longitud. Acarrean gran cantidad de bloques, ramas, árboles acrecentando el cauce del río Palca. Pueden represar el río y desbordarse sobre la carretera (km 78+298). Con presencia de bloques de hasta 1.5 m de diámetro. Estos huacos bajan anualmente entre los meses de diciembre a marzo.	Puede causar la destrucción de las viviendas que se encuentran en la otra margen del río Palca, afectar aproximadamente 8 km de carretera asfaltada y hasta la pérdida de vidas humanas.	Mantenimiento constante del cauce de la quebrada y evitar que viviendas ocupen zonas vulnerables cerca de esta quebrada. Colocar defensa ribereña para proteger la plataforma de carretera.



Fotografía 7.8 Vista de diferentes tramos de la carretera La Merced – Paucartambo, sector Puente Capelo donde se observa el suelo saturado que genera flujos y derrumbes, obstaculizando el tránsito.



Fotografía 7.9 Erosión fluvial en la margen derecha del río Perené, afecta tramo de la Carretera Marginal, sector Shintoriato (izquierda). A la derecha se observa el sector Bajo Quivinaqui ubicado en la margen derecha del río Perené en confluencia con el río Ubiriqui afectado por el desborde del río.



Fotografía 7.10 Derrumbes en talud superior de la Carretera Marginal Santa Ana-Maranquiari, sector Maranquiari.



Fotografía 7.11 A) Quebrada cuyo huaico del año 2007 ocasionó la pérdida de dos personas y la destrucción de varias viviendas. B) Vivienda enterrada por depósito de huaico en el sector Huacará. C) Sector Huacará, zona afectada por huaicos y palizada, se observa el puente Huacará obstruido por palizada y bloques de roca.



Fotografía 7.12 Vista aérea del sector del AA.HH. Juan Pablo II (izquierda), vivienda del sector Las Malvinas enterrada por depósito de huaico (derecha). Fotografía tomada por Nuñez, S. (INGEMMET, 2007).



Fotografía 7.13 Vista de los daños dejados por el huaico de la quebrada Toropaccha, orificio dejado por el run-up de 2m (izquierda). Huaico en la quebrada Toropaccha, tributario de la margen derecha del río Palca (derecha).

7.2.5 Provincia Jauja

Limita al oeste el departamento Lima y al este con la provincia Chanchamayo. Tiene una superficie de 3749.1 km² y cuenta con una población de 83 257 habitantes. Su capital es la ciudad de Jauja la cual se encuentra a la margen izquierda del río Mantaro, a una altitud de 3352 m s.n.m.

En este territorio se desarrolló la experiencia de la crianza del ganado ovino que luego fue difundiendo en toda la región de la sierra.

En esta provincia se identificaron dos zonas críticas (Cuadro 7.5), principalmente erosión de laderas y flujos de detritos, las cuales se detallan a continuación, por distritos y se aprecian en las Fotografías de la 7.14 y 7.15.

Cuadro 7.5
Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Jauja

Sector (Distrito)	Áreas sujetas a comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
<p>29 Sector Casablanca, km 26+800 - 27+200 carretera Parco-Jauja (Paccha)</p>	<p>Área asociada a deslizamientos, derrumbes erosión de laderas y flujo de detritos. Deslizamiento antiguo con intensa erosión de laderas a manera de bad lands sobre terrenos de naturaleza incompente, en donde se generan deslizamientos, derrumbes, con presencia de asentamientos del terreno, donde ahora está ubicado el poblado Casa Blanca (Fotografía 7.14). En época de lluvias la erosión se intensifica generando huaiicos en la margen izquierda del río Pulclush.</p>	<p>Afecta viviendas de Casa Blanca, terrenos de cultivos y tramo de la carretera Parco-Jauja.</p>	<p>Reforestar con eucaliptos para minimizar o anular la acción erosiva de las aguas en las laderas. Colocar trinchos y sistema de drenaje. Evitar el riego por inundación.</p>
<p>30 Sectores Chicche, Vista Alegre (Apata)</p>	<p>Área sujeta a deslizamientos, derrumbes, flujo de detritos, erosión de laderas y reptación de suelos. Deslizamiento reactivado en la cabecera de la quebrada Putcas (Fotografía 7.15), en el cuerpo del fenómeno se ubica la laguna Atacocha, con presencia de grietas y asentamientos. Este evento se comportó como flujo de detritos el cual formó un abanico al desembocar al río Chicche, utilizado actualmente para terrenos de cultivo por donde cruza la carretera Apata-Masma. En el sector Chicche presenta pequeños deslizamientos en ambas márgenes del río Chicche, con intensa erosión de laderas y presencia de bofedales. En la margen izquierda del río se ha originado reptación de suelos.</p>	<p>Puede afectar la carretera Apata-Masma (0.25 km), Apata-Sacsacancha (1.5 km), trocha Chicche-Vista Alegre (0.75 km) por sectores; terrenos de cultivo y algunas viviendas.</p>	<p>Realizar trabajos de drenaje en los oconales para aminorar la carga hidráulica de la ladera. Reforestar el área que se está deslizando. Prohibir la construcción de viviendas en la zona inestable. Monitorear el deslizamiento.</p>



Fotografía 7.14 Vista de deslizamiento antiguo con intensa erosión en bad lands en la escarpa, con presencia de derrumbes en el talud superior de carretera Paccha-Jauja, sector Casa Blanca.



Fotografía 7.15 Vista del deslizamiento en el sector Vista Alegre (Apata), escarpa principal con presencia de bofedales, grietas y pequeños saltos en el cuerpo del fenómeno

7.2.6 Provincia Concepción

La provincia Concepción tiene una superficie de 3067.5 km² y una población estimada de 55 591 personas (Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censo de Población y Vivienda 2017). Su capital Concepción se encuentra en la margen izquierda del río Mantaro.

Su territorio cubre parte del valle del Mantaro. Se encuentra recorrida casi transversalmente por los tributarios andinos que forman el río Tulumayo, el cual con sus aguas riega el valle de Chanchamayo.

Esta provincia está conformada por quince distritos: Matahuasi, Mito, Nueve de Julio, Orcotuna, Aco, Heroínas de Toledo, Santa Rosa de Ocopa, Cochabambas, Comas, Manzanares, Concepción, Andamarca, Chambará, Mariscal Castilla y San José de Quero.

En esta provincia se identificó 12 zonas críticas (Cuadro 7.6), principalmente, derrumbes, flujos de detritos, deslizamientos y erosión de laderas, los cuales se detallan a continuación por distritos y se aprecian en las Fotografías 7.16 - 7.21.

Cuadro 7.6
Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Concepción

Sector (Distrito)	Áreas Sujetas A/Comentario Geodinámico	Vulnerabilidad Y/O Daños Ocasionados	Recomendaciones
31 Sector Mucllo-Alapampa (Mariscal Castilla)	<p>Área sujeta a erosión de laderas, erosión fluvial e inundación, huaticos, derrumbes y deslizamientos.</p> <p>Zona de huaticos y derrumbes entre los sectores de Mucllo y Alapampa. La zona también es afectada por deslizamiento en el sector Mamac.</p> <p>Erosión periódica activa, en la margen izquierda del río Tulumayo frente a la confluencia con el río Runatullo. Aguas arriba se observa erosión en ambas márgenes frente al poblado Alapampa.</p> <p>En los sectores San Martín de Porres de Mamac, Pucará y Parco, km 2+800 a km 4+000, es afectado por erosiones de laderas que han socavado profundamente generando huaticos y derrumbes cuyo material bloquea la carretera (Fotografía 7.16). Debido a la inestabilidad del terreno también se generan deslizamientos y asentamientos de terrenos.</p>	<p>El huaiuco de Alapampa afectó terrenos de cultivo y podría afectar viviendas y aproximadamente 5 km de carretera afirmada que conduce a Comas, por sectores.</p>	<p>Colocar defensa ribereña. Limpieza de cauce del río. Prohibir la construcción de viviendas muy cerca del cauce del río y quebradas. Canalizar las aguas de las quebradas y reforestar en la parte alta.</p>
32 Km 13 + 200 - 14 + 800 carretera Comas-Satipo (Mariscal Castilla)	<p>Área sujeta a derrumbes y deslizamientos.</p> <p>Zona de derrumbes en forma de canchales de detritos en los sectores Inglistata, Toro Lumí, Machaynioc en el talud superior de la carretera Comas-Satipo.</p>	<p>Puede afectar tramo de carretera Comas-Satipo por sectores.</p>	<p>Reforestar laderas, mejorar el talud de la carretera Comas-Satipo.</p>
33 Sector Talhuis (Comas)	<p>Área sujeta a derrumbes, deslizamientos y erosión de laderas.</p> <p>Derrumbes periódicos activos, de escarpa irregular en una extensión de 250 m y altura promedio de 15-35 m, a la altura del Km 43+000, en la margen izquierda del río Runatullo en el cerro Shayhua.</p>	<p>Afecta 250 m de carretera Comas-Satipo por sectores y terrenos de cultivo</p>	<p>Mejorar el talud de la carretera, reforestar ladera.</p>

Cuadro 7.6
Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Concepción (continuación)

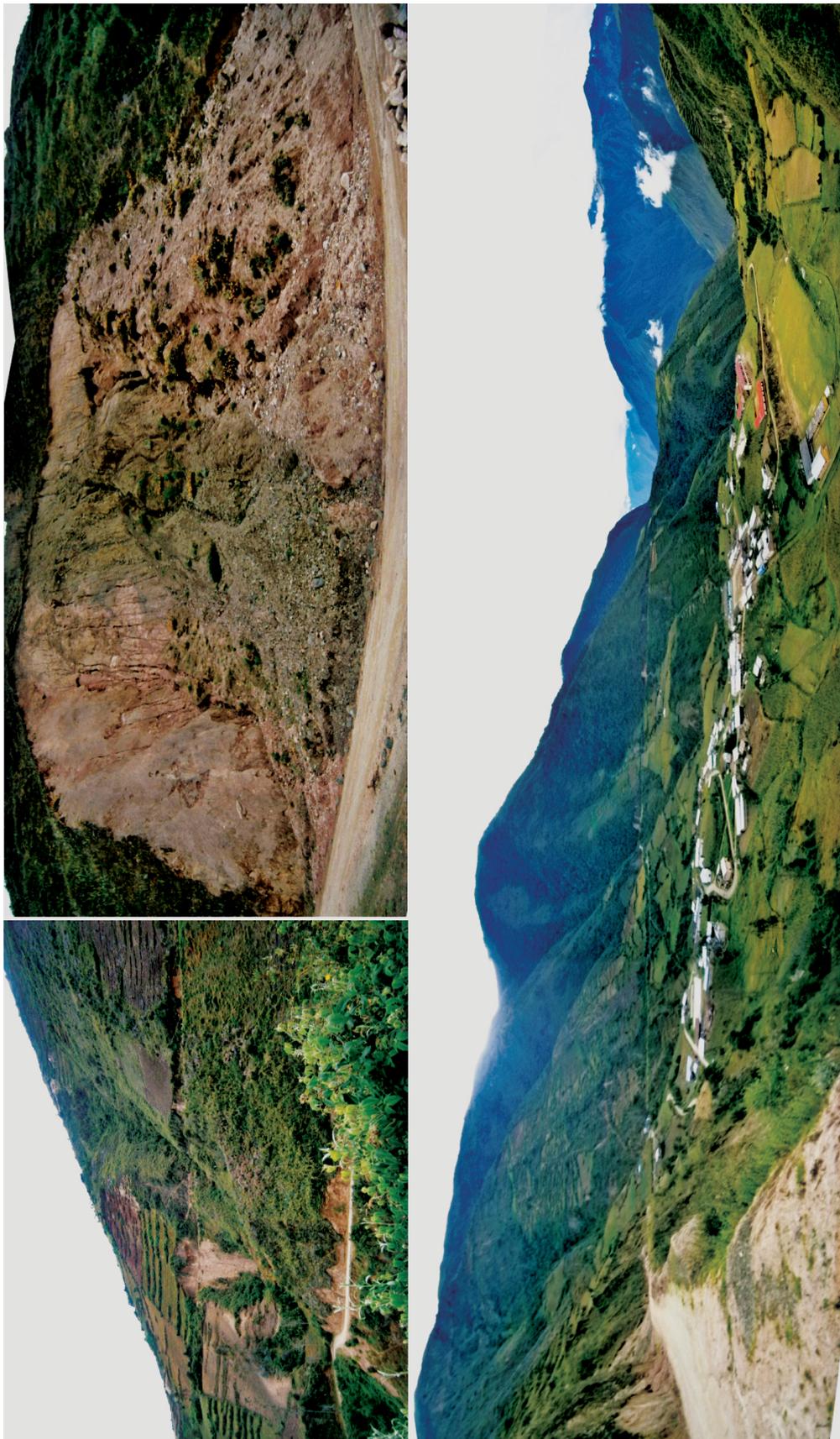
Sector (Distrito)	Áreas Sujetas Al Comentario Geodinámico	Vulnerabilidad Y/O Daños Ocasionados	Recomendaciones
34 Matapa-Pucacocha (Andamarca)	<p>Área sujeta a deslizamientos, derrumbes, huaiicos y erosión fluvial. Zona de derrumbes periódicos con zonas de arranques irregulares en las laderas de los cerros Jatunlallulo y San Ignacio; así como deslizamiento activo de escarpa recta irregular, con 3 saltos de 1 a 3 m; huaiicos que descienden de la quebrada Pucacocha y erosión fluvial en la margen izquierda del río Andamarca.</p> <p>Flujo periódico activo, de material en la quebrada Huichana con cauce de 20 m de ancho, corta la carretera de acceso a Andamarca; también es afectada por derrumbes periódicos activos, en algunos casos generan flujos de detritos como en el km 39 de la carretera a Andamarca que destruyó el paso vehicular y embalsó el río en la margen derecha del río Andamarca.</p>	<p>Afecta un tramo de 25 m de la carretera a Andamarca. Afectó puente a Pucacocha y otros puentes de concreto, y terrenos de cultivo en ambas márgenes. Podría afectar en forma excepcional a cinco viviendas.</p>	<p>Se ha reforestado la parte inferior de la ladera; sin embargo, se produjo el derrumbe. Seguir con la reforestación de laderas. Colocar diques disipadores de energía en quebradas, colocar y dar mantenimiento a alcantarillas. Limpieza de cauce.</p>
35 Villa Yauli (Andamarca)	<p>Área sujeta a derrumbes, caída de rocas y erosión de laderas. Caída de rocas activa en la ladera del cerro Churaysha en la margen derecha del río Andamarca, se observa fracturas abiertas, bloques de roca inestable en los taludes de corte, talud de 40 - 50 m, desde el km 27+300 al km 28+300 de la carretera Comas-Andamarca.</p>	<p>Afecta 1 km de carretera Comas-Andamarca por sectores.</p>	<p>Reforestar laderas, colocar y dar mantenimiento a alcantarillas. Desquinchar bloques suspendidos en el talud superior de la carretera. Mejorar el talud.</p>
36 Sectores Santa Rosa de Ocopa-Ingenio (Santa Rosa de Ocopa/Quishuay)	<p>Área sujeta a deslizamientos, derrumbes, flujo de detritos, erosión de laderas, erosión fluvial e inundación. El poblado Santa Rosa se ubica sobre un abanico antiguo, el actual cauce de la quebrada Racroica pasa por el poblado, el pie del abanico es afectado por erosión fluvial, en algunos sectores por inundación. Puede afectar la carretera Santa Rosa-Comas, km 5-km 7+250. La zona también es afectada por un deslizamiento antiguo arriba del poblado Quishuay en las laderas del cerro Chia, la laguna Pícis se encuentra sobre el cuerpo del evento, de reactivarse podría afectar parte del poblado Quishuay, con presencia de erosión en cárcavas que en época de lluvias intensas pueden generar huaiicos en la margen derecha del río Achamayo (Fotografía 7.17).</p>	<p>Puede afectar viviendas de los poblados Santa Rosa de Ocopa, Quishuay e Ingenio, la carretera Santa Rosa-Ingenio, y terrenos de cultivo.</p>	<p>Reforestar laderas del cerro Chia. Implementación de un sistema de drenaje. Limpieza de cauce de ríos y quebradas. Colocar defensa ribereña.</p>

Cuadro 7.6
Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Concepción (continuación)

Sector (Distrito)	Áreas sujetas alcomentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
37 Sector San Blas/ Rancho / Chorrillos (Chambará)	<p>Área sujeta a flujo de detritos, erosión de laderas, erosión fluvial, deslizamientos, movimiento complejo y derrumbes.</p> <p>Se observan múltiples eventos algunos de los cuales llegaron a embalsar al río Cunas. El Abanico antiguo donde ahora está ubicado el poblado de San Blas se encuentra poco latente. Presenta erosiones en cárcavas y deslizamientos en la margen derecha. También, se observa un movimiento complejo antiguo y derrumbes que se comportaron como flujos desviando el cauce del río Comas. Con reactivaciones a manera de cárcavas que acarrean flujos de detritos con lluvias excepcionales aportando gran material al río.</p> <p>Erosión de ribera de la terraza en la margen derecha del río Cunas, altura de 4 m.</p>	<p>Pueden verse afectados todos los poblados de este sector desde las viviendas que están en la parte alta hasta las que se encuentran dentro del depósito.</p> <p>Puede ocasionar daños a la carretera en un tramo de 500 m, terrenos de cultivo y casas en margen izquierda del río.</p>	<p>Se debe tener más control con el riego de los cultivos. Limpeza de cauce. Colocar defensa ribereña.</p>
38 Sectores Tampus/ Puquián (Comas)	<p>Área sujeta a deslizamientos.</p> <p>Deslizamiento rotacional en laderas del cerro Ventanilla, con presencia de asentamientos en la carretera</p>	<p>Afecta el talud inferior de 2,5 km de carretera hacia Comas.</p>	<p>Cambiar el trazo actual de la carretera hacia Comas.</p>
39 Sector Comas (Comas)	<p>Ingenio-Comas, se llevó una parte de la carpeta asfáltica en el km 51+500 (Fotografía 7.18). Pendiente fuerte, mayor a 50°.</p> <p>Área sujeta a derrumbes.</p> <p>Se observan derrumbes debajo del poblado de Comas (Fotografía 7.19), cuyo material originó el embalse del río del mismo nombre que se encuentra a 250 m en la ladera del cerro Milupata. De tener un efecto retrogresivo afectaría a terrenos de cultivos y viviendas del poblado.</p>	<p>Derrumbe afecta la carretera Comas-Satipo en 60 m. Puede afectar viviendas y terrenos de cultivo.</p>	<p>Evitar la construcción de viviendas cerca al acantilado.</p>
40 Sector Maraiyoc - km 78+000 carretera Comas - Satipo / Quebrada Tucumachay	<p>Área sujeta a derrumbes y erosión fluvial.</p> <p>Esta carretera se ve afectada por constantes derrumbes que afectan el libre tránsito (Fotografía 7.20). Por las constantes lluvias de la zona el suelo se vuelve muy deleznable ocasionándose los derrumbes. También se producen derrumbes por la dinámica fluvial que ocasiona el socavamiento del pie del talud.</p>	<p>Derrumbes afectan 2 km de la carretera afirmada Comas-Satipo, por sectores y a las viviendas que se ubican dentro de este sector.</p>	<p>Hacer mantenimiento constante a la carretera Comas-Satipo. Reforzar estación. Mejorar talud.</p>

Cuadro 7.6
Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Concepción (continuación)

Sector (Distrito)	Áreas sujetas a/comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
41 Sector Runatullo (Comas)	<p>Área sujeta a derrumbes y flujo de detritos. En este sector se observan derrumbes en el talud superior e inferior de la carretera. Material suelto y deleznable que a consecuencia de las lluvias periódicas de la zona se producen los derrumbes y huacos que afectan a la carretera afirmada. Algunas viviendas del poblado Runatullo se encuentran muy cerca de la zona de arranque de derrumbes cuyo avance es retrogresivo (Fotografía 7.21). El material de estos derrumbes alimenta a la quebrada Rumicuchpa en la margen derecha del río Runatullo.</p>	<p>Afecta a aproximadamente 5 km de carretera por sectores y probablemente llegue a afectar a las viviendas de Runatullo y terrenos de cultivos del sector.</p>	<p>Limpieza de cauce. Colocar defensa ribereña. Prohibir la construcción de viviendas dentro de la faja marginal del río y quebradas.</p>
42 Antacalla-Andamayo (Andamarca)	<p>Área sujeta a deslizamientos, derrumbes y flujos de detritos. Deslizamiento rotacional activo en el flanco sureste del cerro Potahuasi, en la margen derecha de la quebrada sin se asienta el poblado de Antacalla sobre el cuerpo de un antiguo deslizamiento con presencia de antiguas cicatrices. El 19 de marzo del 2013 se generó este fenómeno que tuvo una duración aproximada de 24 horas, tiempo que les dio para evacuar. El poblado de Andamayo se asienta sobre el cuerpo de un deslizamiento antiguo, en la margen izquierda del río Acobamba a 7200 m del distrito de Andamarca. En su extremo superior se observa agrietamientos con longitudes que varían entre 30 a 60 m. La zona también es afectada por derrumbes y flujos de detritos.</p>	<p>En Antacalla se han registrado 228 personas damnificadas, 46 viviendas destruidas, 29 viviendas inhabitables, una institución educativa destruida, así como la carretera afectada, tierras de cultivo y servicios básicos como agua, telefonía y energía eléctrica. El poblado de Andamayo presenta 14 viviendas afectadas y terrenos de cultivos afectados.</p>	<p>Reubicar los centros poblados de Antacalla y Andamayo, al sector Cerro Potahuasi, previa evaluación ingeniería geológica. Se recomienda también la reforestación de las laderas que rodean al sector y realizar el diseño adecuado del drenaje superficial. Controlar con revestimientos de concreto el canal de regadío para evitar la pérdida de agua y saturación del suelo</p>



Fotografía 7.16 Erosión de laderas en el cerro Ventanilla afecta los sectores San Martín de Porres de Mamac, Pucará y Parco del distrito de Mariscal Castilla, tramo del km 2+800 al km 4+000 es afectado por derrumbes, huaiicos y asentamientos. En la fotografía de abajo se ve el poblado San Martín de Porres de Mamac con presencia de asentamientos.



Fotografía 7.17 Vistas del río Achanayo, A) Área sujeta a inundación en la margen derecha del río Achanayo, B) Erosión fluvial en la margen derecha del río, C) Erosión en estribo derecho del Puente Santa Rosa de Ocopa.



Fotografía 7.18 Deslizamiento rotacional en laderas del cerro Ventanilla, sector Tampos con presencia de asentamientos en la carretera Ingenio-Comas, se llevó una parte de la carpeta asfáltica en el km 51+500.



Fotografía 7.19 Se observa un derrumbe debajo del poblado de Comas en laderas del cerro Milupata, cuyo material originó el embalse del río Comas.



Fotografía 7.20 Vista de la carretera Comas-Satipo, sector Maraiyoc, con presencia de derrumbes en talud superior en varios tramos de la carretera, obstaculizando el tránsito.



Fotografía 7.21 Vista panorámica del sector Runatullo asentado sobre un piedemonte coluvio-deluvial del cerro Alfonsito, algunas viviendas del poblado Runatullo se encuentran muy cerca de la zona de arranque de derrumbes cuyo avance es retrogresivo (arriba). En la parte inferior tramo de la carretera Comas-Runatullo afectado por derrumbes y huaicos (abajo).

7.2.7 Provincia Chupaca

Es la provincia más pequeña del departamento de Junín, tiene una extensión de 1 153.1 km² y una población estimada de 52 988 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censo de Población y Vivienda 2017). Limita con las vertientes andinas del departamento de Lima. Es una provincia de tierras altas, que está dominada por cumbres nevadas. La población

se dedica a la crianza de ganado vacuno y ovino y a la actividad agrícola como la oca, maíz, olluco y papa.

La capital de Chupaca se encuentra en la margen derecha del río Mantaro. En esta provincia se identificaron dos zonas críticas (Cuadro 7.7), principalmente por erosión de laderas. Se detalla a continuación por distrito y se aprecian los casos en las Fotografías 7.22 - 7.24.

Cuadro 7.7
Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Chupaca

Sector (Distrito)	Áreas sujetas alcomentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
43 Sector Santa Cruz Iscotiana (Huachac)	Área sujeta a erosiones de ladera, flujo de detritos, reptación de suelos y deslizamientos. Presencia de cárcavas en ambas márgenes del río Cunas, que acarrearán flujos. Las erosiones en laderas del cerro Quinsautra de la margen derecha afectan a viviendas y tramo de la carretera Chupaca-San Blas (Fotografías 7.22 y 7.23). También, se observa reptación de suelos que originan pequeños deslizamientos.	Afecta a aproximadamente 10 viviendas y un tramo de la carretera Chupaca-San Blas.	Reforestar laderas del cerro Quinsautra. Colocar alcantarillas para evitar que dañe la carretera. Colocar mallas o geomanta en talud superior de carretera Chupaca-San Blas.
44 Sector Chupaca-Buenos Aires (Yanacancha)	Área sujeta a flujos de detritos, derrumbes, erosión de laderas, inundaciones y erosión fluvial. Presencia de erosión de laderas en cárcavas y laminar en el talud de la terraza aluvial de 100 m de altura, a lo largo de un tramo de 500 m de la carretera, en el sector Huarisca. Derrumbes con escarpas de 2 a 5 m de altura en la margen izquierda del río Cunas, se observa material de escorbros en el pie de talud. La zona también es afectada por erosión fluvial y sujeta a inundaciones en ambas márgenes del río Cunas, en el sector Buenos Aires (Fotografía 7.24).	Puede dañar la carretera, torre de alta tensión, viviendas y terrenos de cultivo.	Limpieza de cauce de río. Colocar defensa ribereña. Reforestar laderas. Prohibir la construcción de viviendas dentro de la faja marginal del río.



Fotografía 7.22 Vista panorámica del sector Iscotiana con presencia de erosión de laderas en el cerro Quinsautra.



Fotografía 7.23 Erosión en cárcavas en el sector Iscotiana, también genera derrumbes en talud superior de la carretera Chupaca-San Blas.



Fotografía 7.24 Erosión fluvial y zonas sujetas a inundación en ambas márgenes del río Cunas, sector Buenos Aires.

7.2.8 Provincia Satipo

Es la provincia más extensa de la región Junín, se encuentra ubicada en la parte oriental de esta región, tiene una extensión de 19 219.5 km² y una población estimada de 203 985 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censo de Población y Vivienda 2017). Limita al norte con la región Ucayali, al sur con la región Ayacucho, por el este con la región Cusco y

al oeste con las provincias Chanchamayo, Jauja, Concepción. En esta provincia se encuentran los ríos Perené, Ene y Tambo.

En esta provincia se identificó 8 zonas críticas (Cuadro 7.8), principalmente por derrumbes, flujo de detritos, deslizamientos y erosión fluvial, los cuales se detallan a continuación por distrito y se muestran los casos en las Fotografías 7.25 - 7.28.

Cuadro 7.8
Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Satipo

Sector (Distrito)	Áreas sujetas a/comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
45 Km 152+950 Comas - Satipo (Pampa hermosa)	Área sujeta a deslizamientos, flujo de detritos y derrumbes. Deslizamiento que continúa activo y sigue asentando el terreno produciendo agrietamientos en la carretera en laderas del cerro Apalla, en el sector Calabaza. A 100 m, aguas abajo del río Pampa Hermosa se generan derrumbes en la margen derecha del río que se lleva parte de la plataforma de la carretera afirmada Comas-Satipo (Fotografía 7.25).	Afecta a 1 km de la carretera a Satipo (dos desarrollos de la carretera).	Reforestar para evitar que el deslizamiento continúe su avance. Sistema de drenaje.
46 Carretera Comas-Satipo (Pampa Hermosa)	Área sujeta a erosión fluvial, derrumbes y flujo de detritos. El río Yungorplaya ha erosionado 0.5 m de ancho de la carretera haciendo la más angosta. En el talud superior de la carretera se observa un antiguo derrumbe cuyo depósito ya ha sido cubierto por la vegetación (Fotografía 7.26). En época de lluvias excepcionales este río acarrea flujos con bloques de hasta 2 m de diámetro. En su último evento ha embalsado al río Pampa Hermosa ocasionando el desvío de su cauce.	Afecta tramo de carretera por sectores y el puente de tablas.	Ensanchar el cauce del río y colocar gaviones en el talud inferior de la carretera para evitar la erosión.
47 Puente Pamay-Mariposa, km 167+000—km 173+906 carretera Comas- Satipo (Pampa Hermosa)	Área sujeta a deslizamientos, derrumbes y flujo de detritos. Todo este sector se ve afectado por deslizamientos, derrumbes con presencia de fallas planares y escarpa irregular y huacos que cortan la carretera Puente Pamay-Mariposa con bloques mayores a 1 m de diámetro, además de troncos en la margen derecha del río Pampa Hermosa (Fotografía 7.27). Con presencia de filtraciones y discontinuidades en las rocas fracturadas y alteradas.	Afecta aproximadamente 7 km de carretera por sectores, puente Pamay-Mariposa.	Seguir con el mantenimiento de la carretera, mejorar el talud, Sistema de drenaje.

Cuadro 7.8
Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Satipo (continuación)

Sector (Distrito)	Áreas sujetas al comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
48 Mazamari (Mazamari)	Área sujeta a inundaciones y erosión fluvial. El 14 de diciembre del 2013 a las 08:00 horas, aproximadamente; a consecuencia de las precipitaciones pluviales se produjo el desborde de la margen derecha del río Mazamari, afectando personas, viviendas e Institución educativa en las localidades de San Cristóbal y Sixto Contreras.	Afectó viviendas e Institución educativa en las localidades de San Cristóbal y Sixto Contreras.	Limpieza de cauce. Defensa ribereña. Prohibir la construcción de viviendas dentro de la faja marginal del río.
49 Sector Shittiro (Río Tambo)	Área sujeta a derrumbes, flujo de detritos y erosión fluvial. En épocas de lluvias el suelo se satura provocando derrumbes y huacos en todo este sector, perjudicando la carretera Mazamari-Río Tambo. Dentro del depósito de los derrumbes se generan pequeños flujos que invaden la carretera. El depósito extraído es arrojado al río, lo cual genera erosión del río.	Afecta tramo de carretera a pesar de que le han colocado badén en ciertos sectores.	La carretera está en constante mantenimiento, pero el material es arrimado a los lados el cual es lavado en épocas de lluvias.
50 Puerto Prado (Río Tambo)	Área sujeta a inundaciones, huacos y erosión fluvial. Debido a las fuertes lluvias en el 2012, el caudal del río Ene y Perené se desbordó y provocó la inundación de más de 150 viviendas en el distrito de Puerto Prado. También se pueden generar flujos de lodo en la quebrada que corta el poblado.	Las torrenciales lluvias afectaron también el estadio y un almacén de materiales de construcción de la Municipalidad de Puerto Prado.	Limpieza de cauce de la quebrada que cruza el poblado. Colocar defensa ribereña. Prohibir la construcción de viviendas dentro de la faja marginal del río Perené.
51 Villa Junín (Río Tambo)	Área sujeta a deslizamientos y flujos de detritos. El flanco este del cerro Sito Mora, afectado por deslizamientos, flujos antiguos, con alineamiento de escarpas de forma de media luna, lomeríos en el cuerpo del deslizamiento y variaciones en el cauce del río Tambo (Fotografía 7.28). El deslizamiento ocurrió el 27 de enero del 2015, en la margen izquierda del río Tambo (evaluación realizada por el Ing. S. Nuñez, 2015), de tipo rotacional, con una corona de 190 m y saltos hasta de 20 m, de forma semicircular e irregular. La escarpa principal, en el lado izquierdo, de forma plana, ha adquirido la forma de la superficie del estrato (roca aflorante). Es decir, este plano fue aprovechado para el desplazamiento de la masa del deslizamiento, convirtiéndose en este sector como deslizamiento traslacional, producto de lluvias excepcionales y presencia de manantiales.	El evento destruyó más de 50 viviendas, un centro educativo, iglesia, loza deportiva, caminos rurales (150 m) de la trocha de acceso al poblado y postes de tendido eléctrico.	Reubicar las viviendas comprometidas por el deslizamiento. El cuerpo del deslizamiento no es apto para vivienda, este sector se debe destinar para forestación, previo tratamiento del terreno (banquetas y drenaje respectivo). En la zona no afectada por el deslizamiento, se debe realizar un sistema de drenaje pluvial y desagüe, con la finalidad de no permitir la infiltración de agua al subsuelo. Canalizar la quebrada y puquiales.
52 Satipo (Satipo)	Área sujeta a inundaciones, erosión fluvial y derrumbes. A consecuencia de lluvias excepcionales el sector de Satipo fue afectado por desborde del río Satipo. Aguas abajo, el tramo de la carretera Paratushai-Santa Irene presenta rajaduras tras el desborde del río Ancayo.	En el año 2012 afectó el colegio Divino Niño Jesús y viviendas de los sectores de Natalio Sánchez, Jorge Chávez, Santa Leonor, Villa Pacifico, 8 de Octubre y La Florida.	Seguir con los simulacros por inundaciones. Defensa ribereña. Prohibir la construcción de viviendas dentro de la faja marginal del río Satipo.



Fotografía 7.25 Deslizamiento activo con presencia de asentamientos y derrumbes en la carretera Comas - Satipo, en el km 152+950.



Fotografía 7.26 Carretera Comas-Satipo que por sectores la plataforma ha sido erosionada por el río Yungorplaya.



Fotografía 7.27 Derrumbes entre los kilómetros 167+000 - 173+906 Comas-Satipo, también se generan flujos de detritos que impiden el tránsito en época de lluvias intensas.



Fotografía 7.28 Deslizamiento en el sector Villa Junín, en la margen izquierda del río Tambo. Fotografía tomada por S. Nuñez, 2015.

7.2.9 Provincia Huancayo

La provincia Huancayo es la capital del departamento de Junín. Limita con el departamento de Huancavelica, tiene una extensión de 3558.1 km² y una población estimada de 545 615 habitantes (Instituto Nacional de Estadística e Informática - Censo de Población y Vivienda 2017). La provincia de Huancayo se ubica

en el extremo sur de Junín y se encuentra a 3249 msnm. Esta provincia cuenta con 28 distritos.

En esta provincia se identificó seis zonas críticas (Cuadro 7.9), principalmente por derrumbes, erosión de laderas y erosión fluvial, los cuales se detallan a continuación por distrito y se aprecian los casos en las Fotografías 7.29 - 7.31.

Cuadro 7.9
Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Huancayo

Sector (Distrito)	Áreas sujetas alcomentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
53 Sector Acopalca, km 4+800 – km 7+100 carretera Huancayo-Carhuacocha (Huancayo)	Área sujeta a derrumbes y erosión fluvial. Derrumbes a lo largo de 1 km de la carretera Huancayo-Carhuacocha y ambas márgenes del río Shuilcas (Fotografía 7.29). En épocas de lluvias o sismo puede obstruir el tránsito. Talud con presencia de bloques de hasta 2 m de diámetro. En algunos sectores el material de los derrumbes está siendo utilizado como cantera. Aguas abajo puede afectar viviendas de la ciudad de Huancayo.	Afectó 3 km de la carretera Huancayo-Carhuacocha por sectores y se destruyó las tuberías de captación de agua de la empresa SEDAN.	Construir muros con gaviones en el talud superior de la carretera y colocar badenes.
54 Sector Pariahuanca (Pariahuanca)	Área sujeta a flujo de déritos, deslizamientos, derrumbes, erosión de laderas e inundación fluvial. Las laderas que circundan este poblado se ven afectadas por excesiva erosión las cuales acarrear flujos y generan derrumbes. Un antiguo huaco que embalsó a la quebrada Pomachaca y donde ahora se ubican tres poblados, se está reactivando en forma de cárcavas por donde discurren flujos de déritos. El río Pariahuanca está socavando el pie de la ladera originando derrumbes que podrían ocasionar el desplome del cuerpo del antiguo flujo donde ahora están las viviendas. Área sujeta a inundaciones destruyó áreas de cultivo y obstruyó la carretera Pariahuanca – Huancayo.	Afectó 10 km de carretera y aproximadamente 10 viviendas se vieron destruidas de producirse un deslizamiento.	Colocar alcantarillas para evitar que dañe la carretera. Reforestar laderas.
55 Sector Wari –Azapampa (Chilca)	Área asociada a deslizamiento, inundación y erosión fluvial. El cauce del río Ali por encontrarse seco ha sido ocupado por viviendas (Fotografía 7.30), las cuales en la actualidad arrojan gran cantidad de basura. Presenta erosión fluvial en ambas márgenes llegando a afectar a la vía de acceso hacia diversos sectores. En el 2014, se generó un deslizamiento en el sector Huancán en la margen izquierda del río Mantaro.	Puede afectar más de 10 viviendas. El deslizamiento de Huancán afectó terrenos de cultivos y tramo de carretera.	Ensanchar el cauce. Limpieza del cauce. Colocar defensa ribereña.
56 Km 4+180 carretera Pucará-Sucilla (Pucará)	Área sujeta a erosión de laderas, derrumbes y deslizamientos. Suelo arcilloso que por las precipitaciones anuales se ha ido socavando, formando cárcavas que acarrear flujos afectando a la carretera afirmada en cuatro desarrollos obstaculizando el tránsito. En algunos sectores han colocado alcantarillas de menos de 1 m de diámetro que son insuficientes para la gran cantidad de material que baja. También, se observan derrumbes y deslizamientos en esta ladera en la margen derecha de la quebrada Pucará.	Afecta 3 desarrollos de la carretera Pucará-Sucilla y terrenos de cultivos. Puede dañar viviendas ubicadas en parte superior.	Reforestar con árboles de eucalipto para estabilizar un poco la ladera e implementar el riego tecnificado para los cultivos.

Cuadro 7.9
Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Huancayo (continuación)

Sector (Distrito)	Áreas sujetas alcomentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
57 Sector Huasicancha- Quishuar (Huasicancha)	Área sujeta a erosión de laderas, deslizamientos, flujo de detritos y derrumbes. Excesiva erosión de laderas que acarrear flujos y han originado derrumbes que están afectando a las viviendas en la ladera del cerro Jotahuasi, en la margen izquierda del río Canipaco.	Afectó más de 10 viviendas, tramo de carretera Chicche-Huacán y tramo Chicche-Huasicancha.	Reforestar con árboles de eucalipto para estabilizar la ladera, colocar trinchos de madera, mejorar el talud.
58 Huancayo (Huancayo)	Área sujeta a erosión de laderas y flujos de detritos. Huaicos discurren por las quebradas como Torre Torre en laderas del cerro San Cristóbal (Figura 7.1), en el sector Chilca, en torrenteras que descienden de las laderas del cerro Lilsipata, y en el sector El Tambo. La zona también es afectada por erosión de laderas, que con lluvias intensas también pueden generar huaicos.	Puede afectar viviendas de la ciudad de Huancayo, en los sectores Torre Torre, Chilca y El Tambo.	Limpieza de cauce. Canalizar cauce o defensa ribereña. Reforestar laderas.



Fotografía 7.29 Derrumbes en el talud superior de la carretera a Huancayo, tramo km 4+800 al km 7+100 de la carretera, ambas márgenes del río Shullcas.



Fotografía 7.30 Ocupación inadecuada de viviendas sobre el cauce antiguo del río Ali.

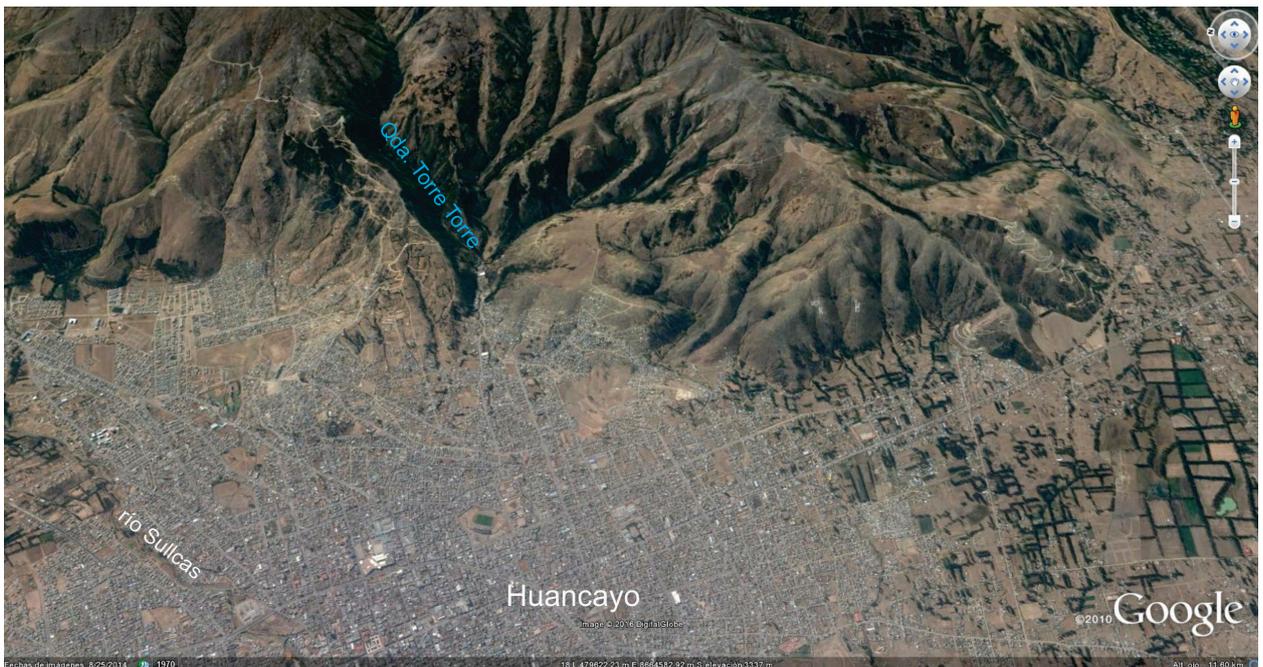


Figura 7.1 Erosión de laderas en el cerro San Cristóbal, aportan material al cauce de la quebrada Torre Torre que con lluvias intensas generan huaicos. Imagen Google Earth.

CAPÍTULO VIII

ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE PROBLEMAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS

8.1 GENERALIDADES

El Perú es un país con unidades sociales altamente expuestas y vulnerables ante fenómenos naturales con potencial destructivo. En este contexto, para mejorar la seguridad de las personas en lo que respecta a los desastres, se debe desarrollar medidas de mitigación apropiadas basadas en el reconocimiento de los cambios tanto en la vulnerabilidad y en la resistencia. Hay tres formas diferentes de mitigación de desastres: 1) reducir la vulnerabilidad, 2) aumentar la resistencia o 3) reducir el impacto (Ministerio de Economía y Finanzas, 2006).

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, tales como 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 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), Ingeniería Geológica (Gonzales *et al.*, 2002), el Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja No. 3 (Dirección de Geología Ambiental, 2003 y el Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja No. 4 (Fidel *et al.*, 2006). Estas medidas se orientan con la finalidad de minimizar los problemas de deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas,

procesos de erosiones de laderas y huaicos, como también evitar la generación de nuevas ocurrencias en la región.

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.

8.2 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 de la pendiente que se esté estudiando. Por ejemplo, instalar tuberías de drenaje en una pendiente que tiene muy poca agua subterránea no tiene sentido. Los esfuerzos por estabilizar una pendiente 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 pendientes 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.

8.2.1 Mitigación de peligros por caídas de rocas y derrumbes

La caída de rocas y derrumbes son comunes en esta región 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 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 8.1.

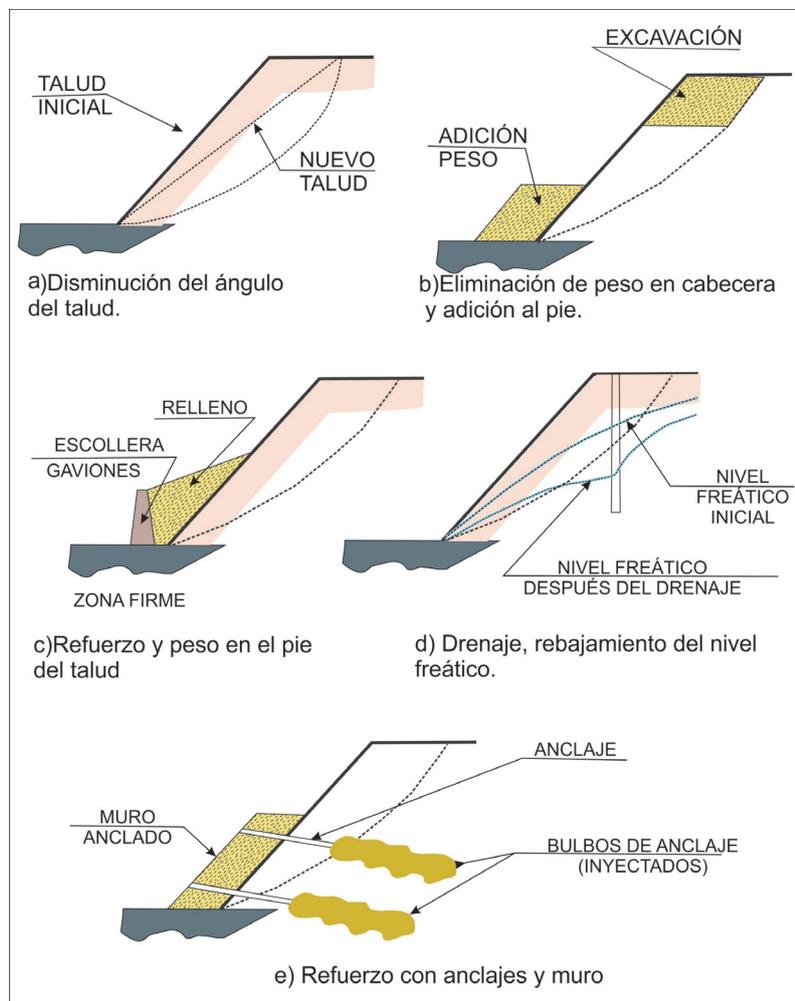


Figura 8.1 Métodos más frecuentes para aumentar el coeficiente de seguridad en taludes de suelos (Gonzales, 2002).

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 corte del talud, escalonamiento de taludes en bancos (Figura 8.2), etc. Mediante este tipo de corrección se distribuyen las fuerzas debidas al peso de materiales, obteniéndose una nueva configuración más estable.

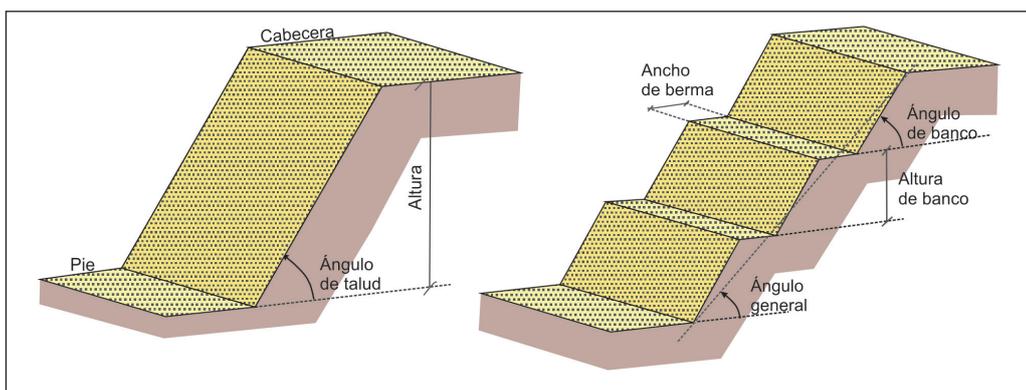


Figura 8.2 Talud con ángulo uniforme y talud con excavado de forma escalonada con bermas y bancos (Gonzales & et al, 2002).

- 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 evacuarlas 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 8.3. En ambos casos es necesario la participación de un hidrogeólogo para el diseño de los drenes.

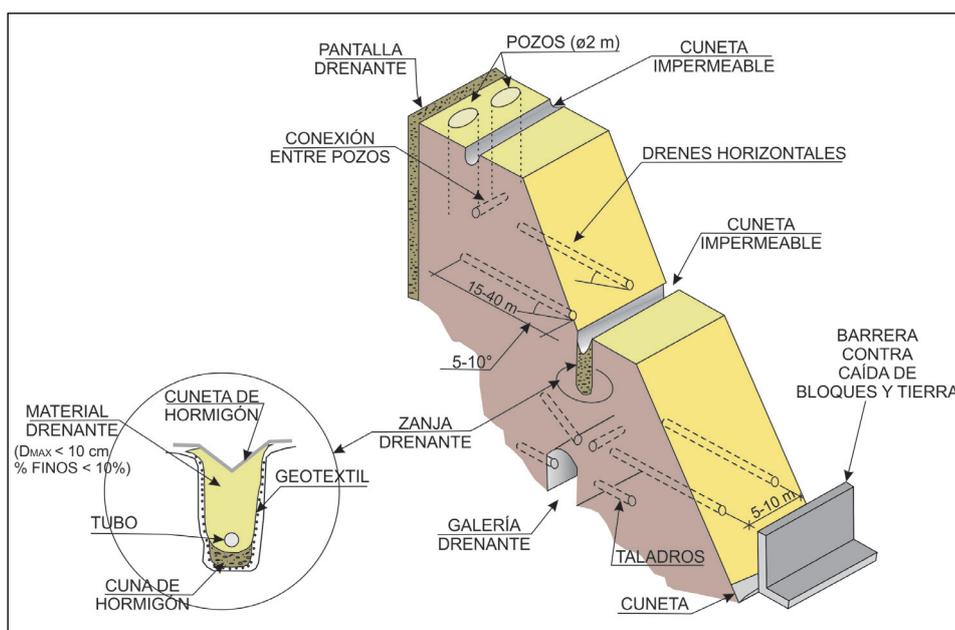


Figura 8.3 Talud con ángulo uniforme y talud con excavado de forma escalonada con bermas y bancos (Gonzales & et al, 2002).

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 8.4). **Muros** se construyen al pie del talud como elementos resistentes de sostenimiento, contención o revestimiento (Figura

8.5). Estos muros pueden ser de: 1) gravedad, se construyen de hormigón en masa, concreto ciclópeo, mampostería, piedra seca o piedra argamasada para taludes pequeños (Figura 8.6); 2) aligerados, ejecutados con hormigón armado en forma de L. Aquí la pantalla vertical actúa como viga en voladizo y contrarrestan el momento volcador del empuje del terreno principalmente con el momento estabilizador de las tierras situadas sobre el talón; y 3) muros de contrafuertes (Figura 8.7).

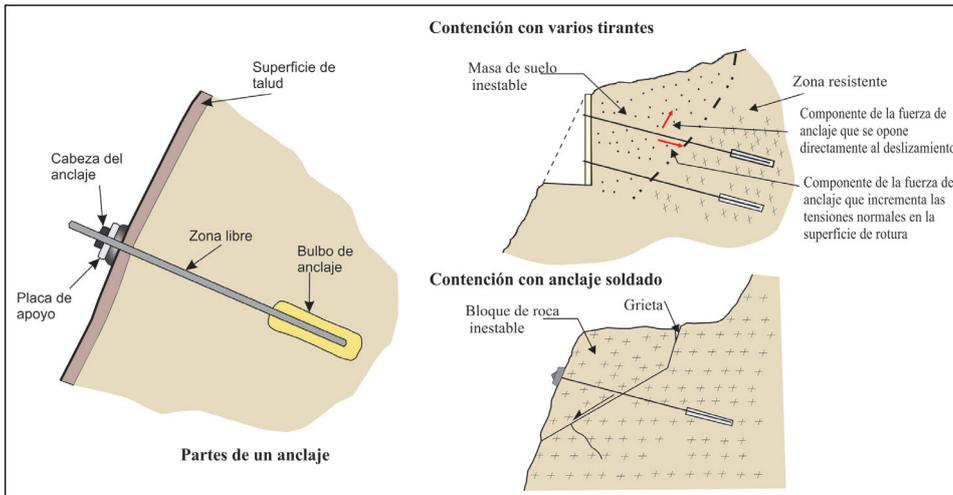


Figura 8.4 Esquema de las partes de un anclaje y ejemplos de aplicación.

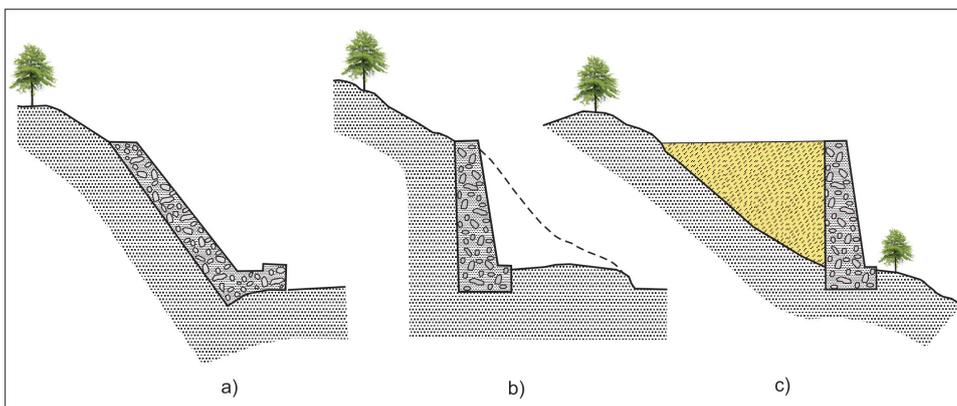


Figura 8.5 Tipo de muros: a) revestimiento, b) contención, c) sostenimiento (Jiménez & et al, 1976).

Muro de gaviones con forma de prisma rectangular que consisten en un relleno granular constituido por fragmentos de roca no degradable como caliza, andesita, granitos, etc., retenido por una malla de alambre metálico galvanizado, la altura puede ser de 5 a 10 m (Figura 8.8). Muros 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 8.9).

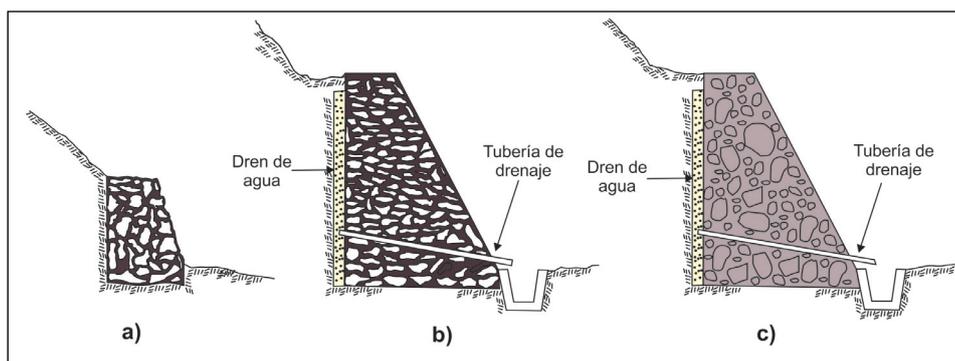


Figura 8.6 Muros de gravedad.

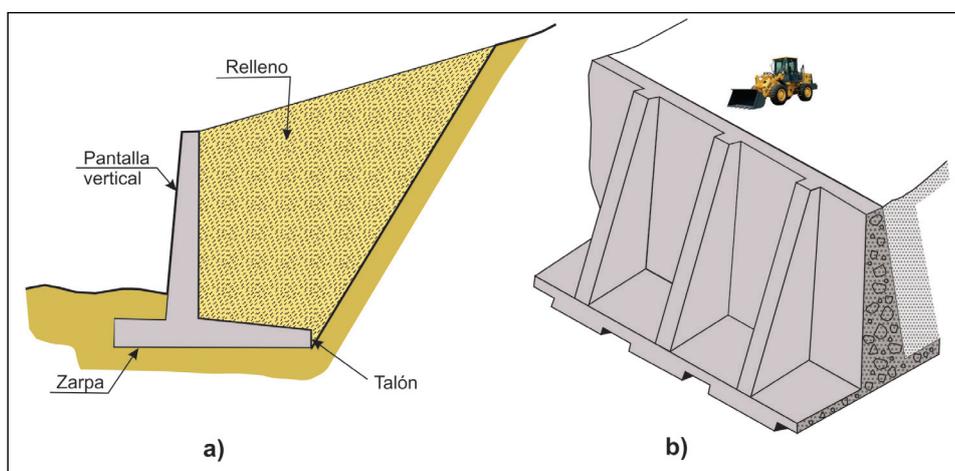


Figura 8.7 Muros aligerados: a) muro en L, b) muro con contrafuertes en el intradós (Jiménez, 1976).

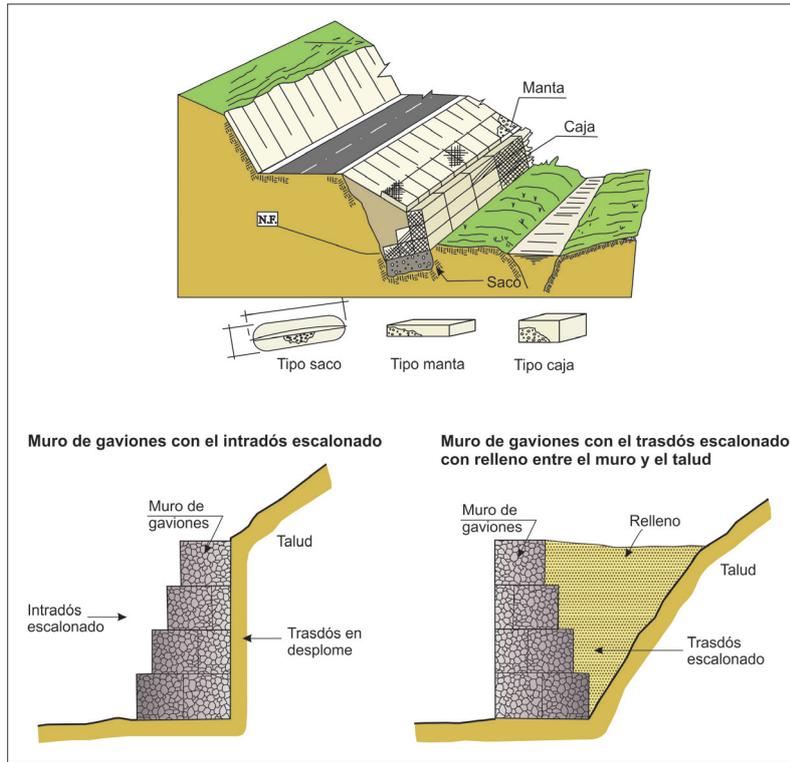


Figura 8.8 Muro de gaviones y ejemplos de aplicación.

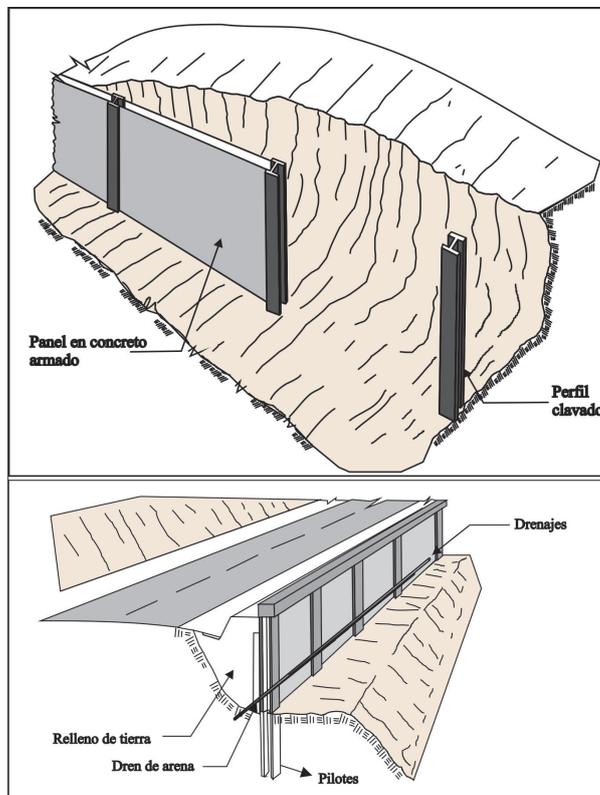


Figura 8.9 Ejemplo de muros de pantalla y muros con pilotes.

Otros tipos de muros son los muros de tierra armada. Están formados por un parámetro 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 8.10).

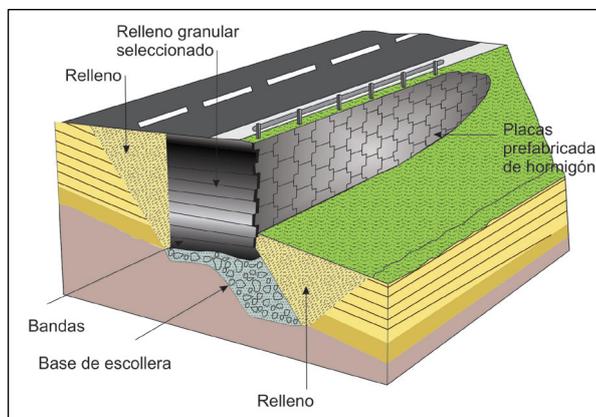


Figura 8.10 Muro de tierra armada (modificado de Sharp et al., 1977).

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 8.1). 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.



Fotografía 8.1 Túnel falso en la carretera Rafael Caldera Mérida (izquierda), Venezuela; carretera central Lima-La Oroya, Perú (derecha).

- 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 8.2), en muchos taludes de las carreteras principales de la región Junín 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 8.3); 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.



Fotografía 8.2 Mallas de protección con anclajes para caída de rocas o derrumbes tanto en detritos como roca alterada.



Fotografía 8.3 Ejemplo de laderas forestadas para controlar la erosión superficial.

8.2.2 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 debe 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 (8.2.1) 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 reparan las fuerzas de forma uniforme); en este último caso, son más efectivos los elementos resistentes como pilotes, muros o pantallas.

En la Figura 8.11 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.

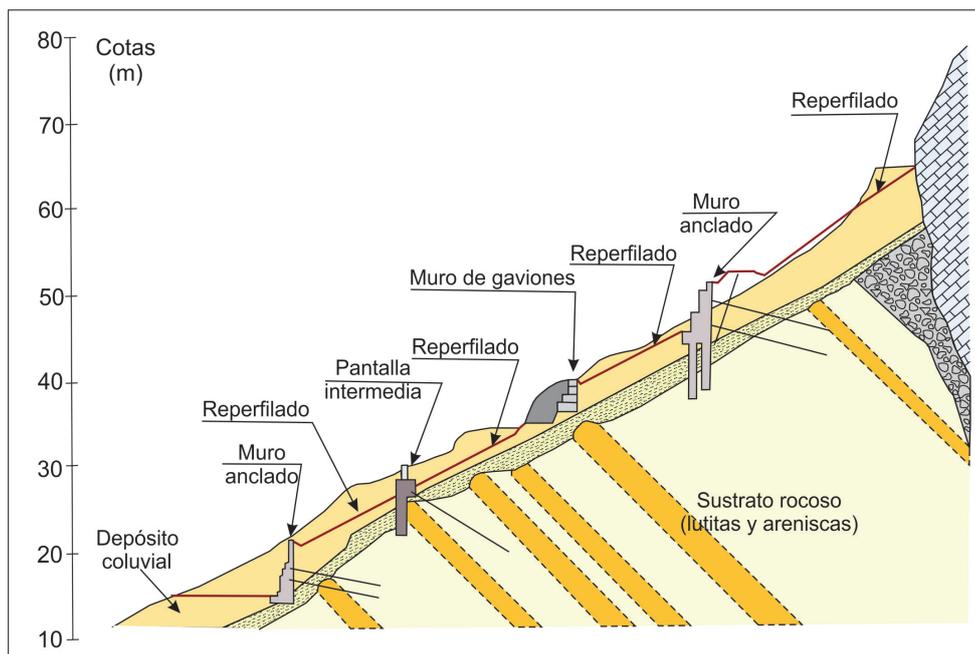


Figura 8.11 Esquema de las medidas de contención de un deslizamiento en suelo coluvial arcillo-limoso con sustrato formado por lutitas y areniscas.

Otra medida es la construcción de escolleras en el pie del talud. Puede efectuarse en combinación con el descabezamiento del talud o como medida independiente (Figura 8.12). 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 deslizantes 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.

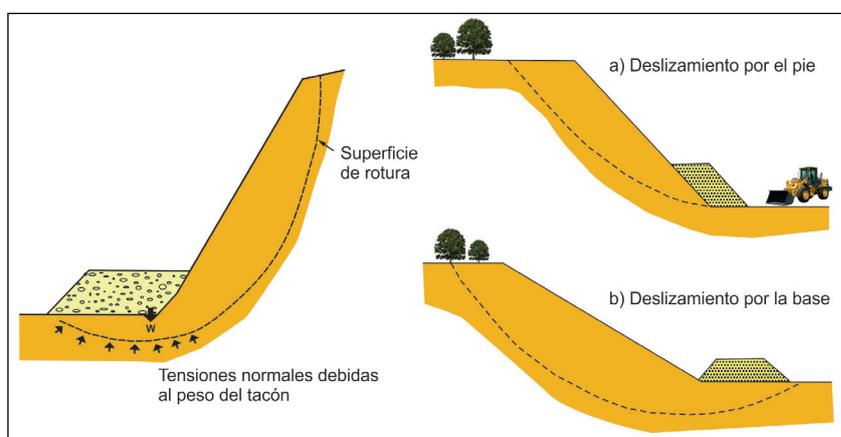


Figura 8.12 Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno, en el pie de un talud (izquierda), colocación de escollera según el ángulo de rozamiento interno del terreno (derecha).

En ocasiones se emplean muros (8.2.1) para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención en el pie, como se muestra en la Figura 8.13; 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 esté 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.

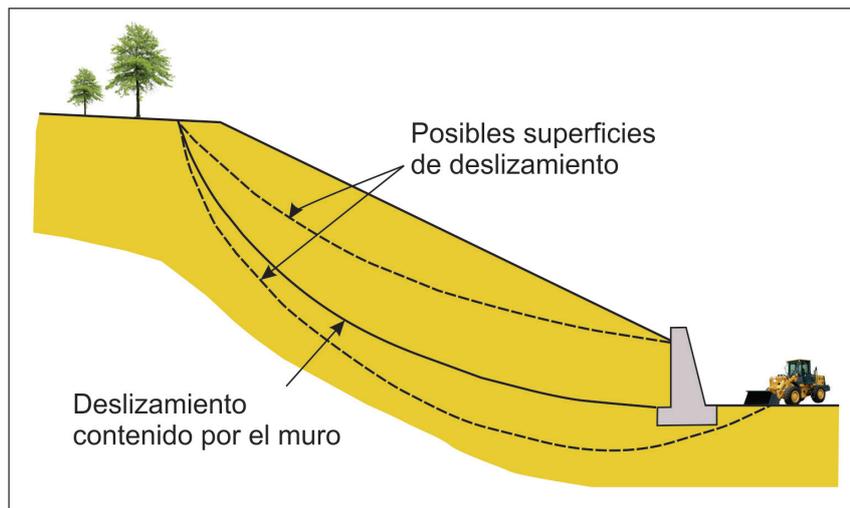


Figura 8.13 Control de un deslizamiento mediante un muro.

8.2.3 Mitigación de peligros por huaicos

En quebradas de régimen temporal donde se producen huaicos 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 8.4), 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. Se debe considerar siempre que estos lechos aluviales secos se pueden activar durante periodos de lluvia excepcional caso del Fenómeno El Niño (Fotografía 8.5).
- 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 acarrean 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; entre otros (Figura 8.14).

- Muchas de las quebradas, torrenteras o chorreras que generan huaicos 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 8.6), 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, evitando obstrucciones y represamientos violentos.

Además, estas obras deben ser acompañadas de obras de encauzamiento y limpieza del cauce de la quebrada aguas arriba (Fotografía 8.7), y obras de defensa contra la erosión (enrocados, gaviones o muros de concreto) ya mencionados.



Fotografía 8.4 Encauzamiento de una quebrada.



Fotografía 8.5 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.

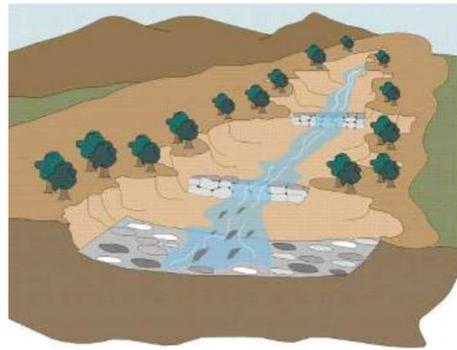


Figura 8.14 Presas de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huaicos, tipo SABO (a); tipo rejilla (b); barras flexibles (c).



Fotografía 8.6 Obras de drenaje para redes viales, A) badenes, B) alcantarillas y pontones y C) puentes, puentes-badén.



Fotografía 8.7 Limpieza de cauce del río.

8.2.4 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 ellas para asegurar su estabilidad.
- Construcción de diques o trinchos transversales constituidos con materiales propios de la región como: troncos, ramas, etc. (Figuras 8.15 - 8.17 y Fotografía 8.8).
- Empleo de zanjas de infiltración articuladas (canales de desvío) de acuerdo con las condiciones climáticas de la región (Figura 8.18).
- 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.

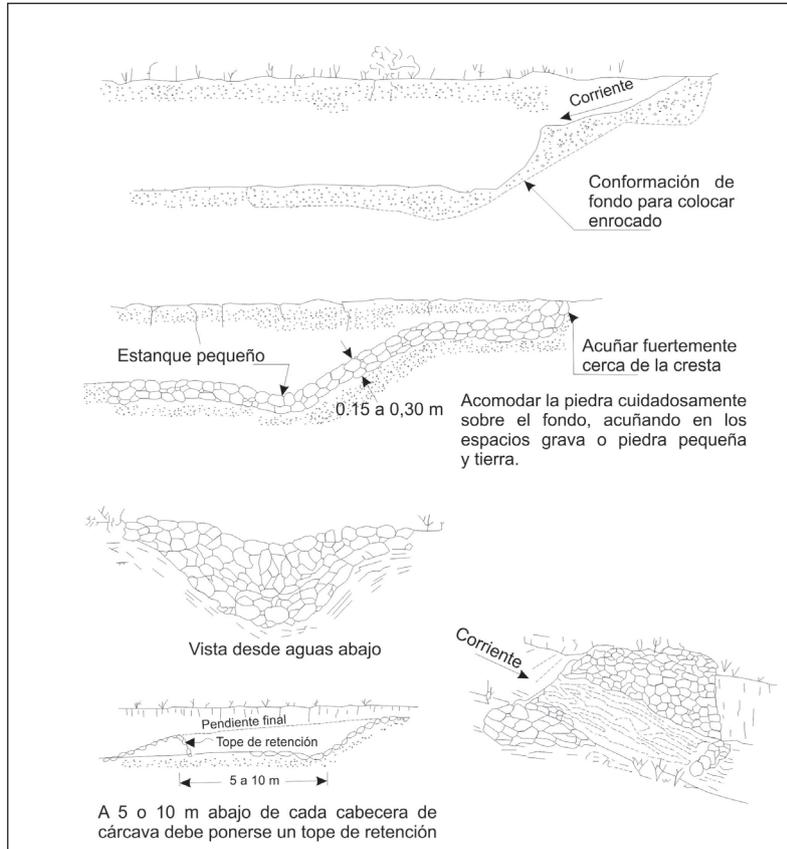


Figura 8.15 Trincho de piedra para cabecera de cárcava (adaptado de Valderrama et al., 1964).

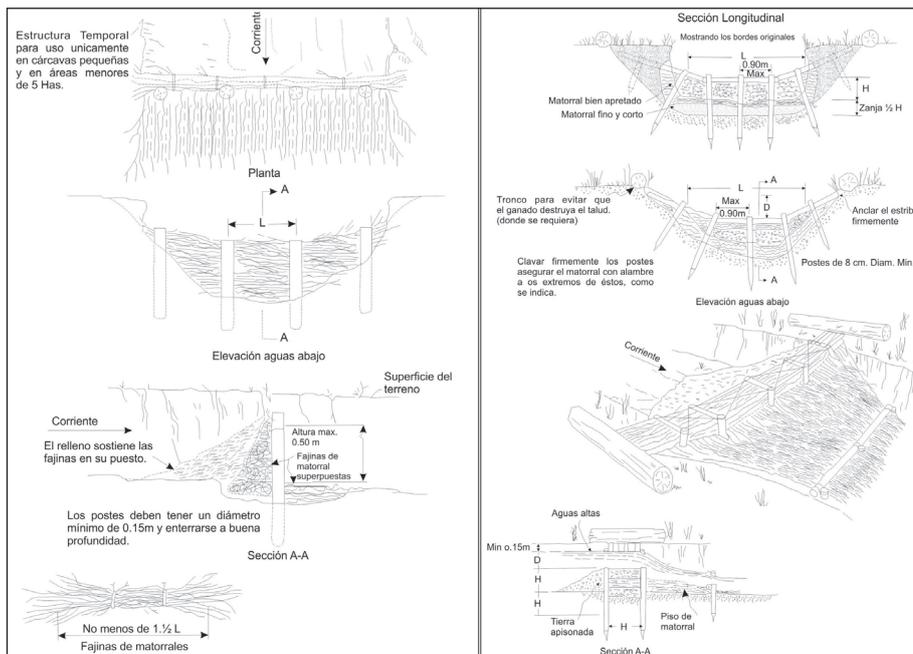


Figura 8.16 Trincho de matorral tipo una hilera de postes y trincho de matorral tipo doble hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964).

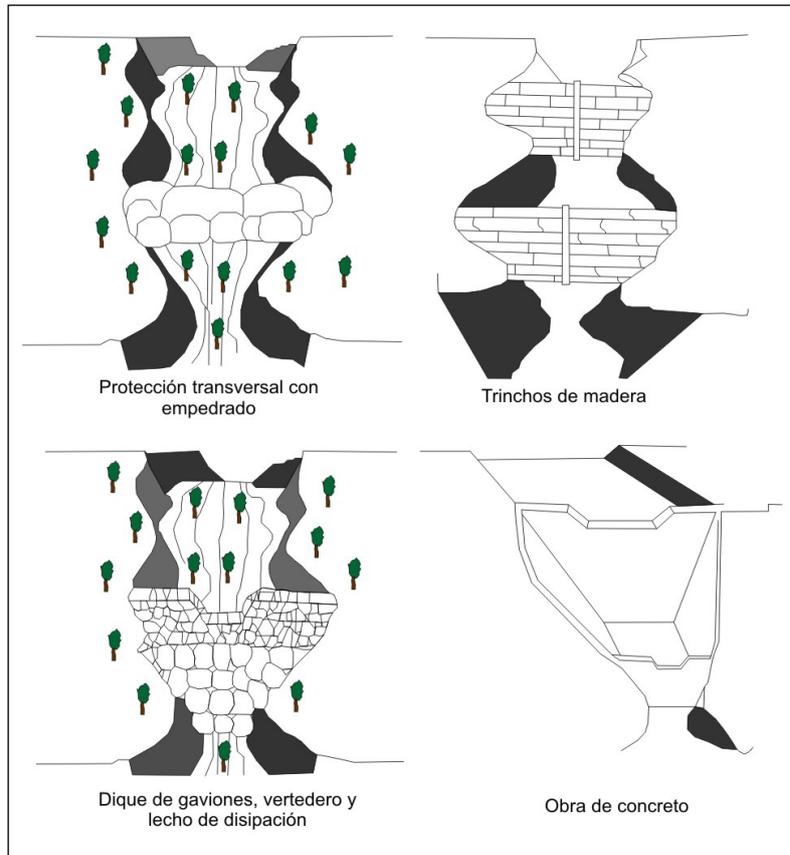


Figura 8.17 Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas, fijación de sedimentos y protección de desagüeros naturales (Tomado de Instituto Nacional de Vías-Colombia,1998).



Fotografía 8.8 Ejemplo de evacuación de aguas superficiales y control de erosión en cárcavas, mediante trinchos escalonados.

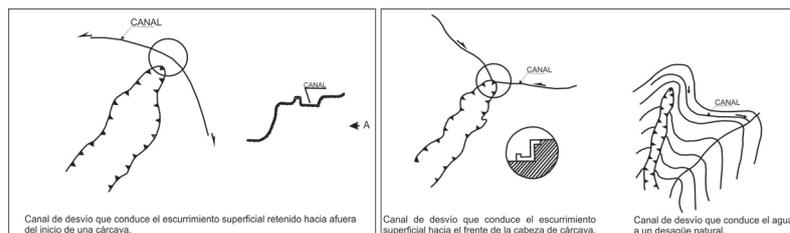


Figura 8.18 Canales de desvío.

8.2.5 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, ríos y quebradas afluentes, en zonas donde se produzcan socavamientos laterales de las terrazas aledañas. Para ello se debe construir espigones laterales, enrocado o gaviones (Figura 8.19 y Fotografía 8.9) para aumentar la capacidad de tránsito en el cauce de la carga sólida y líquida durante las crecidas y limpiar el cauce.

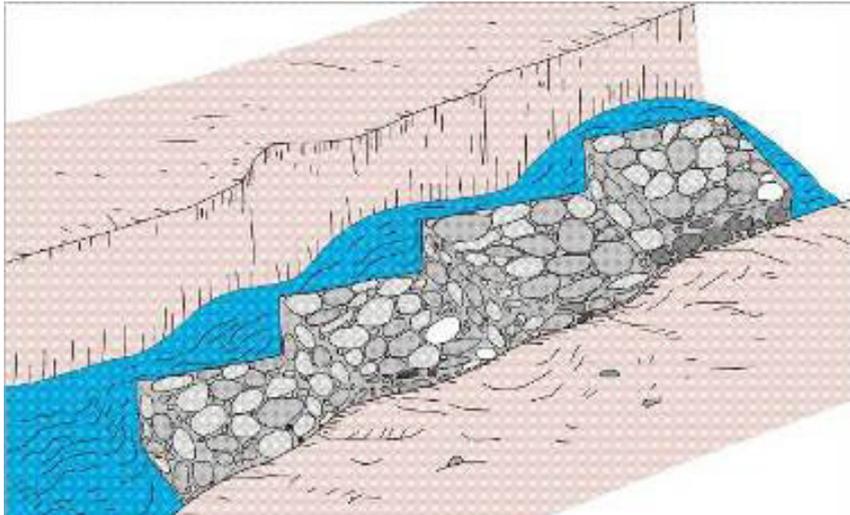


Figura 8.19 Gaviones para encauzar el lecho del río (Fuente: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 2003).



Fotografía 8.9 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.

- Protección de las terrazas fluviales de los procesos de erosión fluvial por medio diques de defensa o espigones

(Figura 8.20), que ayudan a disminuir el proceso de arranque y desestabilización.

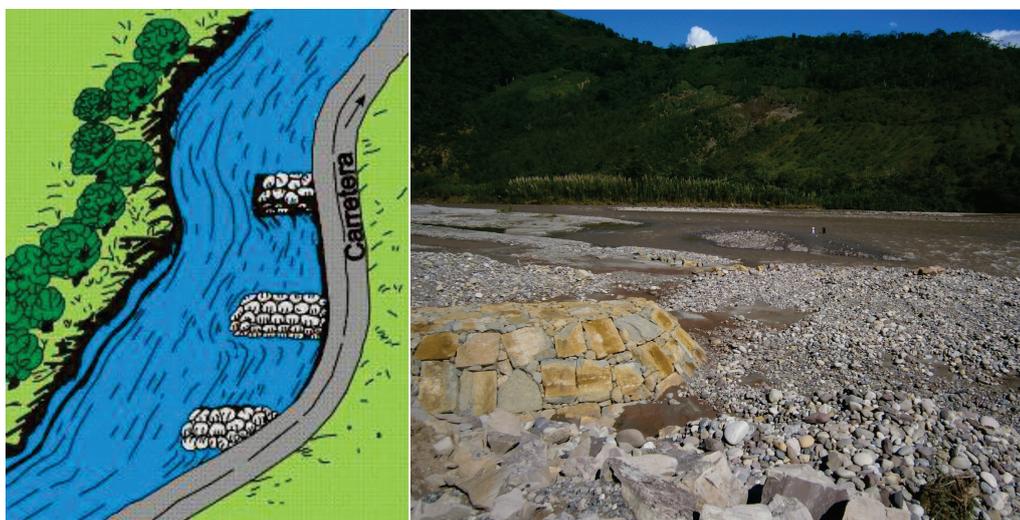


Figura 8.20 Espigones para proteger las terrazas fluviales.

- 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

8.2.6 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, 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.

8.3 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 los mismos. 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 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 8.21 y 8.22). 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 precipitaciones umbrales.



Figura 8.21 Sensores utilizados para el monitoreo de flujos de detritos (Fotografía tomada de Soil and Water Conservation Bureau SWCB-Taiwan por Vilchez, 2010).



Figura 8.22 Estación de monitoreo de flujo de detritos (Fotografía tomada de Soil and Water Conservation Bureau SWCB-Taiwan por Vilchez, 2010).

CONCLUSIONES

1. Las unidades geomorfológicas en la región Junín se agrupan en dos grandes unidades de relieve: a) 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 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 segundas geoformas, unidades deposicionales, se dividen en función a su origen en: piedemontes, abanicos, morrenas, valles fluviales y glaciares, terrazas aluviales, llanura o planicie inundable, altiplanicies aluviales, laguna y cuerpos de agua, bofedales e isla fluvial.
2. A lo largo de su historia, la región Junín ha sido afectada muchas veces por fuertes precipitaciones pluviales y por sismos, los que causan serias destrucciones materiales y en muchas ocasiones han cobrado vidas humanas. Toda esta información sobre eventos desastrosos ocurridos en la región se utilizó para la identificación e inventario de peligros geológicos. Producto de los trabajos geológicos de campo y gabinete en la región, se han identificado un total de 1762 eventos, según su origen: por movimientos en masa (72.9%); peligros geohidrológicos (12.0%) y otros peligros geológicos (15.1%). En función a la tipología similar de fenómenos, se localiza una mayor frecuencia de: caídas y derrumbes (38.0%), deslizamientos (11.9%), flujos de detritos, lodo y avalanchas (18.0%), vuelcos (0.4%), movimientos complejos (1.4%) y reptación (3.2%); inundaciones fluviales y lagunares (4.1%), erosión fluvial (7.9%), y otros peligros geológicos como erosión de laderas, hundimiento (15.1%).
3. El estudio de la sismicidad en la región Junín indica que se han producido sismos con intensidades de hasta XI 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 central-oriental de la región. Algunos movimientos en masa fueron activados por el sismo de 1938 en Tarma, valle del Mantaro y Chanchamayo; asimismo, el sismo de 1962 en el anexo de Yungul, el terremoto de Satipo del 1 de noviembre de 1947 y el sismo de 1969 con origen en la Falla Huaytapallana del distrito Pariahuanca. De acuerdo con el estudio sísmico probabilístico las áreas más propensas a soportar aceleraciones importantes se encuentran en el sector este de la región (Huancayo, San Ramón y Satipo). También, se determinó aceleraciones que varían entre 0.25 g y 0.35 g, correspondiente a una categoría de intermedia a alta sismicidad. Estudios anteriores sobre neotectónica y sismotectónica del Perú han permitido identificar la presencia de fallas activas en la región (Cayesh, Atalaya, Huaytapallana y pliegues de Huancayo), muchas de las cuales producen sismos continuamente.
4. En el análisis de la susceptibilidad a movimientos en masa, se consideró cinco categorías, las cuales se mencionan según su distribución espacial:
 - Las zonas de muy alta (29.88 %) y (36.54%) alta susceptibilidad tienen una distribución importante en la región, se encuentran en el sector occidental de la región: vertientes de laderas de los ríos Mantaro (Cullhuas, Llocllapampa, Yanacancha, Curiaca), Huasahuasi (Huasahuasi), Ulcumayo (Ulcumayo, Canap, Quilcacta) y Chia (Ingenio), laderas de los cerros Quiuyasa (San José de Quero), Chuyapata (Tapo); y los cerros Turpur, Hatunchota, Marca Marca, Jachaloma, Ventanilla, Patacancha en la margen derecha del río Mantaro; los cerros Geshgash, Pullhuaynioj, Arcapaco, Pusaulto, Mataorjo en la margen izquierda del río Mantaro (carretera La Oroya-Jauja); vertientes inferiores de las laderas de la quebrada Jatun Mullqui, río Molinos y río Masma (entre Molinos y Masma), río Yauli (carretera central Huacha-La Oroya), sector Siutucancha, Huayhuay, ladera de los cerros Yuracancha, Yanac Puquio, Cumbre, Antahuario (alrededores de La Oroya), Ancan Punta (al oeste de la laguna Junín), entre otros. En el sector central de la región: laderas en los valles de los ríos Andamarca, Acobamba, San Fernando hacia el sur central de la región que limita con la región Huancavelica, margen izquierda del río Mantaro (La Boca); vertientes de las laderas de los cerros Hulacara El Palomar, Guapen, Pachochari, flanco occidental de la Cordillera San Carlos, sector Pampa Hermosa, Cerro La Cumbre al sureste de La Merced (Chanchamayo) y cerros Puy Puy, entre otros. En el sector oriental de la región:

laderas de los cerros Ashibantipangoni, Capirobanti, Santa Maía, Iroquija, Mencorivanti, Mamarohuato, ladera oeste del cerro Caperusilla, laderas estructurales a lo largo de las quebradas Enejani, Pichiquia, Chiquireni, Quileni y Calshingari, entre otros.

- Las zonas de moderada susceptibilidad (20.05%), con una regular distribución, se encuentran principalmente en laderas de colina sedimentarias, volcánicas como la de los cerros Aymara, Punapuna, Chaupi Ranra, Amaro Punta, Loma Condorhuayin, cerro Cotacancha Chico, en el sector occidental de la región; vertientes de laderas de los ríos Anapati y Ene, en el sector oriental de la región. Son terrenos que están ubicados en las cabeceras de región.
 - Las zonas de baja susceptibilidad (8.83%) se localizan en la zona de bofedales alrededores de la laguna Junín y pampas Cascamachay disectadas por los ríos Mantaro (en la superficie localizada sobre los poblados de Huacrapuquio-Huaripampa), Ene (Natalia Sanchez-Santo Domingo de Anapati), Río Negro, Satipo (Satipo), San Ramón (San Martín de Pangoa), Mazamari (Mazamari), Tambo (Poyeni-Shima), terrenos planos localizados en terrazas de ríos y quebradas de la región.
 - Las zonas de muy baja susceptibilidad (4.75%) corresponden a terrenos llanos con pendientes inferiores a 1°. Se relacionan con geoformas como terrazas bajas, planicies disectadas. Se distribuyen en los valles principales al este de la región en las terrazas del río Mantaro, entre otros. Al oeste de la región, los valles de los ríos San Ramón, Mantaro, entre otros, y en las lomadas disectadas por las quebradas Bayuca, Amasisa, Lobo, Pucaruro, Panguana y Shima.
5. En la región Junín, 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 Satipo, Chanchamayo, Perené, Ene, Tambo y sus tributarios principales, y son las zonas de alta y muy alta susceptibilidad a las inundaciones y erosiones fluviales, así como algunos sectores del río Mantaro.
 6. 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 Junín 58 "Zonas Críticas" por peligros geológicos. En estas se expone la 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 las provincias de Concepción (12) y Chanchamayo (12), seguido por las provincias de Tarma (10), Satipo (8), Huancayo (6), Yauli (4), Jauja (2), Junín (2) y Chupaca (2).

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, las precipitaciones probables y los procesos que originarían.
3. En las zonas que indicaron valores de susceptibilidad alta y muy alta es necesario trabajar con 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.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 Junín*. Lima: ANA, 51 p. Disponible también en: <<http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/561>>
- Autoridad Nacional del Agua (2016) – *Priorización de cuencas para la gestión de los recursos hídricos*. Lima: ANA, 135 p. Disponible también en: <<http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/205>>
- 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) - *Riesgos Naturales*. Barcelona; Ariel 1512p.
- Barreda, J. & Cuba, A. (1998) - Geología de los cuadrángulos de Quiteni y Canaire. INGEMMET, Boletín, Serie A: *Carta Geológica Nacional*, 118, 229 p.
- Cabrera, J. (1982) - *Estratigrafía y neotectónica del suroeste de la cuenca de Huancayo*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional San Agustín, Arequipa.
- Cahill, T.A. & Isacks, B.L. (1991) - Seismicity and shape of the subducted Nazca plate. *Journal of Geophysical Research*, 97(B12): 17503-17529.
- 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.
- Deza, E. (1971) - The Pariahuanca earthquakes, Huancayo, Perú: July-October 1969, in recent crustal movements. *Royal Society of New Zealand Bulletin*, 9: 77-83
- 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.
- 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. Dirección de Geotecnia (1980) - Estudio geodinámico de la cuenca del río Mantaro (Dptos. Junín-Huancavelica). *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 5, 84 p.
- 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 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=>>>
- Instituto 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 (2017a) – *Compendio estadístico Perú 2017. Capítulo 20: Transporte, almacenamiento, correo y mensajería* (en línea). Lima: INEI. (consulta: 5 octubre 2017). Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1483/cap20/ind20.htm>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017b) – *Junín: Compendio Estadístico 2017* (en línea). Huancayo: INEI, Oficina Departamental de Estadística e Informática Junín, 639 p. (consulta: noviembre 2017). Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1497/libro.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018a) - *Resultados definitivos de los Censos Nacionales 2017: Junín* (en línea). Lima: INEI, 17 tomos. (consulta: noviembre 2018). Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1576/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018b) - *Evolución de la pobreza monetaria 2007-2017, Informe técnico* (en línea). Lima: INEI, 181 p. (consulta: 26 octubre 2018). Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1533/>
- Instituto Nacional de Vías (1998) – *Manual de estabilidad de taludes – Geotecnia Vial*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 340 p.
- Instituto Peruano de Economía (2016) – *Fichas regionales 2016 – Junín* (en línea). Lima: Instituto Peruano de Economía. (consulta: febrero 2017). Disponible en: <<http://www.ipe.org.pe/portal/fichas-regionales-2016-junin/>>
- Jaén, H. (1967) – *Inundaciones y desbordamientos que comprometen la seguridad de la ciudad de Oroya (Provincia de Yauli, Departamento de Junín)*, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 21 p. (Disponible A.T. Ingemmet A1325).

- 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. (1996) - Geología del cuadrángulo de Andamarca. INGEMMET, Boletín, Serie A: *Carta Geológica Nacional*, 71, 87 p.
- LAGESA-C.F.G.S. (1997a) - Geología de los cuadrángulos de Satipo y Puerto Prado. INGEMMET, Boletín, Serie A: *Carta Geológica Nacional*, 86, 250 p.
- LAGESA-C.F.G.S. (1997b) - Geología de los cuadrángulos de Obenteni y Atalaya. INGEMMET, Boletín, Serie A: *Carta Geológica Nacional*, 95, 163 p.
- León, W. & De La Cruz, O. (1998) - Geología de los cuadrángulos de Poyeni y Cutivireni. INGEMMET, Boletín, Serie A: *Carta Geológica Nacional*, 111, 165 p.
- León, W.; Palacios, O.; Vargas, L. & Sánchez, A. (2000) – Memoria explicativa del mapa geológico del Perú, Escala 1:1 000 000. INGEMMET, Boletín, Serie A: *Carta Geológica Nacional*, 136, 73 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. (2014) - *Zonas críticas por peligros geológicos en la región Junín: primer reporte*, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 49 p. También disponible en: <http://www.ingemmet.gob.pe/documents/73138/117725/ZONAS_CRITICAS_JUNIN_2014_2.pdf>
- 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. Disponible en: <<http://pubs.er.usgs.gov/usgspubs/ofr/ofr7667>>
- Mégard, F. (1968) - Geología del cuadrángulo de Huancayo. *Servicio de Geología y Minería, Boletín* 18, 123 p.
- Mégard, F.; Caldas, J.; Paredes, J. & De la Cruz, N. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Tarma, La Oroya y Yauyos. INGEMMET, Boletín, Serie A: *Carta Geológica Nacional*, 69, 293 p.
- Monge, R.; León, W. & Chacón, N. (1996) – Geología de los cuadrángulos de Chuchurras, Ulcumayo, Oxapampa y La Merced. INGEMMET, Boletín, Serie A: *Carta Geológica Nacional*, 78, 183 p.
- Monge, R.; Valencia, M. & Sánchez, J. (1998) - Geología de los cuadrángulos de Llochegua, Río Picha y San Francisco. INGEMMET, Boletín, Serie A: *Carta Geológica Nacional* 120, 253 p.
- Naciones Unidas. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (2004) - *Vivir con el riesgo. Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres* (en línea). Ginebra: Naciones Unidas, 2 v. (consulta: 25 mayo 2017). Disponible en: <<http://www.eird.org/vivir-con-el-riesgo/index2.htm>>
- 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.

- Paredes, J. (1994) - Geología del cuadrángulo de Jauja. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 48, 104 p.
- Pérez, G. (1974) – *Estudios geodinámicos en el distrito de Ulcumayo, provincia y departamento de Junín, informe inédito*. Lima: Servicio de Geología y Minería, 20 p. (Disponible A.T. Ingemmet A1323)
- 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: 6 octubre 2017) 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: 6 octubre 2017) Disponible en: <https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/estudios_documentos/documentos/Evaluacindelarentabilidadsocial_MEF_4.pdf>
- Perú. Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Electricidad (2017) - *Anuario estadístico de electricidad 2016* (en línea). Lima: MINEM. (consulta: 5 octubre 2017). Disponible en: <http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=6&idEstadistica=11738>
- 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* (en línea). Lima: MINAM, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural, 105 p. (consulta: 22 mayo 2017). Disponible en: <<http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compressed.pdf>>
- 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.
- 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.
- Salazar, H. (1983) - Geología de los cuadrángulos de Matucana y Huarochirí. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 36, 68 p.
- Salazar, H. & Landa, C. (1993) - Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conaica, Chíncha, Tantará y Castrovirreyna. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 44, 97 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, v. 14, p. 254-269.
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (2017) - *Áreas naturales protegidas de administración nacional con categoría definitiva* (en línea). Lima: SERNANP. (consulta: abril 2017).

- 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: 25 junio 2017). Disponible en: <<http://publications.gc.ca/site/eng/9.865773/publication.html>>
- Silgado, E. (1948) - Datos sísmológicos del Perú 1947. *Instituto Geológico del Perú, Boletín*, 11, 42 p.
- 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.
- 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 isosistas para sismos peruanos* (en línea). Lima: Instituto Geofísico del Perú, 193 p. (consulta: 25 junio 2017). <Disponible en: <http://repositorio.igp.gob.pe/handle/IGP/791>>
- Valderrama, L.; Montenegro, E. & Galindo, J. (1964) - *Reconocimiento forestal del departamento de Cundinamarca*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 86 p.
- 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, Special Report 176, p. 11-33.
- Varnes, D.J. (1984) - *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. Paris: UNESCO, Commission on Landslides on the IAEG, 63 p. Natural Hazards Series, 3.
- 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>>

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

Cuadros

Cuadro 2.1	Población total, incremento y tasa de crecimiento promedio anual de la población total, según años censales, 1972, 1981, 1993, 2007 y 2017 del departamento Junín.
Cuadro 2.2	Población censada, según 1981, 1993, 2007 y 2017 por provincias.
Cuadro 2.3	Población censada de 15 y más años, según el nivel educativo alcanzado, 2007 y 2017 del departamento de Junín.
Cuadro 2.4	Establecimientos de salud en el departamento de Junín.
Cuadro 2.5	Producción de Energía Eléctrica (GW/hora) por tipo de generación.
Cuadro 2.6	Potencia instalada (MW) y producción (MWh) de las centrales eléctricas del departamento Junín.
Cuadro 2.7	Infraestructura vial existente por departamento.
Cuadro 2.8	Características de los puertos.
Cuadro 2.9	Infraestructura ferroviaria por empresa, tramo y longitud según régimen de propiedad, 2010-2014.
Cuadro 2.10	Estaciones principales.
Cuadro 2.11	Características de los aeropuertos, aeródromos y helipuertos en el departamento de Junín.
Cuadro 2.12	Unidades en operación y proyectos en exploración en la región Junín.
Cuadro 2.13	Áreas Naturales Protegidas en la región Junín.
Cuadro 6.1	Peligros geológicos ocurridos en el departamento de Junín.
Cuadro 6.2	Porcentaje de la distribución de movimientos en masa según su litología.
Cuadro 6.3	Ponderación de variables temáticas.
Cuadro 6.4	Unidades consideradas y susceptibilidad a los movimientos en masa en el departamento de Junín.

Cuadro 6.5	Susceptibilidad a los movimientos en masa en el departamento de Junín.
Cuadro 6.6	Ponderación de las variables.
Cuadro 6.7	Unidades consideradas y susceptibilidad a las inundaciones.
Cuadro 6.8	Grados de susceptibilidad a las inundaciones en el departamento Junín.
Cuadro 6.9	Peligro asignado a los peligros geológicos en el departamento de Junín.
Cuadro 6.10	Vulnerabilidad asignada a los peligros geológicos en el departamento de Junín.
Cuadro 6.11	Datos macrosísmicos de la región Junín y alrededores.
Cuadro 6.12	Clasificación del factor detonante (sismicidad).
Cuadro 6.13	Factores de la zona Z.
Cuadro 7.1	Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Yauli.
Cuadro 7.2	Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Junín.
Cuadro 7.3	Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Tarma.
Cuadro 7.4	Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Chanchamayo.
Cuadro 7.5	Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Jauja.
Cuadro 7.6	Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Concepción.
Cuadro 7.7	Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Chupaca.
Cuadro 7.8	Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Satipo.
Cuadro 7.9	Zonas críticas por peligros geológicos identificadas en la provincia Huancayo.

Figuras

Figura 2.1	Ubicación y características demográficas del departamento Junín.
Figura 2.2	Índice de pobreza a nivel de provincias del departamento de Junín.
Figura 2.3	Características y servicios básicos de las viviendas del departamento de Junín (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018a).
Figura 2.4	Unidades mineras en el departamento.
Figura 2.5	Clasificación climática de la región Junín (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	Principales cuencas y cursos hídricos en el departamento de Junín (Autoridad Nacional del Agua, 2016).
Figura 2.8	Áreas naturales protegidas en la región Junín (Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado, 2015).
Figura 4.1	Sistema de terrazas en ambos márgenes del río Mantaro dentro de la altiplanicie aluvial Jauja-Chongos Bajo. Vista Google Earth.
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 del vuelco en bloques (en Varnes, 1978)
- Figura 6.8** Esquema de erosión fluvial.
- Figura 6.9** Erosión en cárcavas que afectan al talud superior e inferior de carretera.
- Figura 6.10** Mapa de líneas isosistas del sismo del 01 de octubre de 1969, con epicentro en la falla de Huaytapallana-Junín.
- Figura 6.11** Mapa de líneas isosistas del sismo 01 de noviembre de 1947, con epicentro en Satipo-Junín.
- Figura 6.12** Distribución de máximas intensidades sísmicas en la región Junín (Alva & Meneses, 1984).
- Figura 6.13** Distribución espacial de los sismos en los alrededores de la región Junín con una sección Sísmica transversal SO-NE (Instituto Geofísico del Perú, 2015).
- Figura 6.14** Aceleraciones sísmicas máximas para 20 años de la región Junín.
- Figura 6.15** Aceleraciones sísmicas máximas para 50 años de la región Junín.
- Figura 6.16** Aceleraciones sísmicas máximas para 100 años de la región Junín.
- Figura 6.17** Zonificación Sísmica del Perú.
- Figura 6.18** Curva de peligro anual para la ciudad de Huancayo (Pto. 75.21O – 12.07 S).
- Figura 6.19** Curva de peligro anual para la ciudad de San Ramón (Pto. 75.36 O – 11.12 S).
- Figura 6.20** Curva de peligro anual para la ciudad de Satipo (Pto. 74.64 O – 11.25 S).
- Figura 6.21** Mapa neotectónico de la región Junín (Macharé *et al.*, 2009).
- Figura 7.1** Erosión de laderas en el cerro San Cristóbal, aportan material al cauce de la quebrada Torre Torre que con lluvias intensas generan huaicos. Imagen Google Earth.
- Figura 8.1** Métodos más frecuentes para aumentar el coeficiente de seguridad en taludes de suelos (Gonzales, 2002).
- Figura 8.2** Talud con ángulo uniforme y talud con excavado de forma escalonada con bermas y bancos (Gonzales et al, 2002).
- Figura 8.3** Medidas de drenaje y protección de taludes.
- Figura 8.4** Esquema de las partes de un anclaje y ejemplos de aplicación.
- Figura 8.5** Tipo de muros: a) revestimiento, b) contención, c) sostenimiento (Jiménez *et al.*, 1976).
- Figura 8.6** Muros de gravedad.
- Figura 8.7** Muros aligerados: a) muro en L, b) muro con contrafuertes en el intradós (Jiménez *et al.*, 1976).
- Figura 8.8** Muro de gaviones y ejemplos de aplicación.
- Figura 8.9** Ejemplo de muros de pantalla y muros con pilotes.
- Figura 8.10** Muro de tierra armada (modificado de Canmet, 1977).
- Figura 8.11** Esquema de las medidas de contención de un deslizamiento en suelo coluvial arcillo-limoso con sustrato formado por lutitas y areniscas.
- Figura 8.12** 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 8.13** Control de un deslizamiento mediante un muro.
- Figura 8.14** Presas de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huaicos, tipo SABO (a); tipo rejilla (b); barras flexibles (c).
- Figura 8.15** Trincho de piedra para cabecera de cárcava (adaptado de Valderrama et ál, 1964).

- Figura 8.16** Trincho de matorral tipo una hilera de postes y trincho de matorral tipo doble hilera de postes (adaptado de Valderrama et ál, 1964).
- Figura 8.17** 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 8.18** Canales de desvío.
- Figura 8.19** Gaviones para encauzar el lecho del río (Dirección de Geología Ambiental, 2003).
- Figura 8.20** Espigones para proteger las terrazas fluviales.
- Figura 8.21** Sensores utilizados para el monitoreo de flujos de detritos (Fotografía tomada de Soil and Water Conservation Bureau SWCB-Taiwan por Vilchez, 2010).
- Figura 8.22** Estación de monitoreo de flujo de detritos (Fotografía tomada de Soil and Water Conservation Bureau SWCB-Taiwan por Vilchez, 2010).

Fotografías

- Fotografía 3.1** Depósitos coluviales en el cerro Matchurco en el distrito Ulcumayo, en forma de canchales de detritos.
- Fotografía 3.2** Depósitos coluviales suspendidos en la ladera del cerro Tambo, sector Rodeo.
- Fotografía 3.3** Depósitos lacustrinos del lago Chinchaycocha, sector puente Chacachimpa con presencia de bofedales.
- Fotografía 3.4** Depósitos aluviales en la margen izquierda del río Mantaro, sector Paccha.
- Fotografía 3.5** Granitos y monzogranitos de la Unidad San Ramón, en el km 0+250 de la carretera Puente Río Colorado-Casa Blanca, en la margen izquierda del río Colorado.
- Fotografía 3.6** Afloramiento de tonalitas y granodioritas muy fracturadas de la Unidad Cayash en el cerro Auguimarca, talud superior de la nueva carretera Tingo-Huanchuyru (km 02+500).
- Fotografía 3.7** Secuencia de tobas líticas del centro volcánico Pariamachay en la quebrada Huychun, km 183+500 de la carretera Canta - Cerro de Pasco.
- Fotografía 3.8** Tobas, andesitas y brechas basálticas del grupo Mitu, en el cerro Manibón en la margen izquierda del río Palcamayo, sector Palcamayo.
- Fotografía 3.9** Afloramiento de calizas, lutitas carbonosas y limoarcillitas de la Formación Chonta, sector Bajo Picutuna.
- Fotografía 3.10** Calizas grises de la formación Condorsinga en el cerro Quichcash Punta, km 28+060 carretera a San Pedro de Cajas.
- Fotografía 3.11** Lutitas deleznales del Grupo Cabanillas, en el sector Rucubamba, distrito de Ulcumayo.
- Fotografía 3.12** Afloramiento de lutitas y lodolitas de la Formación Jauja que sobreyace a una capa de microconglomerados, en el km 20+180 de la carretera Mito-Aco.
- Fotografía 3.13** Afloramientos de intercalaciones de areniscas, lutitas, limoarcillitas de colores rojizos de la formación Casapalca, sector Laquilanta, en el km 231+980 de la carretera Huancayo-San José de Quero.
- Fotografía 3.14** Areniscas de grano grueso con intercalaciones de lodolitas de color marrón rojizo de la Formación Sarayaquillo.
A) en el km 17+500 de la carretera La Merced-Puente Paucartambo, confluencia de ríos Paucartambo y Etnas.
B) en el km 11+030 de la carretera Puente Paucartambo-La Merced.
- Fotografía 3.15** Limolitas y lodolitas de coloración violáceo de la Formación Huayabamba, afloramiento en los cerros Camonashari, km 52+777 de la trocha Mazamari-Puerto Ocopa, en la margen izquierda del río Pangoa, distrito Río Tambo.
- Fotografía 3.16** Afloramiento de pizarras y filitas del Grupo Excélsior en la localidad de Satipo. Actualmente, se extrae en una cantera.
- Fotografía 4.1** Relieve conformado por montañas modeladas en rocas intrusivas. Se observa en la confluencia de los ríos

Huasahuasi y Huacuas; en los cerros Huaman Marca, Huallpac y El Tambo, al pie se encuentra las instalaciones de la C.H. Huasahuasi I.

- Fotografía 4.2** Montaña en rocas sedimentarias detrás del relieve controlado por estructuras en el sector Yanamarca, en la margen izquierda del río Grande, en el flanco oeste del Cerro Yanpuma.
- Fotografía 4.3** Montañas y colinas modeladas en roca sedimentaria, en la margen derecha del río Yauli, sector Chucchis.
- Fotografía 4.4** Montaña estructural modelada en roca sedimentaria en la cordillera PuagJancha .
- Fotografía 4.5** Relieve de Montañas y colinas estructurales modeladas en rocas sedimentarias en los cerros Llantapallana.
- Fotografía 4.6** Relieve de montaña modelada en roca metamórfica en el cerro Jarococha, margen izquierda de la quebrada Carhuacocha. Al sur del nevado de Huaytapallana.
- Fotografía 4.7.** Relieve de montaña modelada en roca metamórfica con laderas muy escarpadas y valle encañonado formado por las aguas del río Tarma, entre los cerros el Tambo y Putacashia.
- Fotografía 4.8** Montaña con cobertura glaciar en el nevado de Huaytapallana.
- Fotografía 4.9** Relieve de colinas modeladas en roca intrusiva en el sector de Ticlio (provincia de Yauli).
- Fotografía 4.10** Colinas modeladas en roca volcánica y colinas estructurales en roca sedimentaria en ambos márgenes del río Tambo, en el cerro Tambo.
- Fotografía 4.11** Colinas estructurales modeladas en roca sedimentaria en la margen izquierda de la quebrada Tambo, en el cerro Cuchillana, al noroeste del poblado de Andamarca.
- Fotografía 4.12** Relieve de colinas estructurales en rocas sedimentarias meteorizadas con lluvias ácidas, sector La Oroya, cerca al Complejo Metalúrgico de La Oroya-DOE RUN.
- Fotografía 4.13** Vista de un abanico aluvial en la quebrada Aunco, en la margen izquierda del río Mantaro, entre los cerros Yuraccancha y Antahuaro que conforman colinas estructurales en rocas sedimentarias; el mineraloducto de DOE RUN atraviesa depósito.
- Fotografía 4.14** Morrenas frontales y laterales en el Nevado Anticona (límite de las regiones Lima y Junín).
- Fotografía 4.15** Vista de un deslizamiento antiguo reactivado en el cerro Oyrogalón, en la margen derecha del río Huasahuasi entre los sectores Rocroc y Hacienda Huampuyo.
- Fotografía 4.16** Canchales de detritos en talud superior de carretera Comas-Satipo.
- Fotografía 4.17** Área sujeta a inundación en ambos márgenes del río Capiri, sector Las Palmas (Pichanaqui, Chanchamayo).
- Fotografía 4.18** Vista de un valle glaciar y vertientes de gelifracción en ambos márgenes, entre los cerros Huanyas y Cuyoy, sector Pahuallupo.
- Fotografía 4.19** Vista de un valle fluvial con terrazas indiferenciadas en ambos márgenes del río Mantaro, sector Turumanya-Matagrande (Llollapampa, Jauja).
- Fotografía 4.20** Vista de la laguna Chinchaycocha.
- Fotografía 4.21** Altiplanicie en las pampas de Junín.
- Fotografía 4.22** Altiplanicie aluvial ubicado al este de la ciudad de Huancayo, en ambos márgenes del río Mantaro.
- Fotografía 4.23** Bofedales alrededores de la laguna Junín.
- Fotografía 4.24** Bofedales circundados por colinas estructurales en rocas sedimentarias, en el sector Suamachay.
- Fotografía 4.25** Isla en el río Chanchamayo.
- Fotografía 4.26** Vista de terraza aluvial en la margen derecha de la quebrada Jacahuasi, sector Mayoc.
- Fotografía 4.27** Vista del campamento y los depósitos de relave de la mina de Azulcocha (provincia de Chupaca).
- Fotografía 6.1** Caídas en talud superior de trocha a la altura del km 0+260 Río Colorado-Río Perla, en la margen izquierda del río Colorado.

- Fotografía 6.2** Derrumbes en talud superior de la trocha carrozable Congas-Tapo, altura del km 26+000.
- Fotografía 6.3** Derrumbes en talud superior de la carretera Ingenio-Ranra.
- Fotografía 6.4** Flujo de detritos en el sector Puente Yanango, en quebrada Agua Carmen en la izquierda del río Tarma
- Fotografía 6.5** Flujo de detritos en la quebrada Toropaccha ocurrido el 13/03/2012 con presencia de bloques de hasta 2 m de diámetro.
- Fotografía 6.6** Flujo de detritos en el río Chanchamayo cerca del tunel Río Blanco.
- Fotografía 6.7** Deslizamiento rotacional reactivado en el Cerro Rargapunta, sector de Huasahuasi; para estabilizar su avance han sembrado árboles de eucaliptos.
- Fotografía 6.8** Deslizamiento en el cerro Huancarumi, entre la quebrada Metarayoc y río Huasahuasi.
- Fotografía 6.9** Derrumbe-flujo en el sector Boca Satipo, en el km 46+158, ocurrió el 07/03/2012 a la 1 am, en la margen izquierda del río Pangoa reactivado a manera de derrumbes y erosión en cárcavas que aportan material a la quebrada, que en época de lluvias puede generar huaicos y obstruir la carretera central.
- Fotografía 6.10** Reptación de suelos en el sector Muchac, en la margen derecha de la quebrada Sacsacancha, provincia de Jauja.
- Fotografía 6.11** Erosión fluvial en margen derecha del río Perené, sector Shintonato, provincia Chanchamayo.
- Fotografía 6.12** Erosión fluvial en ambas márgenes del río Chacías, sector San Pedro, provincia Huancayo.
- Fotografía 6.13** Erosión fluvial en ambas márgenes del río Mantaro, puente Antahuaro, sector Paccha.
- Fotografía 6.14** Área sujeta a inundaciones en el sector Las Palmas, en la margen izquierda del río Capiri, en la provincia Chanchamayo.
- Fotografía 6.15** Erosión de laderas en el sector Huamali, en la margen izquierda del río Huancayo.
- Fotografía 6.16** Erosión de laderas en el sector Quero, en la margen izquierda de la quebrada Jarachanja.
- Fotografía 7.1** Erosión fluvial en ambas márgenes del río Mantaro, en el sector Paccha.
- Fotografía 7.2** A) Desviación del cauce del río Ulcumayo, en la margen derecha presenta erosión fluvial. B) En la otra vista se observa al poblado Ulcumayo asentado sobre el depósito antiguo de una avalancha del cerro Huallamarca.
- Fotografía 7.3** Viviendas del poblado Junín se ubican sobre el cauce de la quebrada Santa Catalina, altura del km 0+700 de la carretera Junín-Pasco.
- Fotografía 7.4** Derrumbes provocados por el corte del talud para construir la carretera Anturqui – Huanchuro (San Pedro de Cajas, Tarma).
- Fotografía 7.5** Vistas de deslizamientos activos en el sector Santa Clara (A y B) y sectores San Juan La libertad- Carita en la margen derecha del río Huasahuasi (C). Deslizamiento en el sector Chinín, en la margen izquierda del río Huasahuasi (D).
- Fotografía 7.6** Vista del Pueblo Palcamayo asentado sobre el abanico antiguo de la quebrada que lleva el mismo nombre (A). Erosión de laderas y derrumbes en ambas márgenes de la quebrada Parco, sector Ochonga (B).
- Fotografía 7.7** Vistas de los poblados de Acobamba y Muruhuay que se han asentado sobre antiguos abanicos cuyas quebradas aún permanecen latentes y de generarse huaicos se verían afectadas viviendas, terrenos de cultivos y tramo de carretera Acobamba-Tarma. La zona también es afectada por erosión de laderas en las laderas de los cerros Jegasha y Antacayllan.
- Fotografía 7.8** Vista de diferentes tramos de la carretera La Merced – Paucartambo, sector Puente Capelo donde se observa el suelo saturado que genera flujos y derrumbes, obstaculizando el tránsito.
- Fotografía 7.9** Erosión fluvial en la margen derecha del río Perené, afecta tramo de la Carretera Marginal, sector Shintoriato (izquierda). A la derecha se observa el sector Bajo Quivinaqui ubicado en la margen derecha del río Perené en confluencia con el río Ubiriqui afectado por el desborde del río.

- Fotografía 7.10** Derrumbes en talud superior de la Carretera Marginal Santa Ana-Maranquiari, sector Maranquiari.
- Fotografía 7.11** A) Quebrada cuyo huaico del año 2007 ocasionó la pérdida de dos personas y la destrucción de varias viviendas. B) Vivienda enterrada por depósito de huaico en el sector Huacará. C) Sector Huacará, zona afectada por huaicos y palizada, se observa el puente Huacará obstruido por palizada y bloques de roca.
- Fotografía 7.12.** Vista aérea del sector del AA.HH. Juan Pablo II (izquierda), vivienda del sector Las Malvinas enterrada por depósito de huaico (derecha). Fotografía tomada por Nuñez, S.
- Fotografía 7.13** Vista de los daños dejados por el huaico de la quebrada Toropaccha, orificio dejado por el run-up de 2m (izquierda). Huaico en la quebrada Toropaccha, tributario de la margen derecha del río Palca (derecha).
- Fotografía 7.14** Vista de deslizamiento antiguo con intensa erosión en bad lands en la escarpa, con presencia de derrumbes en el talud superior de carretera Paccha-Jauja, sector Casa Blanca.
- Fotografía 7.15** Vista del deslizamiento en el sector Vista Alegre (Apata), escarpa principal con presencia de bofedales, grietas y pequeños saltos en el cuerpo del fenómeno.
- Fotografía 7.16** Erosión de laderas en el cerro Ventanilla afecta los sectores San Martín de Porres de Mamac, Pucará y Parco del distrito de Mariscal Castilla, tramo del km 2+800 al km 4+000 es afectado por derrumbes, huaicos y asentamientos. En la fotografía de abajo se ve el poblado San Martín de Porres de Mamac con presencia de asentamientos.
- Fotografía 7.17.** Vistas del río Achamayo, A) Área sujeta a inundación en la margen derecha del río Achamayo, B) Erosión fluvial en la margen derecha del río, C) Erosión en estribo derecho del Puente Santa Rosa de Ocopa.
- Fotografía 7.18** Deslizamiento rotacional en laderas del cerro Ventanilla, sector Tampus con presencia de asentamientos en la carretera Ingenio-Comas, se llevó una parte de la carpeta asfáltica en el km 51+500.
- Fotografía 7.19** Se observa un derrumbe debajo del poblado de Comas en laderas del cerro Milupata, cuyo material originó el embalse del río Comas.
- Fotografía 7.20** Vista de la carretera Comas-Satipo, sector Maraiyoc, con presencia de derrumbes en talud superior en varios tramos de la carretera, obstaculizando el tránsito.
- Fotografía 7.21** Vista panorámica del sector Runatullo asentado sobre un piedemonte coluvio-deluvial del cerro Alfonsito, algunas viviendas del poblado Runatullo se encuentran muy cerca de la zona de arranque de derrumbes cuyo avance es retrogresivo (arriba). En la parte inferior tramo de la carretera Comas-Runatullo afectado por derrumbes y huaicos (abajo).
- Fotografía 7.22.** Vista panorámica del sector Iscotiana con presencia de erosión de laderas en el cerro Quinsautra.
- Fotografía 7.23** Erosión en cárcavas en el sector Iscotiana, también genera derrumbes en talud superior de la carretera Chupaca-San Blas.
- Fotografía 7.24** Erosión fluvial y zonas sujetas a inundación en ambas márgenes del río Cunas, sector Buenos Aires.
- Fotografía 7.25** Deslizamiento activo con presencia de asentamientos y derrumbes en la carretera Comas - Satipo, en el km 152+950.
- Fotografía 7.26** Carretera Comas-Satipo que por sectores la plataforma ha sido erosionada por el río Yungorplaya.
- Fotografía 7.27** Derrumbes entre los kilómetros 167+000 - 173+906 Comas-Satipo, también se generan flujos de detritos que impiden el tránsito en época de lluvias intensas.
- Fotografía 7.28** Deslizamiento en el sector Villa Junín, en la margen izquierda del río Tambo. Fotografía tomada por S. Nuñez, 2015.
- Fotografía 7.29** Derrumbes en el talud superior de la carretera a Huancayo, tramo km 4+800 al km 7+100 de la carretera, ambas márgenes del río Shullcas.
- Fotografía 7.30** Ocupación inadecuada de viviendas sobre el cauce antiguo del río Ali.

- Fotografía 8.1** Túnel falso en la carretera Rafael Caldera Mérida (izquierda), Venezuela; carretera central Lima-La Oroya, Perú (derecha).
- Fotografía 8.2** Mallas de protección con anclajes para caída de rocas o derrumbes tanto en detritos como roca alterada.
- Fotografía 8.3** Ejemplo de laderas forestadas para controlar la erosión superficial.
- Fotografía 8.4** Encauzamiento de una quebrada.
- Fotografía 8.5** 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 8.6** Obras de drenaje para redes viales, A) badenes, B) alcantarillas y pontones y C) puentes, puentes-badén.
- Fotografía 8.7** Limpieza de cauce del río.
- Fotografía 8.8** Ejemplo de evacuación de aguas superficiales y control de erosión en cárcavas, mediante trinchos escalonados.
- Fotografía 8.9** 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 provincias, según sexo del departamento de Junín (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018a).
- Gráfico 2.2** Población por área de residencia en las provincias de la región Junín (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018a).
- Gráfico 2.3** Tendencia urbana y rural del departamento Junín. Fuente: Censos nacionales de población y vivienda (INEI) 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2007 y 2017.
- Gráfico 2.4** Edad en grupos quinquenales según sexo del departamento de Junín (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018a).
- Gráfico 2.5** Población censada y tasa de crecimiento promedio anual del departamento de Junín. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, INEI- Censos Nacionales de Población y Vivienda 1940, 1961, 1972, 1981, 1993, 2007 y 2017.
- Gráfico 2.6** Viviendas por provincia, según el Censo (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2008).
- Gráfico 2.7** Porcentajes de las principales actividades económicas de Junín (Instituto Peruano de Economía- Instituto Peruano de Economía, 2016).
- Gráfico 6.1** Inventario de peligros geológicos en el departamento de Junín.
- Gráfico 6.2** Ocurrencia de peligros geológicos.
- Gráfico 6.3** Ocurrencias de movimientos en masa en el departamento de Junín.
- Gráfico 6.4** Litología vs movimientos en masa en el departamento de Junín.
- Gráfico 6.5** Porcentaje de ocurrencias de movimientos en masa en el departamento de Junín.
- Gráfico 6.6** Ocurrencias de peligros geohidrológicos en el departamento de Junín.
- Gráfico 6.7** Porcentaje de peligros geohidrológicos en el departamento de Junín.
- Gráfico 6.8** Grado de peligro asignado a las ocurrencias de peligros geológicos inventariados en el departamento de Junín. C: caídas, D: deslizamientos, F: flujos, MC: movimientos complejos, RS: reptación de suelos, EL: erosión de laderas, EF: erosión fluvial, IF/L: inundación fluvial o lagunar, V: Vuelcos y H: hundimientos.
- Gráfico 6.9** Grado de vulnerabilidad asignado a las ocurrencias de peligros geológicos inventariados en el departamento de Junín. C: caídas, D: deslizamientos, F: flujos, MC: movimientos complejos, RS: reptación de suelos, EL: erosión de laderas, EF: erosión fluvial, IF/L: inundación fluvial o lagunar, V: Vuelcos y H: hundimientos.
- Gráfico 7.1** Zonas críticas por peligros geológicos, según provincias en la región Junín.



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