

Riesgo Geológico en la Región Amazonas

Boletín N° 39 Serie C
Geodinámica e Ingeniería Geológica



Por:

Lucio Medina Alcca
Manuel Vélchez Mata
Sharon Dueñas Bravo



Dirección de Geología Ambiental
y Riesgo Geológico

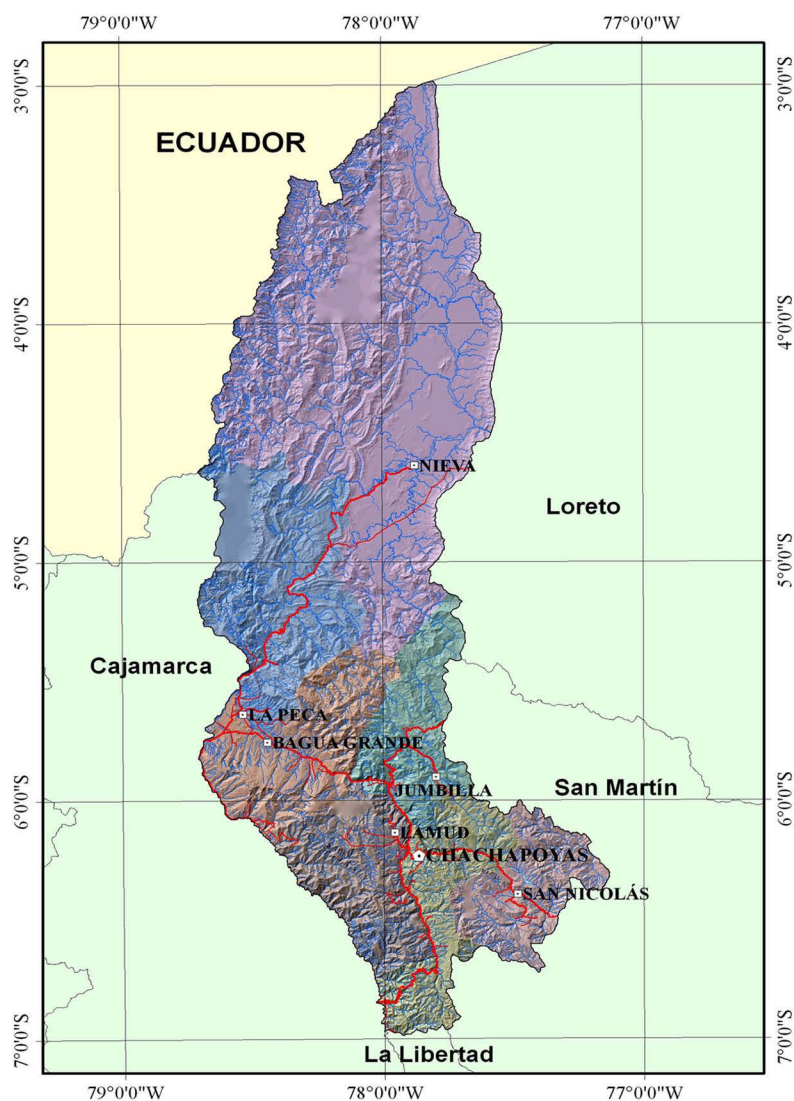
Institución Geológica y Minera al Servicio del País

Lima-Perú
2009

Riesgo Geológico en la Región Amazonas

Boletín N° 39 Serie C

Geodinámica e Ingeniería Geológica



Por:

Lucio Medina Allcca

Manuel Vílchez Mata

Sharon Dueñas Bravo



Dirección de Geología Ambiental
y Riesgo Geológico

Institución Geológica y Minera al Servicio del País

Lima-Perú
2009

GEODINÁMICA E INGENIERÍA GEOLÓGICA
N° 39, Serie C, 2009

Hecho el Depósito Legal N° 2009-15472
Razón Social: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
(INGEMMET)
Domicilio: Av. Canadá N° 1470, San Borja, Lima-Perú
Primera Edición, INGEMMET 2009
Se terminó de imprimir el 28 de noviembre del año 2009 en los
talleres de INGEMMET

© INGEMMET

Derechos Reservados. Prohibida su reproducción

Presidente del Consejo Directivo: Walter Casquino Rey
Secretario General: Juan Retamozo Belsuzarri

Comité Editor: Lionel Fídel, Humberto Chirif, Víctor Carlotto,
Yorri Carrasco.

Unidad encargada de la edición: Unidad de Relaciones
Institucionales.

Corrección Geocientífica: Ricardo Aniya
Digitalización y SIG: César Egocheaga, Javier Hernández,
José Suárez.
Revisión de mapas: Ricardo Aniya, Juan Torres
Corrección gramatical y de estilo: Glenda Escajadillo
Diagramación: Sonia Bermúdez

Referencia bibliográfica

Medina, L.; Vilchez, M. & Dueñas, S. (2009) - Riesgo geológico en la
región Amazonas. *INGEMMET*, Boletín, Serie C: Geodinámica e
Ingeniería Geológica, 39, 205 p.

9 mapas escala 1:250 000

Portada: Ubicación del área de estudio.

RELACIÓN DE MAPAS

Mapa escala 1:250 000

Mapa 1	Litológico-Estructural
Mapa 2	Cobertura Vegetal y Uso de Suelo
Mapa 3	Hidrogeología
Mapa 4	Geomorfología
Mapa 5	Pendientes de los Terrenos
Mapa 6	Inventario de Peligros Geológicos
Mapa 7	Susceptibilidad a los Movimientos en Masa
Mapa 8	Susceptibilidad a Inundaciones y Erosión Fluvial
Mapa 9	Amenazas de Movimientos en Masa por presencia del Fenómeno «El Niño» 1997-1998

Figuras

Figura 1.1:	Ubicación de la región Amazonas.
Figura 2.1:	Mapa de Precipitaciones Acumuladas durante el fenómeno de El Niño 1997-1998.
Figura 4.1:	Cauce del río Santiago de tipo anastomosado, ubicados entre los ríos Cucaza y Ampamaya.
Figura 6.1:	Imagen satelital de la zona Norte de la región Amazonas, frontera con el Ecuador, valle del río Santiago, se han diferenciado las colinas (Col), colinas estructurales altas (Cea), las colinas estructurales bajas (Ceb) y las planicies aluviales o terrazas altas. Imagen Google Earth.
Figura 6.2:	Imagen satelital donde se puede apreciar la estructura de domo (Do), ubicado a la margen derecha del río Cenepa. Imagen Google Earth.
Figura 6.3:	Vista de los depósitos glacio-fluviales (Dgf) en las cabeceras de los afluentes del río Atuén, sector sur de Amazonas. Imagen Google Earth.
Figura 6.4:	Imagen satelital de un valle glaciar con laguna (Vg), Nacientes del río Imaza, poblado de Granada (A)
Figura 7.1:	Escarpa de deslizamiento rotacional antiguo, ubicado en la margen derecha del río Marañón, puerto el Sauce.
Figura 7.2:	Mapa de Isosistas Sísmico 24 Julio 1912 - Huancabamba
Figura 7.3:	Mapa de Isosistas Sísmico 14 Mayo 1928 – Chachapoyas
Figura 7.4:	Mapa de Distribución de Máximas Intensidades
Figura 7.5:	Distribución Espacial de los Sismos en los Alrededores de la Región
Figura 7.6:	Distribución de Isoaceleraciones (gals) para un 10% de Excedencia en 20 Años
Figura 7.7:	Distribución de Isoaceleraciones (gals) para un 10% de Excedencia en 50 Años
Figura 7.8:	Distribución de Isoaceleraciones (gals) para un 10% de Excedencia en 100 Años
Figura 7.9:	Zonificación Sísmica del Perú
Figura 7.10:	Curva de Peligro Anual de la Ciudad de Chachapoyas.
Figura 10.1:	Zonas Críticas de la Provincia de Rodríguez de Mendoza
Figura 10.2:	Zonas Críticas de la Provincia de Chachapoyas
Figura 10.3:	Zonas Críticas de la Provincia de Luya
Figura 10.4:	Zonas Críticas de la Provincia de Bongará
Figura 10.5:	Zonas Críticas de la Provincia de Utcubamba
Figura 10.6:	Zonas Críticas de la Provincia de Bagua
Figura 10.7:	Zonas Críticas de la Provincia de Condorcanqui
Figura 11.1:	Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno
Figura 11.2:	Colocación de escollera
Figura 11.3:	Esquema de un talud con bermas intermedias

- Figura 11.4: Detalle de una canaleta de drenaje superficial
- Figura 11.5: Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos
- Figura 11.6: Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos
- Figura 11.7: Posición óptima de una galería de drenaje
- Figura 11.8: Drenaje de superficie de deslizamiento desde una galería de drenaje
- Figura 11.9: Disposición de zanjas de drenaje en un talud.
- Figura 11.10: Zanjas de talud
- Figura 11.11: Drenaje tipo espina de pescado
- Figura 11.12: Detalles de un anclaje y ejemplos de aplicación
- Figura 11.13: Contención de un deslizamiento mediante un muro
- Figura 11.14: Relleno estabilizador sostenido por el muro
- Figura 11.15: Tipo A) Sostenimiento B) Contención C) Revestimiento
- Figura 11.16 A): Muros de gravedad de piedra seca.
- Figura 11.16 B): Muros de gravedad de piedra argamasada.
- Figura 11.17: Muros de gravedad de concreto ciclópeo
- Figura 11.18: Muros de espesor máximo
- Figura 11.19: Muros en L
- Figura 11.20: Muros de concreto armado tipo flexión
- Figura 11.21: Muro de gavión
- Figura 11.22: Ejemplo de muros con pilotes
- Figura 11.23: Ejemplo de muros de pantalla
- Figura 11.24: Obras hidráulicas transversales para control de erosión en cárcavas
- Figura 11.25: Trincho de matorral tipo doble hilera de postes.
- Figura 11.26: Trincho de matorral (tipo una hilera de postes)
- Figura 11.27: Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina.
- Figura 11.28: Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.
- Figura 11.29: Protección del lecho de la quebrada con muros escalonados (andenes), utilizando bloques de roca o concreto armado.

Gráficos

- Gráfico 2.1: Distribución de la población a nivel provincial
- Gráfico 2.2: Estructura poblacional de la región Amazonas
- Gráfico 2.3: PEA por sexos de la región Amazonas.
- Gráfico 2.4: Población rural y urbana a nivel de provincias de la región Amazonas
- Gráfico 2.5: Analfabetismo en la región Amazonas
- Gráfico 7.1 a): Estadística porcentual de los Peligros en la Región Amazonas
- Gráfico 7.1 b): Distribución de los principales peligros naturales ocurridos en la región Amazonas.
- Gráfico 7.2: Distribución porcentual de los principales movimientos en masa ocurridos en la región Amazonas.
- Gráfico 7.3: Ocurrencias de deslizamiento por provincias.
- Gráfico 7.4: Ocurrencias de flujo por provincias.
- Gráfico 7.5: Zonas inundables por provincias.
- Gráfico 10.1: Distribución Zonas Críticas por provincias.

Cuadros

- Cuadro 2.1: Evolución de la población de la región Amazonas
- Cuadro 2.2: Superficies y densidad poblacional a nivel de provincias
- Cuadro 2.3: Estructura demográfica de la región Amazonas
- Cuadro 2.4: Distribución de la población por sexos.
- Cuadro 2.5: Tipo de vivienda
- Cuadro 2.6: Ubicación de viviendas
- Cuadro 2.7: Tipo de alumbrado que utilizan los hogares

Cuadro 2.8:	Tipo de abastecimiento de agua
Cuadro 2.9:	Conexión de los servicios higiénicos
Cuadro 2.10:	Vías terrestres principales
Cuadro 2.11:	Infraestructura de Aeropuertos y/o Aeródromos
Cuadro 2.12:	Centrales hidroeléctricas
Cuadro 2.13:	Centrales térmicas
Cuadro 4.1:	Cuencas hidrográficas pertenecientes a la región Amazonas.
Cuadro 7.1:	Cronología de los principales peligros geológicos y geohidrológicos en la región Amazonas.
Cuadro 7.2:	Descripción de los Datos Macrosísmicos Ocurridos en la región
Cuadro 7.3:	Clasificación del Factor Detonante (Sismicidad)
Cuadro 8.1:	Clasificación de Pendientes y Susceptibilidad
Cuadro 8.2:	Litología y Susceptibilidad a Movimientos en Masa
Cuadro 8.3:	Geomorfología y Susceptibilidad a Movimientos en Masa
Cuadro 8.4:	Hidrogeología y Susceptibilidad a los Movimientos en Masa
Cuadro 8.5:	Cobertura Vegetal y Uso del Suelo y Susceptibilidad a los Movimientos en Masa
Cuadro 8.6:	Variables y Porcentajes
Cuadro 8.7:	Grados de Susceptibilidad a los Movimientos en Masa
Cuadro 8.8:	Ponderación de las Variables en el Análisis de Susceptibilidad a las Inundaciones
Cuadro 8.9:	Unidades Geomorfológicas y Susceptibilidad a las Inundaciones
Cuadro 8.10:	Pendientes y Susceptibilidad a las Inundaciones
Cuadro 8.11:	Susceptibilidad a las Inundaciones región Amazonas
Cuadro 9.1:	Factor detonante: Precipitación acumulada en el Fenómeno de El Niño 1997-1998
Cuadro 9.2:	Factor detonante: Sismicidad
Cuadro 9.3:	Rangos de valores calculados para las amenazas de los movimientos en masa
Cuadro 9.4:	Zonación de la amenaza en la región Amazonas con precipitaciones acumuladas durante el fenómeno de El Niño 1997-1998
Cuadro 10.1:	Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Rodríguez de Mendoza
Cuadro 10.2:	Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Chachapoyas
Cuadro 10.3:	Zonas por peligros geológicos de la provincia de Luya
Cuadro 10.4:	Zonas Críticas por peligros geológicos en la provincia de Bongará
Cuadro 10.5:	Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Utcubamba
Cuadro 10.6:	Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Bagua
Cuadro 10.7:	Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Condorcanqui

Anexos

ANEXO I:	Principales áreas afectadas por caídas
ANEXO II:	Principales áreas afectadas por deslizamientos
ANEXO III:	Principales áreas afectadas por flujos
ANEXO IV:	Principales áreas afectadas por inundaciones
ANEXO V:	Principales áreas afectadas por erosión fluvial
ANEXO VI:	Principales áreas afectadas por erosión de ladera

CONTENIDO

RESUMEN.....	1
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN.....	3
CAPÍTULO II	
ASPECTOS GENERALES DE LA REGIÓN AMAZONAS.....	7
CAPÍTULO III	
ASPECTOS LITOLÓGICOS- ESTRUCTURALES.....	19
CAPÍTULO IV	
HIDROGRAFÍA SUPERFICIAL.....	29
CAPÍTULO V	
ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS.....	35
CAPÍTULO VI	
ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	39
CAPÍTULO VII	
EVALUACIÓN DE PELIGROS.....	55
CAPÍTULO VIII	
SUSCEPTIBILIDAD A LOS PELIGROS.....	89
CAPÍTULO IX	
EVALUACIÓN DE LAS AMENAZAS.....	103
CAPÍTULO X	
ZONAS CRÍTICAS.....	107
CAPÍTULO XI	
ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS	155
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	173
BIBLIOGRAFÍA.....	177
ANEXOS.....	181

RESUMEN

La frecuencia de peligros en la Región Amazonas caracterizada por variedad de climas, complejidad geológico-geomorfológica y sismicidad moderada está marcada por la ocurrencia de inundaciones, erosiones fluviales, movimientos en masa y sismos. Los registros históricos muestran que en el siglo pasado ocurrieron inundaciones, con mayores o menores daños los años: 1962, 1970, 1975, 1977, 1978, 1979, 1983, 1998, 1999, 2001 y 2006; como también procesos de movimientos en masa tales como huaycos, deslizamientos, derrumbes y aluviones.

Además, la región ha sido afectada por terremotos con intensidades que varían de VII a X en la escala de Mercalli Modificada, siendo el sismo más notable el que ocurrió el 14 de mayo de 1928.

Se han identificado 1 452 ocurrencias de peligros geológicos de las cuales 882 han sido comprobadas en trabajos de campo, mientras que las 570 restantes se comprobaron mediante la interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales. La mayor cantidad de ocurrencias corresponden a deslizamientos (31%), flujos (28%), caídas (caídas de roca y derrumbes, con 19%), seguidas por los peligros geohidrológicos (inundaciones y erosiones fluviales, con 8%) y finalmente los movimientos complejos (7%), reptación (2%) y otros peligros (erosión de ladera y hundimientos, con 5%).

Se prepararon mapas temáticos para cada factor condicionante de los movimientos en masa y se ponderaron por separado: la litología (30%), pendientes (40%), geomorfología (10%), hidrogeología (10%), y cobertura vegetal y uso de suelo (10%). El mapa de susceptibilidad presenta cinco categorías: muy baja susceptibilidad, baja susceptibilidad, moderada susceptibilidad, alta susceptibilidad y muy alta susceptibilidad. También se analizó la susceptibilidad a las inundaciones utilizando como factores de análisis la geomorfología y la pendiente de los terrenos.

Las zonas de alta y muy alta susceptibilidad a los movimientos en masa son generalmente áreas en las que ocurrieron deslizamientos en el pasado o relativamente poco tiempo atrás, o en las que se reactivaron antiguos movimientos cuando sus taludes fueron modificados, sea por deslizamientos, derrumbes o movimientos complejos. Están concentradas en terrenos cuyo substrato rocoso es de mala calidad y en laderas con pendiente entre 15° y 45°.

Las zonas de alta y moderada susceptibilidad a las inundaciones y los procesos de erosión fluvial se ubican en los bordes de los

ríos Marañón, Imaza, Santiago, Nieva, Cenepa, Utcubamba y algunos tributarios como el caso de los ríos Shingatza, Ampara, Cucaza, Candungos, Ayambis, Huambis, Chinganaza, Tatangosa, Putushin, Conanya, Conaica, entre otros.

En base a los mapas de susceptibilidad, aceleraciones sísmicas y precipitación acumulada, se preparó el mapa de amenazas o peligrosidad.

Las áreas de muy alta amenaza se localizan generalmente en el norte de la región, dentro de las cuencas Imaza, Nieva, Santiago y al norte de las cuencas Marañón y Cenepa. En los distritos de Imaza, Nieva y Cenepa, las áreas de alta amenaza se encuentran principalmente en el sector sureste de la región, dentro de las cuencas Huallabamba, Mayo, Utcubamba e Imaza. También hay otras localizadas en las cuencas del Alto Marañón, Cenepa y Santiago pero en área reducida.

Las áreas de moderada amenaza se distribuyen principalmente en las cuencas del Alto Marañón (margen derecha del cauce principal), Santiago y Nieva. También se ubican, en áreas de menor tamaño, en las cuencas Cenepa, Imaza y Utcubamba. Las áreas de baja amenaza se concentran principalmente al noreste de la cuenca del Utcubamba y dentro de las cuencas Santiago, Nieva y Huallabamba; el porcentaje de área es reducida en las cuencas Nieva y Huallabamba.

Las áreas de muy baja amenaza comprenden las partes bajas de los valles, especialmente en los tramos Bagua Grande-Pongo de Rentema (cuenca del Utcubamba) y Cahuide-Pongo de Manseriche (cuenca de Santiago).

El presente trabajo pone énfasis en las zonas o áreas consideradas como críticas, con peligros potenciales, muchos de ellos con cierta recurrencia, por ejemplo, durante los eventos de El Niño, lo que hace necesario incluirlos en los planes o las políticas regionales sobre prevención y atención de desastres. En la Región Amazonas se han identificado un total de 105 zonas críticas; la mayor cantidad en la provincia de Utcubamba (25), seguida por las provincias de Chachapoyas (23), Bagua (19), Rodríguez de Mendoza (13) y finalmente las provincias de Luya (8) y Condorcanqui (4). La mayoría de las zonas críticas se localizan en el tramo de la carretera Fernando Belaunde Terry, entre Bagua Grande y río Nieva. Finalmente, se proponen algunas alternativas para el manejo de los problemas geodinámicos de la región.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

PRESENTACIÓN

Los movimientos en masa y los peligros geohidrológicos son considerados como eventos importantes que ocasionan desastres en cualquier región y afectan en diferente grado a las poblaciones, las vías de comunicación, la infraestructura hidráulica, etc., generando altos costos en los trabajos de recuperación de las zonas afectadas. Se suman a esto la pérdida de vidas humanas y las pérdidas económicas, así mismo la interrupción de las actividades socioeconómicas y comerciales. Por estas razones se consideran muy importantes su reconocimiento y evaluación.

La región Amazonas se encuentra ubicada en la parte nororiental del territorio peruano y limita por el norte con el Ecuador, al oeste con la región Cajamarca, al sur con las regiones de La Libertad y San Martín, y al este con Loreto y San Martín.

Según información del X Censo de Población y V de Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) el 2005, la Región Amazonas contaba con una población de 389 700 habitantes. Está dividida en siete provincias (Bagua, Bongará, Chachapoyas, Condorcanqui, Luya, Rodríguez de Mendoza y Utcubamba) y 83 distritos, su capital es la ciudad de Chachapoyas. La mayor concentración de población se encuentra en la provincia de Utcubamba que registra 106 026 habitantes, que representan el 30,37% del total de la región.

La región se encuentra articulada con varias vías de acceso (destaca la carretera de penetración a la selva Fernando Belaunde Terry) que hacen posible la comunicación y el intercambio comercial entre los diferentes distritos y sus caseríos; muchas de estas vías se tornan intransitables en periodos de lluvias, siendo necesario constantes trabajos de mantenimiento para garantizar el libre tránsito. Sin embargo, estas carreteras se consideran insuficientes pues la región Amazonas tiene una gran extensión de territorio y muchos poblados se encuentran todavía sin vías de acceso.

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), es el ente encargado de la elaboración de estudios de peligros geológicos que afectan el territorio nacional y su incidencia sobre la seguridad física de centros poblados y obras de infraestructura, así como también de realizar estudios hidrogeológicos y brindar apoyo a las comunidades.

En el marco de estas funciones, el año 2007 se realizó el estudio de «Riesgo Geológico en la Región Amazonas», que busca evaluar los problemas de geodinámica externa (movimientos en masa y peligros geohidrológicos), que la afectan.

La presente memoria es el resultado de los trabajos de gabinete y campo realizados por profesionales de la DGAR, sobre los temas de desastres y se pone a consideración de la comunidad científica, los profesionales técnicos de la región, las autoridades del gobierno regional y las municipalidades.

Este trabajo contribuye al conocimiento de los aspectos físicos, la ubicación de las zonas críticas, la susceptibilidad a los peligros naturales a los que se encuentran expuestos los centros poblados y las obras de infraestructura, existentes en la región. Estos conocimientos permitirán proponer políticas, programas y acciones de prevención ante los peligros naturales, información que constituye la base para el ordenamiento territorial y el desarrollo sostenible de una región.

ANTECEDENTES

Los trabajos realizados en la región Amazonas han abordado la geología, la geodinámica, la geotecnia, la protección ambiental y los recursos naturales. Los más notables fueron realizados por el Instituto Nacional de los Recursos Naturales (INRENA, antiguamente ONERN), el INGEMMET y el Gobierno Regional de Amazonas junto con el Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana.

Así por ejemplo, los estudios de geología regional efectuados por INGEMMET en la región entre los años 1995-2006, realizados a escala 1:100 000, 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 (GEOEXDAT), preparada por la antigua Dirección de Geotecnia del INGEMMET (1997), utiliza información de diversos estudios técnicos, tesis de universidades, información del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, reportes periodísticos, etc., se contaron 72 ocurrencias de peligros geológicos y geohidrológicos en la Región Amazonas.

Los reportes elaborados por INDECI dan cuenta de 60 sectores afectados por los peligros geológicos y geohidrológicos entre los

años 1997 y 2002. Los peligros son más frecuentes en las provincias de Bagua Grande, Chachapoyas, Bongará y Rodríguez de Mendoza. En la provincia de Bagua se producen derrumbes, flujos y deslizamientos que interrumpen tramos importantes de la carretera Fernando Belaunde; también son frecuentes las inundaciones fluviales en las márgenes del río Utcubamba que afectan los cultivos de arroz.

En la región Amazonas, la antigua ONERN, hoy INRENA, ha realizado estudios importantes como «Evaluación de Recursos Naturales y Plan de Protección Ambiental del Proyecto Especial Jaén-San Ignacio-Bagua», (1994), «Inventario, Evaluación e Integración de los Recursos Naturales de la Zona de los Ríos Santiago y Morona» y por último el «Inventario y Evaluación de los Recursos de los Suelos y Forestales de la Zona del Cenepa-Alto Marañón» (1970).

ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

El alcance principal de este estudio es la evaluación de la susceptibilidad y la amenaza a los peligros geológicos y geohidrológicos en la región Amazonas. Esta información es básica y muy útil en los trabajos de prevención de desastres por fenómenos naturales y para el ordenamiento territorial de la zona de estudio. Las limitaciones importantes son la escasez de fotografías aéreas actualizadas, ya que solo son disponibles fotografías de los años 1961, 1962 y 1963, así como la falta de cobertura de fotos aéreas de la zona oriental de la región, pues no existe línea de vuelo alguna de la zona.

Otro factor limitante, fue la restricción del acceso hacia las zonas donde se están realizando trabajos de mantenimiento y construcción de carreteras por parte de las compañías contratistas; en estas zonas los trabajos de campo fueron restringidos.

PARTICIPACIÓN

En el presente estudio participaron los siguientes profesionales de la DGARG del INGEMMET:

- Ingenieros Lucio Medina Allcca (Jefe de Proyecto) y Manuel Vilchez Mata en el inventario y evaluación de movimientos en masa, con la colaboración de la Bachiller en Ingeniería Geológica Sharon Dueñas Bravo en los trabajos de campo y gabinete.
- Ingenieros Gerson Cotrina Chavez encargado del estudio hidrogeológico y Walter Pari, encargado del análisis del peligro sísmico.

Los trabajos informáticos (composición de mapas temáticos y SIG) se realizaron con el apoyo del Ingeniero Cesar Egocheaga de la Dirección de Sistemas de Información del INGEMMET.

La memoria descriptiva y los mapas temáticos fueron revisados por los Ingenieros Bilberto Zavala C. y Ricardo Aniya K.

OBJETIVOS

El objetivo general del estudio es contribuir al desarrollo sostenible en la Región Amazonas y al mejoramiento de las condiciones de vida de sus habitantes, brindando a las autoridades y la población información sobre los peligros geológicos que los afectan.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Cartografiar e inventariar los peligros geológicos, geohidrológicos y otros peligros naturales; y caracterizarlos.
- Obtener información básica sobre el origen, las causas y los efectos de los peligros geológicos en la región.
- Analizar la actividad sísmica histórica en la región.
- Elaborar mapas de susceptibilidad a los peligros geológicos y geohidrológicos.
- Identificar las zonas críticas por peligros geológicos en la región, para tener un alcance de la vulnerabilidad de la población y la infraestructura ante la posible ocurrencia de peligros naturales.
- Generar información geocientífica que contribuya a los planes de ordenamiento territorial y la gestión del riesgo local, que permita a las autoridades y población implementar planes de prevención de desastres.
- Involucrar, comunicar y sensibilizar a la población en la temática de los peligros naturales, cómo los pueden afectar y qué deben hacer para prevenirlos.

METODOLOGÍA

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

Gabinete I

Los trabajos de gabinete I consistieron en:

- Recopilación y evaluación de información bibliográfica, topográfica, hidrometeorológica, geológica, sísmica, hidrogeológica, uso de suelo, obras de infraestructura y registro histórico de desastres.
- Generación del mapa topográfico base utilizando hojas topográficas del Instituto Geográfico Nacional y preparación del modelo digital de terreno (MDT) mediante sistemas de información geográfica (SIG).
- Generación de mapas temáticos preliminares para su respectiva comprobación de campo.
- Composición del mapa litológico-estructural a escala 1:100 000 a partir de la cartografía geológica actualizada por INGEMMET al 2006.
- Interpretación y cartografiado de peligros geológicos y geohidrológicos de imágenes satelitales Landsat (TM y ETM) y fotografías áreas de la región.

- Preparación de la base de datos de inventario de peligros geológicos de la Región Amazonas.

Campo

Los trabajos de campo se efectuaron mediante visitas a la región Amazonas en el año 2007, haciendo un total de 75 días de trabajos geológicos de campo. En dichas salidas se realizaron las siguientes actividades:

- Inventario, caracterización y cartografiado de los peligros geológicos, geohidrológicos y otros peligros naturales en hojas a escala 1:50 000.
- Evaluación de la seguridad física de centros poblados, obras de ingeniería no lineal y determinación de zonas críticas.
- Caracterización de unidades litológicas y unidades geomorfológicas en campo.
- Comunicación con comunidades (difusión del estudio y sensibilización a la población y autoridades sobre la prevención de desastres).

Gabinete II

Los trabajos de gabinete II consistieron en:

- Procesamiento y depuración de datos en base a la confrontación de la información obtenida en los trabajos de gabinete I y campo.
- Elaboración y preparación de una base de datos de peligros geológicos y geohidrológicos que permita su incorporación a los SIG.
- Elaboración de mapas temáticos finales de factores (geomorfología, litología, pendientes, cobertura vegetal, hidrogeología) y composición del mapa de inventario.
- Integración de mapas temáticos a los SIG y análisis de susceptibilidad a los movimientos en masa e inundaciones fluviales.
- Determinación de zonas críticas.
- Análisis del peligro sísmico.
- Preparación y redacción del informe final.

AGRADECIMIENTOS

En representación del INGEMMET, queremos agradecer en especial a las autoridades del gobierno regional (Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente); de las Municipalidades Provinciales de Chachapoyas, Rodríguez de Mendoza y Utcubamba; las autoridades de las

Municipalidades Distritales de Omia, Cumba, Leimebamba, etc; a las instituciones públicas como la Dirección Regional de Defensa Civil de la Región Amazonas, el INRENA; los medios de prensa; y a todos los profesionales que realizaron estudios anteriores en la región y cuya información ha sido valiosa para la elaboración de este trabajo.

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

UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

La Región Amazonas se encuentra ubicada en la parte nororiental del territorio peruano, morfológicamente dentro de la cordillera Oriental, la cordillera Interandina y la faja subandina; geográficamente entre los paralelos 2° 59' 19" - 6° 59' de latitud sur y 77° 09' - 78° 42' de longitud oeste. Su extensión superficial es 39 249,13 km². Limita por el norte con el Ecuador, al oeste con la región Cajamarca, al sur con La Libertad y San Martín, y al este con Loreto y San Martín (Figura 1).

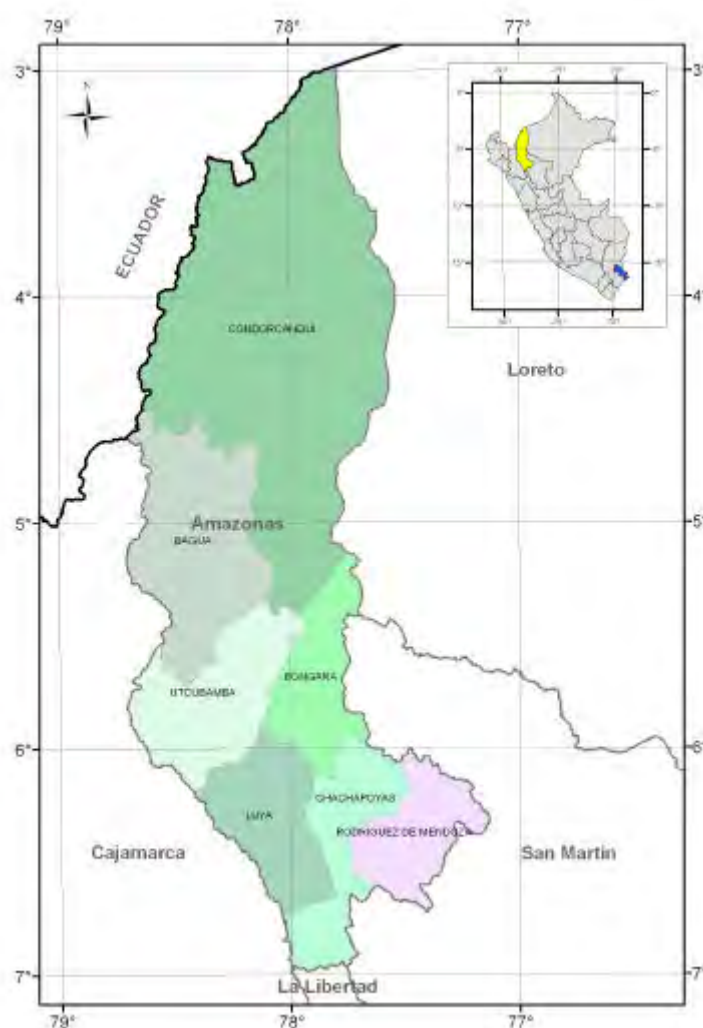


Figura 1: Ubicación de la Región Amazonas.

El acceso a la capital de la región Amazonas se realiza:

Por vía terrestre: Siguiendo la ruta Lima-Chiclayo-Olmos-Corral Quemado-desvío Jaén-Bagua Grande-Pedro Ruiz-Chachapoyas, haciendo un recorrido de 1 190 km, con una duración de viaje de 22 horas aproximadamente.

Las vías terrestres en el interior de la región son muy limitadas, por lo que es necesaria la construcción de más vías que interconecten a los pueblos con las ciudades importantes. Dentro de las vías

terrestres importantes se pueden mencionar las carreteras afirmadas Chachapoyas-Balsas, Chachapoyas-Lamud, Chachapoyas-Rodríguez de Mendoza y Bagua-Santa María de Nieva, las cuales requieren de mantenimiento constante para garantizar el tránsito fluido.

Por vía aérea: Los vuelos desde Lima hacia Chachapoyas están restringidos a la Fuerza Aérea del Perú. No hay servicios comerciales.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LA REGIÓN AMAZONAS

OCUPACIÓN HUMANA, PRIMEROS POBLADORES EN LA REGIÓN AMAZONAS

La ocupación humana en la región Amazonas data de tiempos ancestrales y en su ámbito se desarrollaron importantes culturas de las cuales se han conservado evidencias tales como pinturas rupestres y restos arqueológicos (ciudadelas, templos, etc.). A continuación se presenta un breve resumen de las evidencias de ocupación prehispánica encontradas dentro de la región Amazonas:

Pinturas rupestres en Chiñuña, Yamón y Calpón: En la provincia de Utcubamba; estas pinturas representan escenas de caza y chamanes ocupados en ritos para favorecer la caza, y se encuentran en las rocas que sirven de paredes en abrigos y cuevas, también es posible encontrar grabados sobre roca (petroglifos).

Pinturas rupestres de Yamón, Chiñuña y El Palto: En el distrito de Yamón, provincia de Utcubamba, presentan motivos similares a los anteriores en sus representaciones. Estas pinturas corresponderían a expresiones tempranas de la cultura de los chachapoyas.

Los bracamoros: Antigua etnia que se desarrolló entre Bagua y Jaén (Cajamarca), presentes en la región Amazonas hace 3 000 años. Fue un poblado que opuso tenaz resistencia a la conquista y sometimiento por el Imperio incaico. Los monolitos de Tabaconas y Chunchucam son testimonio de su presencia.

Los chachapoyas: También llamados sachapcollas o collas selvícolas, vivieron al sureste de los bracamoros, sobre la margen derecha del río Marañón. Su centro fue el valle de Utcubamba, topónimo que puede ser traducido por «territorio de los agujeros o cuevas» (*utcu*). Probablemente se extendieron por el sur hasta el Abiseo, afluente del Huallaga, donde se levanta la ciudadela de Pajatén. Los chachapoyas tienen una larga historia en la región y las primeras evidencias de su presencia fueron las pinturas de arte rupestre en las paredes rocosas de las cuevas de la provincia de Utcubamba. Posiblemente fueron descendientes de inmigrantes cordilleranos que modificaron su cultura ancestral en el nuevo medio, probablemente recogiendo las tradiciones de los primeros pobladores de origen amazónico.

La cultura Chachapoyas posiblemente tuvo sus inicios en el siglo

VIII, debió alcanzar su fase de florecimiento a partir del siglo XI y se prolongó hasta la llegada de los españoles al Perú, aunque hacia 1470 su independencia política quedó afectada por la conquista incaica. El territorio de los chachapoyas abarcaba la parte sur de la actual región Amazonas y sectores del noroeste del departamento de San Martín, como también espacios del extremo oriental del departamento de La Libertad. Dentro de las principales construcciones que son testimonio de la grandeza alcanzada por los chachapoyas se encuentran construcciones de planta circular como las de Olán, Congón (Vilaya), Purunllacta (Monte Peruvia), Kuélap, así como la ciudadela de Pajatén ubicada en la región de San Martín.

La arquitectura chachapoyas se caracteriza también por dos tipos particulares de construcciones funerarias: el mausoleo y el sarcófago. En el sector de La Petaca, en la provincia de Leimebamba, hay mausoleos de piedra que estuvieron originalmente tarrajeados y enlucidos.

Los incas: Los chachapoyas fueron incorporados al imperio de los incas en la segunda mitad del siglo XV, luego de prolongados intentos bélicos. Durante su etapa expansionista, los incas incorporaron además importantes etnias de tradición amazónica, a las cuales desplazaban, absorbían o aniquilaban.

El sitio denominado Cochabamba, situado casi a 2 800 msnm, junto al anexo de Cochabamba, distrito de Leimebamba, en la provincia de Chachapoyas, se considera el centro administrativo incaico más relevante del territorio de los chachapoyas. Fue levantado en tiempos de Túpac Yupanqui, luego de la incorporación de la región al Imperio inca.

Los aguarunas: etnia de la selva amazónica peruana, descienden de los jíbaros, resistieron a las invasiones incaicas, se mantuvieron durante mucho tiempo fuera del alcance y el conocimiento del hombre occidental y del adoctrinamiento de sacerdotes, especialmente jesuitas y dominicos, muchos de los cuales murieron en el intento.

Los aguarunas se extendieron por toda la cuenca del río Cenepa y lo que hoy es una parte del territorio sureño del Ecuador. Pertenecen al grupo lingüístico jíbaro, que abarca también a la lengua de los huambisas, los jíbaros propiamente dichos y los achuarenses. En el departamento de Amazonas, los aguarunas son

mayoría entre las etnias nativas (un 90% aproximadamente). El paso del tiempo ha determinado en gran medida que aguarunas y huambisas se mezclen y conformen una sola etnia. Viven en la provincia de Condorcanqui y forman un consejo aguaruna con alcaldes en distritos como El Cenepa, Santa María de Nieva y Río Santiago.

CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN

Según información del X Censo de Población y V de Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)

el 2005, la Región Amazonas contaba con una población de 389 700 habitantes. Se divide políticamente en siete provincias y 83 distritos, teniendo como capital a la ciudad de Chachapoyas. La mayor concentración poblacional se encuentra en la provincia de Utcubamba con 106 026 habitantes, que representa el 30,37% del total (Gráfico 2.1).

El análisis de la evolución demográfica de la región Amazonas pone en evidencia el progresivo crecimiento de la población en los últimos 33 años. La tasa de crecimiento intercensal para el periodo 1981-1993 fue de 2,3% (Cuadro 2.1).

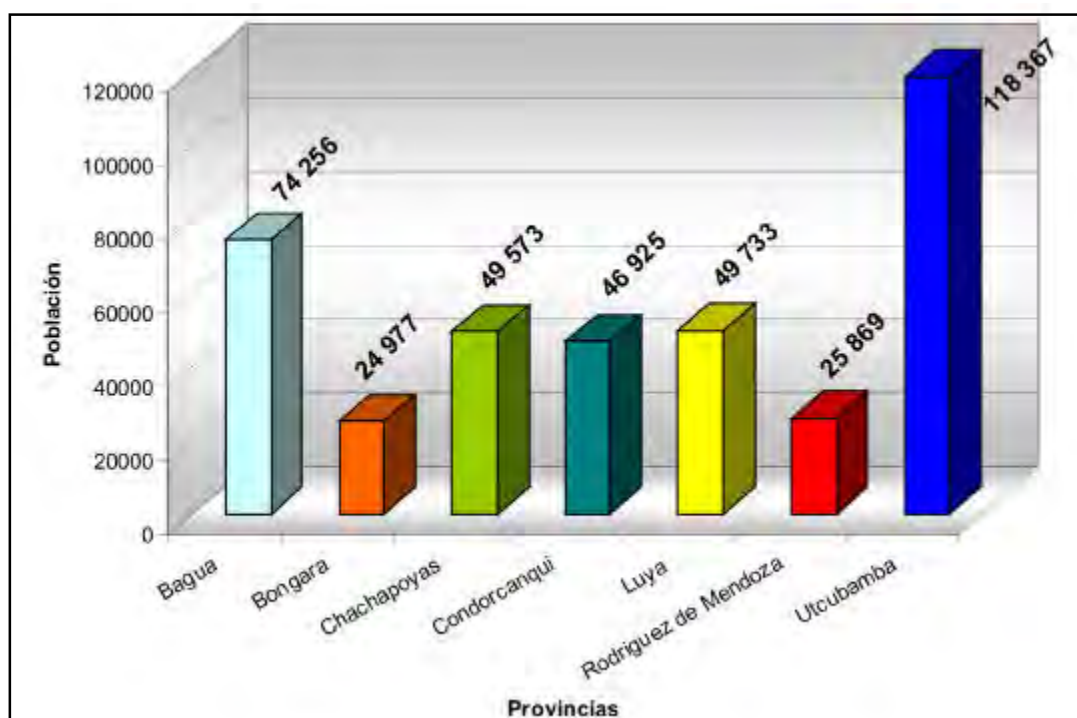


Gráfico 2.1: Distribución de la población a nivel provincial.

Cuadro 2.1
Evolución de la población de la región Amazonas

Provincias	Censos (N.º de habitantes)				Tasa de crecimiento anual (%)	
	1972	1981	1993	2005	1972-1981	1981-1993
Bagua	93 208	47 952	74 568	74 256	-7,1	3,7
Bongará	10 456	14 737	21 021	24 977	3,9	3,0
Chachapoyas	34 898	38 301	46 422	49 573	1,0	1,6
Condorcanqui	*	29 532	36 037	46 925	*	1,7
Luya	40 152	42 435	48 192	49 733	0,6	1,1
Rodríguez de Mendoza	15 758	18 751	21 905	25 869	2,0	1,3
Utcubamba	*	76 413	106 026	118 367	*	2,8

* La provincia todavía no era creada

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática-INEI, censo 2005.

La región tiene una superficie de 39 249,13 km² y una densidad poblacional de 9,93 hab/km². En el Cuadro 2.2 se presentan las superficies y la densidad poblacional a nivel de provincias.

Cuadro 2.2
Superficies y densidad poblacional
a nivel de provincias

Provincia	Superficie	Hab/km ²
Bagua	5 745,72	12,92
Bongará	2 869,65	8,70
Chachapoyas	3 312,37	14,97
Condorcanqui	17 865,39	2,63
Luya	3 236,68	15,37
Rodríguez de Mendoza	2 359,39	10,96
Utcubamba	3 859,93	30,67
Total	39 249,13	9,93

Fuente: INEI, censo 2005.

La estructura demográfica de los grandes grupos de población, por grandes grupos de edad, se presenta en el Cuadro 2.3. Muestra un importante peso de la población joven. En el año 2005, el 38,64% de la población censada era menor de 15 años, mientras que el porcentaje de población anciana, por encima de los 65 años, es del 4,76%.

La pirámide de población del 2005 ratifica lo anteriormente mencionado, poniendo de manifiesto una estructura demográfica juvenil para la región Amazonas, donde el mayor peso de la población se encuentra por debajo de los 24 años (Gráfico 2.2).

FACTORES SOCIOECONÓMICOS

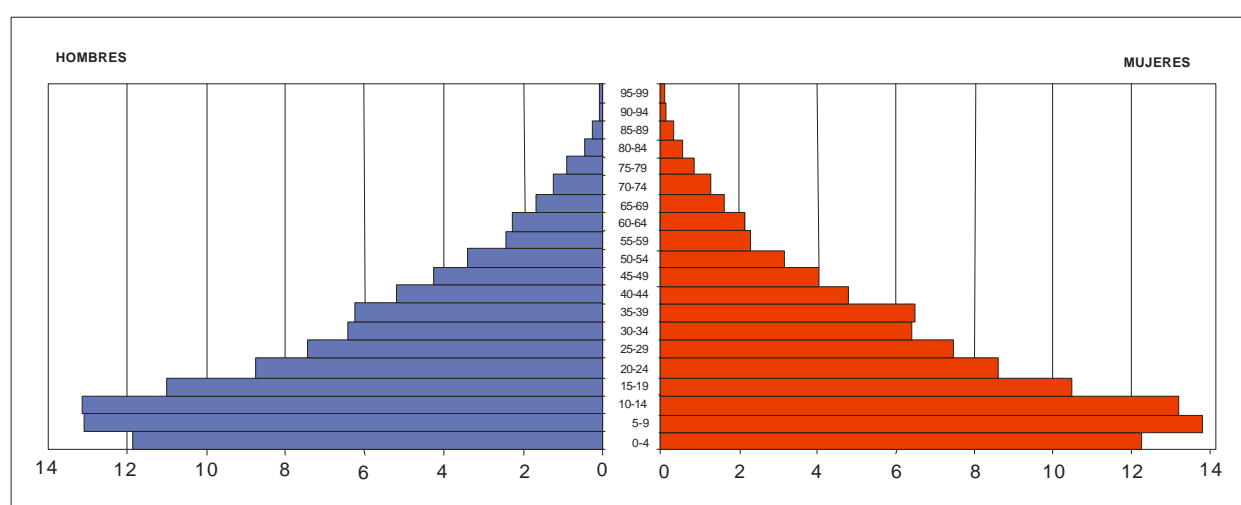
Contexto social, demográfico y económico

Según la información publicada por el INEI (2005), del total de la población censada en la región Amazonas, el 51,37% son hombres y 48,43% son mujeres (Cuadro 2.4).

Cuadro 2.3
Estructura demográfica de la región Amazonas

Región	Población joven (<15 años)	Población adulta (15-65 años)	Población anciana (>65 años)
	Nº Hab. - %	Nº Hab. - %	Nº Hab. - %
Amazonas	150 593 – 38,64	220 554 – 56,59	18 563 – 4,76

Fuente: INEI, censo 2005.



* Elaborado con datos del INEI, censo 2005.

Gráfico 2.2: Estructura poblacional de la región Amazonas*

Cuadro 2.4
Distribución de la población por sexo

Sexo	N.º habitantes
Hombre	200 983
Mujer	188 717

Fuente: INEI, censo 2005.

La población económicamente activa mayor de 15 años (PEA) de la región es de 239 107 habitantes, de los cuales 125 514 son hombres y 114 593 son mujeres (Gráfico 2.3).

Otra de las características demográficas en la región es su fuerte componente rural. La población que habita en áreas rurales representa aproximadamente el 59,40% de la población total (Gráfico 2.4).

En cuanto a niveles de analfabetismo, según los datos del censo del 2005, en la región Amazonas la mayor cantidad de población que no sabe leer ni escribir se encuentra en la provincia de Utcubamba; estos niveles altos se explican porque esta provincia tiene la mayor cantidad de población en la región (Gráfico 2.5).

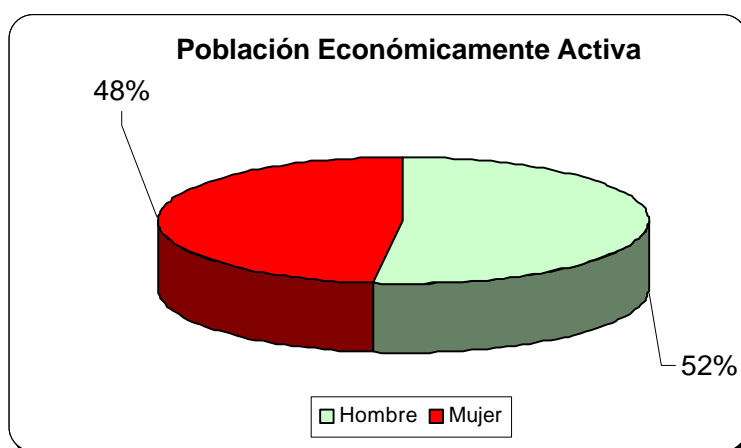


Gráfico 2.3: PEA de la región Amazonas por sexo

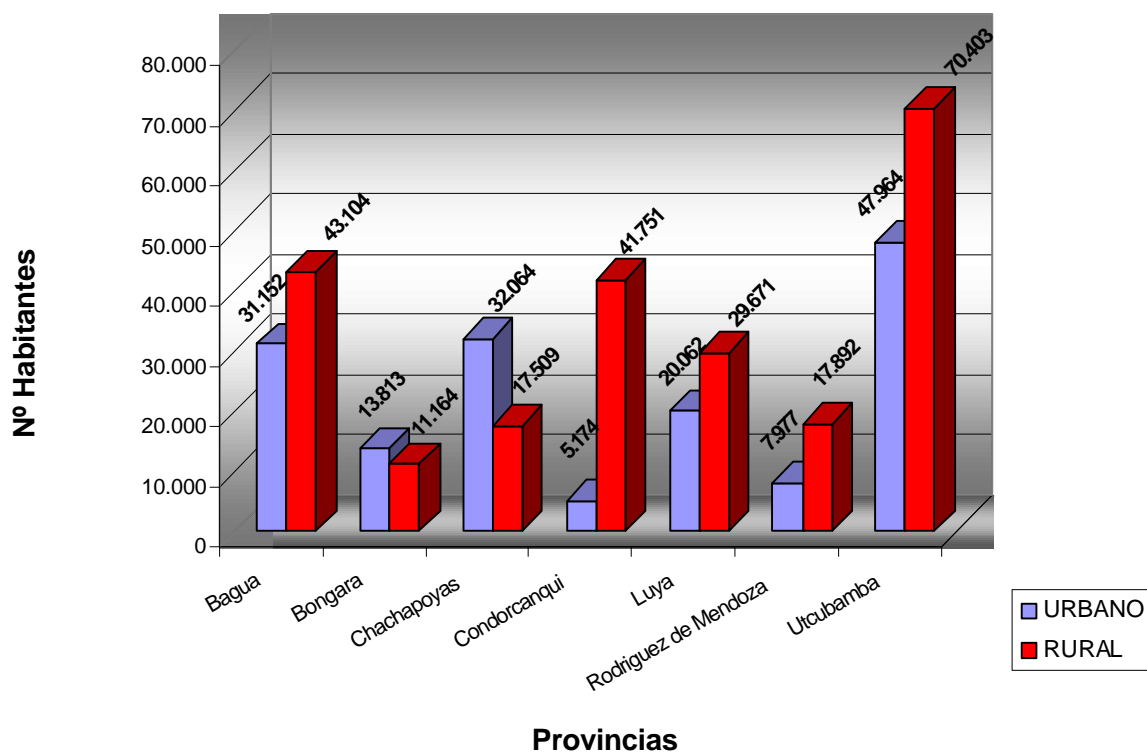


Gráfico 2.4: Población rural y urbana a nivel de provincias de la región Amazonas

En cuanto al acceso a la vivienda, hay un total de 107 587 viviendas, de las cuales el 90,63% son independientes. El 56,74% se encuentra en área rural y el 43,26% en área urbana (Cuadros 2.5 y 2.6).

Los servicios básicos con los que cuenta la región Amazonas se presentan en los Cuadros 2.7, 2.8 y 2.9.

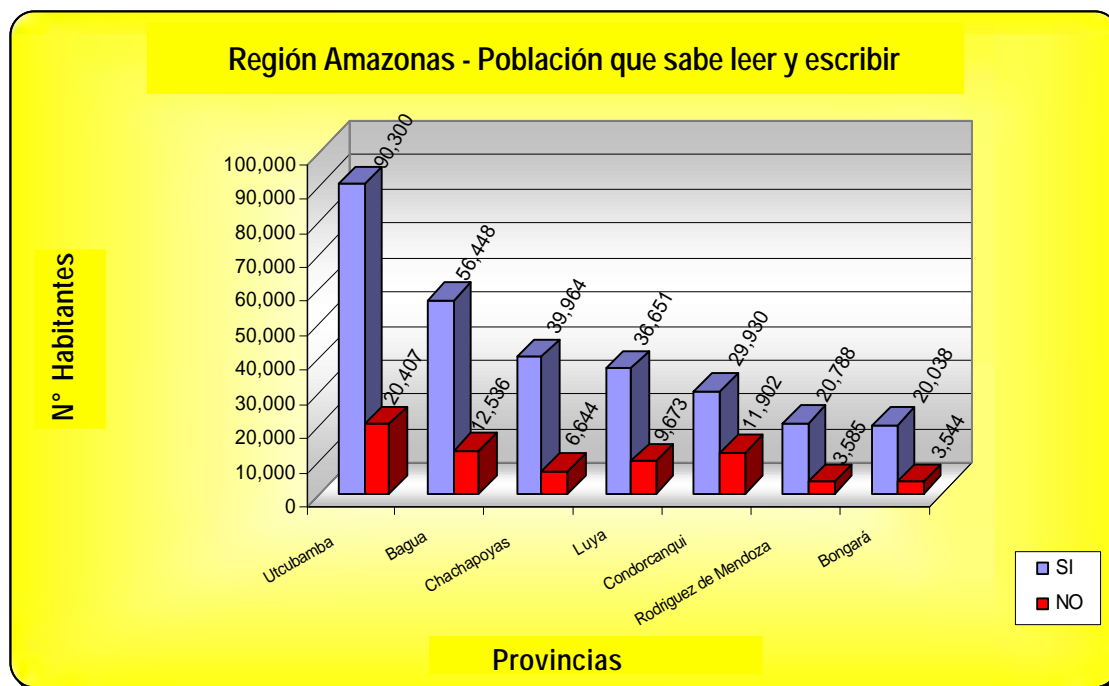


Gráfico 2.5: Analfabetismo en la región Amazonas.

Cuadro 2.5
Tipo de vivienda

Categorías	N.º de viviendas	%
Casa independiente	97 510	90,63
Departamento en edificio	171	0,16
Vivienda en quinta	248	0,23
Casa de vecindad	466	0,43
Choza o cabaña	8 937	8,31
Vivienda improvisada	96	0,09
No destinado	97	0,09
Otro	62	0,06
Total	107 587	100,00

Cuadro 2.6
Ubicación de viviendas

Categorías	N.º de viviendas	%
Área urbana	46 639	43,26
Área rural	61 180	56,74
Total	107 819	100,00

INFRAESTRUCTURA

Red vial terrestre

La región se encuentra articulada con varias vías de acceso que hacen posible la comunicación y el intercambio comercial entre los diferentes distritos y sus caseríos. Muchas de ellas se tornan

intransitables en periodos de lluvias, siendo necesarios constantes trabajos de mantenimiento para garantizar el libre tránsito, sin embargo son insuficientes porque la región Amazonas tiene un gran territorio, en donde muchos poblados se encuentran todavía sin vías de acceso. Las principales vías de la región se presentan en el Cuadro 2.10, y se destaca su longitud y el estado en el cual se encuentran.

Cuadro 2.7
Tipo de alumbrado que utilizan los hogares

Categorías	Nº de viviendas	%
Electricidad	38 428	44,71
Querosén (mechero / lamparín)	34 866	40,57
Petróleo / gas (lámpara)	311	0,36
Vela	9 843	11,45
Generador	208	0,24
Otro	1 790	2,08
No tiene	499	0,58
Total	85 945	100,00

Cuadro 2.8
Tipo de abastecimiento de agua

Categorías	Nº de viviendas	%
Red pública dentro de la vivienda	42 602	49,57
Red pública fuera de la vivienda, pero dentro del edificio	9 002	10,47
Pilón de uso público	3 328	3,87
Camión-cisterna u otro similar	87	0,10
Pozo	8 947	10,41
Río, acequia, manantial o similar	17 592	20,47
Otro	4 387	5,10
Total	85 945	100,00

Cuadro 2.9
Conexión de los servicios higiénicos

Categorías	N.º de viviendas	%
Red pública dentro de la vivienda	21 726	25,28
Red pública fuera de la vivienda pero dentro del edificio	2 774	3,23
Pozo séptico	2 656	3,09
Pozo ciego o negro / letrina	42 894	49,91
Río, acequia o canal	1 356	1,58
No tiene	14 539	16,92
Total	85 945	100,00

Aeropuertos

En la región existen cinco aeropuertos, los cuales se muestran en el Cuadro 2.11, donde se detallan las características.

Energía

Según información recopilada del Ministerio de Energía y Minas hasta el año 2001, la región Amazonas tenía cuatro centrales hidroeléctricas y nueve centrales térmicas (Cuadros 2.12 y 2.13).

Cuadro 2.10
Vías terrestres principales

Tramo de carretera	Longitud (km)	Condición
Corral Quemado-Puente Nieva (carretera Fernando Belaunde)- tramo Interoceánica Norte	174,3	Asfaltado, otorgado en concesión.
El Progreso-Bagua-Duran	107,9	Construcción, mejoramiento y rehabilitación.
Duran-Oracusa	70,7	Mantenimiento rutinario.
Oracusa-Santa María de Nieva	31,0	Sin asfaltar.
Puente Hahuico-Puente Nieva-Saramiriza	130,0	Sin asfaltar.
Balaza-Jumbilla-Asunción	34,9	Sin asfaltar.
Corral Quemado-Ocalli	126,0	Mantenimiento periódico.
Pedro Ruiz-Puente Caclic-Cruce a Chachapoyas	33,9	Construcción, rehabilitación y mejoramiento.
Cruce-Chachapoyas	18,1	Mantenimiento rutinario.
Chachapoyas-Mendoza	85,2	Mantenimiento preventivo.
Mendoza-Omia	15,0	Sin asfaltar.
Puente Caclic-Lamud	18,0	Sin asfaltar.
Cruce Chachapoyas-Balsas	156,5	Sin asfaltar.
Chachapoyas-Huancas	12,7	Sin asfaltar.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

Cuadro 2.11
Infraestructura de aeropuertos y/o aeródromos

Aeropuerto / aeródromo	Prov. / Dist.	Dimensión (m)	Superficie	Propietario (P) / Explotador (E)
Chachapoyas	Chachapoyas / Chachapoyas	1 980 x 30	Asfalto	P/E CORPAC
Ciro Alegría	Condorcanqui / Nieva	1 600 x 30	Tratamiento superficial asfaltado tricapa	P/E CORPAC
Galilea	Condorcanqui / Río Santiago	1 500 x 30	Sello asfáltico Bicapa	P/E CORPAC
Rodríguez de Mendoza	Rodríguez de Mendoza / Mariscal Benavides	1800 x 30	Asfalto	P/E CORPAC
Nuevo El Valor	Utcubamba / El Milagro	2000 x 30	Afirmado	P/E ESTADO

Fuente: MTC.

Cuadro 2.12
Centrales hidroeléctricas

Central	Empresa	Situación	Dist. / Prov.	Sistema	P. I. (MW)
El Muyo	Electro Oriente	Autorización	Aramango / Bagua	SSAA	5,67
Achamaqui	Electro Norte S.A.	Menor de 500 KW	Lonya Grande / Utcubamba	SSAA	0,08
Caclic	Electro Oriente	Autorización	Luya / Luya	SSAA	4,80
Leimebamba	Electro Norte S.A.	Menor de 500 KW	Leimebamba / Chachapoyas	SSAA	0,06

SSAA: Sistema aislado.

P.I.: Potencia instalada.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

Cuadro 2.13
Centrales térmicas

Central	Empresa	Situación	Dist. / Prov.	Sistema	P. I. (MW)
Estación 6	Petroperú Oleoducto	Autorización	Imaza / Bagua	SSAA	1,45
Bagua Chica	Electro Norte S.A.	Autorización	La Peca / Bagua	SSAA	0,98
Estación 7	Petroperú Oleoducto	Autorización	El Milagro / Utcubamba	SSAA	1,55
Utcubamba	Emp. Mun. Serv. Elect. Utcubamba	Autorización	Bagua Grande / Utcubamba	SSAA	0,85
Pomacochas	Electro Norte S.A.	Menor de 500 kw	Florida / Bongará	SSAA	0,10
Lamud	Electro Norte S.A.	Menor de 500 kw	San Cristóbal / Luya	SSAA	0,22
Chachapoyas	Electro Norte S.A.	Autorización	Chachapoyas / Chachapoyas	SSAA	1,40
Caballococha	Electro Oriente S.A.	Menor de 500 kw	Mariscal Castilla / Chachapoyas	SSAA	0,55
Leimebamba	Electro Norte S.A.	Menor de 500 kw	Leimebamba / Chachapoyas	SSAA	0,20

SSAA: Sistema aislado.

P.I.: Potencia instalada.

Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

Oleoducto Norperuano

El oleoducto Norperuano fue concebido y construido por considerarse la solución más eficiente al transporte del crudo (petróleo) desde la selva de Loreto hasta la costa (Paita).

En 1972 el gobierno peruano encargó al Ministerio de Energía y Minas a través de PETROPERÚ S.A., la actualización de los estudios y contratos requeridos para la construcción del Oleoducto Norperuano. Desde la estación 1 hasta el km 465 denominado sector Oriental fue construido por el consorcio Williams/Sedco/Horn (WSH); el sector Occidental que va desde el km 465 hasta el terminal de Bayóvar fue construido por la empresa argentina TECHINT.

Después de más de dos años de trabajos, el 31 de diciembre de 1976 la Estación 1 (San José de Saramuro) del oleoducto empezó a recibir petróleo de los yacimientos de PETROPERÚ S.A., llegando el primer frente de crudo al terminal de Bayóvar el 24 de mayo de 1977.

La construcción del oleoducto requirió una inversión de 671 millones de dólares, financiada con la cooperación de los gobiernos de Japón y la República Federal Alemana. Tiene 856 km de longitud en su tramo principal, que nace en San José de Saramuro, avanza en paralelo al río Marañón al cual cruza dos veces, atraviesa zonas de bosque y pantanos en la selva alta, asciende hasta los 2 400 m de altura en los Andes, luego desciende y cruza el desierto de Sechura, para finalmente llegar a la bahía de Bayóvar en Piura.

El tramo de oleoducto que atraviesa la región Amazonas pertenece al tramo II del oleoducto Norperuano, cuya longitud total es 548 km, constituidos por una tubería de 36" y de 200 MBD de capacidad, en este tramo se encuentran las estaciones de bombeo 6 y 7.

Posteriormente se construyó el Oleoducto Ramal Norte que va desde la Estación Andoas hasta la Estación 5. La construcción fue encargada a la empresa mexicana PROTEXA. Este oleoducto entró en operación el 24 de febrero de 1978 y transporta el crudo explotado en el lote 1AB.

CLIMA

Los climas identificados en la región Amazonas son:

- Frío y seco en altitudes medias superiores a 3 000 msnm en el sector sur de la región.
- Frío y nuboso en la parte suroriental, donde existen punas como la de Pishco Huánuna en los límites con la región de San Martín.
- Templado cálido, con alta humedad atmosférica y constante nubosidad en las partes altas de la cordillera El Cóndor y en relieves andinos del sur y sureste

- Templado y templado-cálido en los fondos interandinos del Marañón y Utcubamba.
- Tropical en el fondo del valle de los ríos Marañón y parte del Utcubamba.

En cuanto a las precipitaciones, se diferencian dos zonas marcadas: el sector selva, ubicado al norte de la región, donde las precipitaciones son abundantes y se producen durante todo el año y el sector interandino a suroeste de la región, donde las lluvias son más escasas; entre los meses de junio y agosto se producen sequías (Vargas, 2006).

En la zona de selva los mayores valores de precipitación se registran en las estaciones de San María de Nieva con 4 617 mm/año, Imacita con 3 013 mm/año, Chiriaco con 2 690.9 mm/año y Chinganaza con 2 680 mm/año. Los valores más bajos de la región se encuentran en el sector interandino, en las estaciones de Bagua Chica con 637,5 mm/año y Jumbilla con 670 mm/año. Según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), el comportamiento de la precipitación acumulada durante el Fenómeno de El Niño de 1997-1998 excedió ligeramente a sus normales mensuales acumuladas (INDECI, 2003) (Figura 2).

Las temperaturas promedio anual cálidas se registran en las estaciones de Bagua Chica (26,3 °C), Santa María de Nieva (25,4 °C), Chiriaco (24,9 °C), Imacita (24,7 °C) y Aramango (24,36 °C), mientras que las zonas menos cálidas corresponden a las estaciones de Jazán con 19,9 °C y Rodríguez de Mendoza con 19,2 °C. Por encima de 2000 msnm la temperatura es templada y se registra en las estaciones meteorológicas de Chachapoyas (14,7 °C) y Pomacochas (15,1 °C). Los meses de noviembre y diciembre presentan los valores más altos de temperaturas medias. Los valores de evapotranspiración potencial máximos se presentan entre los meses de octubre a diciembre y los valores más bajos entre junio y agosto. El valor total máximo anual de la evapotranspiración es 1 600 mm/año, registrado en la estación meteorológica de Bagua Chica y el valor mínimo es 700 mm/año registrado en la estación de Chachapoyas.

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Son espacios continentales y/o marinos del territorio nacional reconocidos, establecidos y protegidos legalmente por el Estado como tales debido a su importancia para la conservación de la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como por su contribución al desarrollo sostenible del país (INRENA, 2007).

Las áreas naturales protegidas son de gran importancia porque cumplen funciones tales como albergar diversos recursos naturales, regular el clima, producir biomasa, controlar los ecosistemas y hábitat, entre otras.

Los espacios o áreas naturales protegidas dentro de la región Amazonas son las Zonas Reservadas de Santiago-Comaina y Cordillera de Colán.

Las zonas reservadas son áreas que se establecen de forma transitoria porque reúnen condiciones para ser consideradas como áreas naturales protegidas, pero requieren de estudios complementarios para determinar, entre otras cosas, su extensión y categoría. Las zonas reservadas también forman parte del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE) (<<http://www.inrena.gob.pe>>).

La Zona Reservada Cordillera de Colán

Creada mediante Resolución Ministerial N.º 0213-002-AG del año 2002. Alcanza una extensión de 64 114,74 has. Está ubicada entre los ríos Utcubamba y Chiriaco, en los distritos de Imaza, Aramango y Copallín de la provincia de Bagua y el distrito de Cajaruro en la provincia de Utcubamba. Esta zona comprende una pequeña parte de la cordillera de Colán, la cual es uno de los ramales semiaislados de la cordillera Oriental de los Andes peruanos.

Los objetivos principales de esta zona reservada son proteger los bosques de neblina, la flora y fauna que los habitan (muchos de ellos especies endémicas y/o amenazadas), proteger las cuencas medias y bajas de los ríos Shushug y Chiriaco; además de su importancia como depositaria de bosques, flora y fauna; es también importante su capacidad generadora y reguladora de agua para las partes bajas.

La Zona Reservada Santiago-Comaina

Establecida en 1999 mediante Decreto Supremo N.º 005-99-AG, cuenta con una superficie de 863 277 hectáreas y se encuentra ubicada en la provincia de Condorcanqui.

El principal objetivo de su creación es conservar su integridad geográfica debido a que en ella se presenta una armoniosa relación entre el hombre y la naturaleza, albergando significativos valores biológicos, paisajísticos y culturales.

En esta zona reservada se encuentran comunidades nativas de aguarunas y huambisas, ancestrales pobladores de la región, distribuidos a lo largo de los ríos Cenepa, Marañón, Nieva y Santiago.

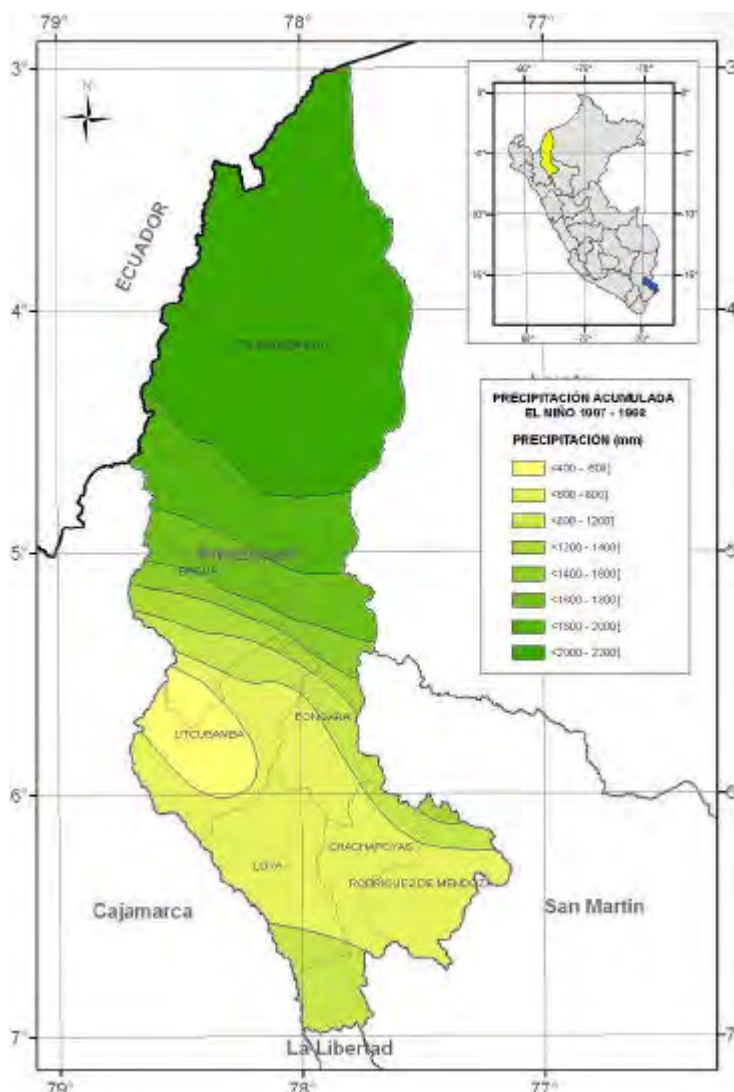


Figura 2.1 Mapa de precipitaciones acumuladas durante el Fenómeno de El Niño de 1997-1998.

Fuente: SENAMHI.

COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELOS

Para el presente trabajo se consideró como base el mapa de vegetación (Mapa 2) elaborado por la Gerencia de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente del Gobierno Regional de Amazonas y el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (Zonificación Ecológica y Económica de la Región Amazonas), donde se caracterizan las siguientes unidades basadas en las interrelaciones con el relieve, altitud, el clima y las actividades humanas:

Bosques sucesionales en terrazas bajas: Comunidades boscosas localizadas en ambas márgenes del río Santiago y afluentes. Ocupan los relieves planos expuestos a las inundaciones periódicas estacionales, generalmente de corta duración; son suelos recientes. La fisonomía y estructura corresponde a fases de la dinámica sucesional, desde formas pioneras o colonizadoras herbáceas a arbustivas y árboles.

Bosques frondosos en terrazas altas: Ocupan los terrenos altos planos o casi planos, a ambos lados y encima de 5 a 10 m del nivel del río en los valles del Domingaza y Santiago, en la desembocadura del río Marañón; como una secuencia de mayor edad o madura de la vegetación de planicies intermontanas, hasta los 350 msnm. Los suelos son aluviales recientes y con buen drenaje.

Bosques mixtos con árboles y palmeras en valles intramontanos: Ubicados principalmente a ambos lados del río Cenepa, conformando un amplio sistema de valles interandinos; al norte del río Santiago. Ocupan los terrenos con suelos aluviales recientes expuesto a la inundación de corta duración a efímera.

Bosques pantanosos de palmeras con dominancia de *Mauritia flexuosa*: Ubicación lateral en el sector del curso medio del río Santiago, sobre los terrenos planos ondulados a depresionados, expuestos al hidrometamorfismo por el anegamiento o régimen pantanoso.

Comunidades pantanosas mixtas: Ubicadas entre las comunidades de palmeras, en ambas márgenes del río Santiago, ocupando los terrenos depresionados pantanosos. Las especies de plantas están adaptadas al hidromorfismo. En el sustrato de anegamiento permanente, las formas vegetales desarrollan raíces adventicias tipo zancos y follaje ligeramente esclerófilo.

Bosques andinos con árboles medianos y grandes en montañas altas: Ubicadas hacia las cumbres de la cordillera del Cóndor en sus extremos sur y suroeste, en las laderas altas del Utcubamba, Chachapoyas y Rodríguez de Mendoza. Ocupan las laderas encima de 2500 msnm, con relieve muy accidentado, y sectores con sustratos rocosos recubiertos.

La fisonomía corresponde a formas de arbolillos de 8 a 15 m de alto en las partes bajas, dispersos; entre 5 a 8 m en las partes altas, contrastando con los matorrales y asociaciones de herbáceos.

Bosques subandinos de montañas altas empinadas: Ocupan el sector norte de la cordillera El Cóndor, pasando por la parte media del Pongo de Rentema, siguiendo las zonas altas de las provincias de Bagua, Utcubamba, Bongará, Chachapoyas y Rodríguez de Mendoza. Se complementa con remanentes de bosques en las partes altas de las provincias de Utcubamba, Luya y Chachapoyas, sobre unidades fisiográficas de montañas del macizo oriental, con diferentes categorías de pendientes, desde empinadas hasta extremadamente empinadas (escarpes), que superan el 50 % de pendiente, con altitudes que pueden llegar a 3 200 msnm. Es suelo relativamente superficial, con algunos afloramientos líticos y otros factores más que hace que se presenten diferentes tipos de cobertura vegetal. Tiene una base local sobre los 800 m de altura pero puede alcanzar hasta altitudes de 3200 msnm, vale decir desde la selva alta hasta la ceja de selva.

En las partes bajas, la fisonomía es de árboles con copas amplias y densas que alcanzan los 20 m de alto, troncos de fustes rectos, cilíndricos, gruesos; en las partes altas los árboles son achaparrados, con troncos deformes, retorcidos, copas pequeñas a medianas y con raíces superficiales, con abundancia de musgos y epífitas. Se asocian helechos arbóreos, matorrales y herbáceas.

Bosques subandinos con árboles medianos y grandes en montañas bajas: Corresponde al piedemonte y la parte inferior del macizo oriental andino entre 400 a 800 msnm con alta humedad. La fisonomía de los árboles es de 30 m de alto, con troncos rectos en su mayoría. En el estrato medio e inferior se registra alta diversidad de especies con diferentes formas vegetales, árboles medianos a arbolillos, arbustos, herbáceas, palmeras, helechos y bejucos, y enredaderas.

Bosques subandinos con árboles grandes y dispersos en colinas altas: Están ubicados en sectores que corresponden al piedemonte, en una franja encima de 600 msnm y debajo de 850 msnm; es decir encima de las colinas bajas y pendientes mayores al 50%. Limitan los valles entre el río Santiago, la cuenca baja del río Cenepa, y entre el río Marañón y el río Nieva.

La fisonomía es arbórea, con arquitectura y composición heterogénea, con dosel superior abierto que alcanza 35 m de alto; árboles de copas amplias y medianas, y troncos rectos.

Bosques densos subandinos con árboles grandes y medianos en colinas bajas: Corresponde a una continuidad de las terrazas en el sector norte, debajo de 650 msnm, en ambas márgenes de los ríos Santiago, Marañón y Nieva. Ocupan los relieves colinosos con disecciones que determinan pendientes de 50% y con alturas sobre el nivel local de 20 a 80 m. La fisonomía es arbórea, con estructura de árboles rectos que alcanzan los 30 m de alto.

Bosques subandinos con palmeras de *Ceroxylon*: Cubren las cimas, laderas poco empinadas y pequeñas explanadas de las montañas altas entre los 2 000 y 3 000 msnm, ubicadas en el trayecto de Molinopampa a Rodríguez de Mendoza, incluye los centros poblados de San José, Gualimita, Ocol, Chilcabrava e Izcuchaca. La fisonomía y composición dominante dependen de la población de palmeras *Ceroxylon sp.*, con dosel que alcanza y sobrepasa 25 m de alto.

Bosques esclerófilos intermontanos del Marañón: Comprenden un parche ubicado en la margen derecha del río Nieva, cerca de la carretera Uracuzá-Saramirza. Ocupan los terrenos planos con suelo conformados por arena gris-blanquecina, con dificultades de drenaje, que originan una comunidad leñosa escleromórfica denominada varillales. La fisonomía precisamente es de varillales con árboles de troncos delgados y erguidos, menores de 10 m de alto.

Comunidades altoandinas mixtas de matorrales, herbazales y pajonales: Corresponde a los pajonales altoandinos y matorrales dispersos con fisonomía de jalca y con semejanza de puna, sin embargo más húmeda. Es considerada fase vegetacional de transición entre la puna del sur y el páramo del norte.

Están ubicadas en las partes altas de las montañas andinas, entre 3 350 y debajo de 3 700 msnm, en el sector sur límite con San Martín, en el sector de Luya Vieja y entre Chachapoyas y Molinopampa. La fisonomía es arbustiva hasta de 4 m de alto, formando bosquetes dispersos por condiciones de microclimas, asociadas a un estrato herbáceo denso y compacto que conforman los pajonales altoandinos.

Bosques con árboles medianos de montañas bajas subandinas orientales: Corresponden a la zona de vida de bosque muy húmedo montano bajo tropical. La riqueza florística se incrementa entre 2 550 y 2 750 msnm.

La fisonomía corresponde a los matorrales de las cimas rocosas. En los sectores o parches con menores pendientes, los bosques se hacen más vigorosos y se registra *Cedrela montana* con alturas mayores de 20 m. Todas las especies leñosas son muy ramificadas, con abundancia de epifitos de líquenes, helechos, orquídeas, bromeliáceas y otras.

Comunidades puras de herbáceos o pajonales: Comprenden las comunidades pluviales de las cimas de montañas con fisonomía herbácea y de pajonales encima de los 3350 msnm.

Corresponden a comunidades transicionales entre la jalca del norte peruano y los páramos de Ecuador y Colombia. Actualmente están expuestas a pastoreo intensivo y barbechos para mejoramiento de forrajes.

Comunidades dispersas de árboles suculentos y espinosos: Se localiza a lo largo del curso superior del río Marañón, en el flanco del lado derecho del recorrido sur a norte, sobre las formaciones geológicas de rocas con esquistos y gneis, hasta las inmediaciones de Collonge, y debajo de 1 500 msnm.

La fisonomía es de una comunidad mixta de árboles y matorrales muy dispersos, caducifolios, estacionalmente con herbáceos de

poáceas abocetadas. Los árboles son bajos, menores de 10 m de alto, con troncos robustos tortuosos, muy leñosos o suculentos, y cactáceas columnares en candelabro de 4 a 6 m de alto. Los matorrales son formas arbustivas muy leñosas, dispersas de manera similar, espinosas y suculentas, menores de 5 m de alto, y hierbas calveras en la estación seca.

Matorrales dispersos y espinosos en montañas del Marañón Occidental: Se localizan en la amplitud del recorrido del Marañón de sur a norte desde Yomblón hasta Lonya Grande, y en un sector del asa norte entre las localidades de Cumba y Corral Quemado, en altitudes que varían de sur a norte de 900 a 400 msnm de las montañas estructurales andinas.

Matorrales y árboles dispersos semisecos de montañas: Ubicados en el flanco derecho del río Marañón, de sur a norte. Ocupan el dominio del complejo del Marañón de esquistos y gneis.

La vegetación presenta follaje semicaducifolio y caducifolio, con hierbas anuales. La fisonomía es de dominio de matorrales de 2 a 4 m de alto y árboles dispersos de 5 a 10 m alto.

Centros poblados: Se trata de áreas donde la densidad de la población es alta y predominan fundamentalmente la industria y los servicios, por ejemplo, las ciudades de Chachapoyas, Bagua Grande, Bagua, Santa María de Nieva, entre otras.

Cuerpos de agua: Son lagunas y cauces de los ríos; son ejemplos el cauce del río Marañón y la laguna Pomacochas.

Áreas intervenidas: centros de expansión urbano rural: Comprende el sector andino y andino amazónico de la región Amazonas; ocupada aproximadamente desde hace dos siglos por la cultura mestiza hispana, tomando como centros de expansión las localidades de Chachapoyas, Luya y Lamud. Similarmente, los bosques montanos bajos de Molinopampa y los bosques de Rodríguez de Mendoza tienen alrededor de un siglo de ocupación.

En tanto que los bosques del sector norte del río Marañón, desde el Pongo de Rentema hasta el Pongo de Manseriche en el Campanquiz, tienen menos de 60 años de ocupación. Estos contrastes se deben tomar en consideración al evaluar el estado actual de las comunidades vegetales en esos espacios territoriales.

CAPÍTULO III

ASPECTOS LITOLÓGICOS-ESTRUCTURALES

ASPECTOS LITOLÓGICOS

Generalidades

El mapa litológico-estructural (Mapa 1) fue elaborado en base a los estudios del levantamiento geológico de la Carta Geológica Nacional a escala 1:100 000, realizados en la región Amazonas por la Dirección de Geología Regional del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), cuya información se encuentra publicada en nueve boletines de la serie A.

Durante los trabajos de gabinete se realizó la interpretación de imágenes satelitales Landsat TM, y con apoyo de las fotos aéreas se revisó la geología de la zona de estudio, y posteriormente se verificó en campo.

Las unidades litológicas fueron diferenciadas tomando en cuenta la similitud litológica (no se considera la edad de la formación geológica), las propiedades geotécnicas de las rocas y los suelos, el grado de fracturamiento, el grado de meteorización y la resistencia a la erosión. (Zavala y Vilchez, 2005)

Tomando en cuenta los parámetros mencionados líneas arriba, los suelos y las rocas se agruparon en dos grandes unidades:

- Depósitos inconsolidados.
- Unidades del substrato rocoso.

Depósitos inconsolidados (I)

Esta unidad agrupa a los depósitos poco o nada coherentes, de extensión y grosor variables, conformados por materiales de litología heterogénea y heterométrica, depositados desde el Pleistoceno hasta la actualidad, agrupados en función de su origen.

En la región Amazonas se han diferenciado cinco tipos de materiales no consolidados que son producto de la meteorización, erosión y posterior acumulación. Presentan morfologías que van desde planas y plano-onduladas hasta acumulaciones de piedemonte con cierto declive. Se han denominado como la unidad I, la cual puede estar acompañada de un número, por ejemplo: I-1, que indica la clase de depósito.

De acuerdo a su origen se clasifican en:

Depósitos fluviales (I-1)

Están conformados por los materiales ubicados en el lecho y la desembocadura de los ríos y/o quebradas, las terrazas bajas inundables y la llanura de inundación. Son depósitos heterométricos, que están constituidos por bloques, cantos y gravas subredondeadas en matriz arenosa o limosa, mezcla de lentes arenosos y areno-limosos; se presentan inconsolidados o poco consolidados hasta sueltos, fácilmente removibles; su permeabilidad es alta (Foto 3.1).

Geomorfológicamente están asociados principalmente a las llanuras de inundación, y son susceptibles a la erosión fluvial y las inundaciones periódicas.

Depósitos aluviales-proluviales (I-2)

Constituidos por materiales ubicados en los flancos de los valles y las quebradas tributarias; están compuestos por depósitos semiconsolidados, algunos de ellos presentan cierto grado de consolidación y son erosionados por los cauces actuales. Están formados por clastos de tamaño heterogéneo como: bloques y gravas de formas redondeadas a subredondeadas, que ocasionalmente se intercalan con lentes arenosos y limoarenosos, con regular a buena selección, localizándose niveles y estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial (Foto 3.2). Su permeabilidad es media a alta.

Geomorfológicamente se asocian principalmente a las planicies aluviales o terrazas altas, y planicies aluviales con bofedales; susceptibles a la erosión fluvial (socavamiento de terrazas), algunos derrumbes y hasta deslizamientos cuando conforman márgenes de ríos y quebradas.

Depósitos glaciales (I-3)

Los depósitos glaciales están representados principalmente por acumulaciones de morrenas, compuestas por clastos angulosos a subredondeados, en una matriz arenosa y limoarcillosa; son poco compactos y forman crestas y lomadas alargadas. Se encuentran distribuidos en zonas de frente glacial a lo largo de la cordillera Oriental.



Foto 3.1.- Depósito fluvial ubicado en la quebrada Chocahuayco, sector de Chuquibamba. Se observa grandes bloques (bolones) de 2 a 3 m de diámetro, cantos y gravas.



Foto 3.2.- Depósito aluvial compuesto por limos y arcillas ubicado en la margen izquierda del río Chiriaco, en el barrio Tubikai.

Depósitos glaciofluviales (I-4)

Los depósitos glaciofluviales están representados por los materiales ubicados en la parte alta de la Cordillera Oriental, donde la actividad de las masas glaciares da lugar a la acumulación de morrenas de modo restringido. Están compuestos por material heterométrico, de gravas subredondeadas, en matriz arenolimsa, de profundidad y permeabilidad variable y medianamente compactos. Han sufrido removilización por acción fluvial. (Sánchez, 1995).

Depósitos coluvio-deluviales (I-5)

Los depósitos coluviales o de caída se originan por deslizamientos, derrumbes y movimientos complejos; generalmente están formados por material detrítico subanguloso, distribuido en escasa matriz limoarcillosa y arenosa; constituyen talús de escombros, detritos de ladera, piedemonte y se les encuentra en las laderas de valles y al pie de barrancos escarpados (Cerrón et al., 1998).

Los depósitos deluviales generalmente están asociados a flujos no canalizados y a movimientos complejos (derrumbes o deslizamientos-flujos) que originan pequeños abanicos en su pie; se encuentran ubicados al pie de laderas y formando pequeños abanicos en su confluencia con los valles principales.

Geomorfológicamente están asociados a las unidades de depósitos de vertiente, depósitos de deslizamientos y abanicos deluvio-coluviales.

Unidades del substrato rocoso

Estas unidades han sido diferenciadas y las diferentes litologías se agruparon según su naturaleza en:

- Rocas intrusivas (II).
- Rocas volcánicas (III).
- Rocas volcánico-sedimentarias (IV).
- Rocas sedimentarias (V).
- Rocas metamórficas (VI).

Cada símbolo puede estar acompañado de un número, el cual indica el tipo de litología que la compone.

ROCAS INTRUSIVAS (II)

Las rocas ígneas intrusivas que afloran en la región son parte del lineamiento de cuerpos intrusivos que se extienden de manera discontinua a lo largo de la cordillera del Cóndor, prolongándose al oriente ecuatoriano. Litológicamente están compuestas por dioritas, tonalitas y granodioritas, y en menor proporción por granitos. Presentan morfología elevada, abrupta a irregular, en algunos casos de difícil acceso debido al abundante suelo y vegetación (Cerrón et al., 1998).

Estas rocas de acuerdo a su morfología, litología, grado de fracturamiento, meteorización e intensidad de erosión, son susceptibles a determinados procesos de movimientos en masa (caída de rocas, derrumbes, reptación y erosión de laderas). Las rocas ígneas intrusivas que afloran en la región Amazonas han sido divididas en cuatro subunidades, de acuerdo a su composición.

Granitos y monzogranitos (II-1)

Afloramientos de topografía moderada a fuerte; como el plutón de Plazapampa-Cocabamba y el granito de Querobamba que aflora en el sector suroccidental del cuadrángulo de Aramango.

Tonalitas y granodioritas (II-2)

Afloramientos de topografía moderada a manera de plutones (El Lavador, Corralen, San Antonio, Tizango) y batolitos (Batolito del Cóndor), conformados en general por cuerpos tonalíticos, granodioríticos y dioríticos afectados por procesos de meteorización; con amplia distribución en el sector noroccidental de la región Amazonas.

Pórfidos (II-3)

Constituidos por afloramientos de rocas de color gris verdoso, fuertemente alterados, con mineralización secundaria de epidota y clorita.

Grabros y dioritas (II-4)

Constituidos por afloramientos de dimensiones menores a las anteriores. Afloran de manera aislada y dispersa, como la diorita mesócrata de grano medio que aflora a lo largo del camino de Choctamal-Tribulon en las nacientes del río Balsahuayco.

ROCAS VOLCÁNICAS (III)

Esta unidad consiste en una reducida exposición de rocas volcánicas constituidas por una secuencia de tobas y otras lávicas y piroclásticas. Su distribución es aislada y dispersa, y sus afloramientos son pequeños.

Secuencias lávicas y piroclásticas (III-2)

Este subgrupo está representado por: **a)** la Formación Porculla del Grupo Calipuy, constituida por una secuencia de tobas andesíticas y riolíticas con intercalaciones de andesitas, donde los piroclásticos son generalmente más abundantes que los derrames; constituyen planicies mas o menos extensas, limitadas por escarpas pronunciadas; **b)** la Formación Oyotún, constituida por lavas andesíticas afaníticas de color gris a verde oscuro, con intercalaciones de brechas volcánicas en bancos gruesos, con clastos subangulosos a subredondeados con matriz litoclástica; y

c) la Formación Lavasen, constituida por una secuencia de rocas volcánicas con intercalaciones de rocas piroclásticas, brechas, cuerpos subvolcánicos y algunas lavas porfíricas.

Los movimientos en masa vinculados a este subgrupo son pocos ya que la extensión de sus afloramientos son reducidos.

ROCAS VOLCÁNICO-SEDIMENTARIAS (IV)

Esta unidad está conformada por: **a)** el Grupo Mitu, constituido por rocas clásticas continentales que ocurren en estratos medianos a gruesos, resistentes a la erosión, cuyos componentes líticos más comunes son: areniscas, lodolitas y conglomerados polimícticos, con presencia de rocas volcánicas piroclásticas y brechas polimícticas bien cementadas (Foto 3.3); y **b)** el Grupo Quilmaná, constituido por rocas volcánico sedimentarias intercaladas con lutitas, lutitas pizarrosas, calizas, limolitas y areniscas.

Las secuencias volcánico-sedimentarias forman montañas y colinas de moderada a fuerte pendiente; sus valores de resistencia a la compresión son variables por encontrarse constituidos por diferentes litologías, así como su susceptibilidad a los movimientos en masa. Son susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes de grandes magnitudes.

ROCAS SEDIMENTARIAS (V)

Las rocas sedimentarias tienen amplia distribución pues se encuentran en los sectores este, noroeste y suroeste de la región Amazonas. Generalmente se presentan estructuralmente plegadas y falladas. Esta unidad ha sido dividida en seis subunidades, tomando en cuenta la litología predominante en cada una de ellas.

Calizas, calizas y margas (V-1)

Esta subunidad está constituida por secuencias de calizas intercaladas con nódulos de chert, calizas micríticas y biomicríticas, calizas y limoarcillitas; calizas micríticas y bioclásticas intercaladas con lutitas y areniscas; calizas limoarcillíticas y biomicríticas, calizas cremas a gris claras intercaladas con margas, esquistos margosos y arcillosos, y areniscas; calizas, margas beige intercaladas con limoarcillitas, calizas gris oscuras bituminosas con limoarcillitas; lutitas, margas y calizas; margas intercaladas con limoarcillitas grises y calizas nodulares; margas y lutitas interestratificadas con algunas calizas y areniscas gris claras; calizas finas micríticas y biomicríticas de color gris claro con intercalaciones de calizas arcillíticas. Dentro de esta subunidad se considera a los Grupos Pucará (con sus Formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga); Copacabana y Pulluicana, y a las Formaciones: Chulec, Pariatambo, Crisnejas, Celendín, Cajaruro y Cajamarca (Foto 3.4 y 3.5).



Foto 3.3.- Afloramiento rocoso del Grupo Mitu, constituido por bancos potentes de areniscas rojizas y pequeños bancos de lodolitas. Está ubicado en la localidad de Balsas.



Foto 3.4.- Afloramiento potente de calizas en la provincia de Luya con intercalaciones de lutitas. Pertenece a la formación Condorsinga.

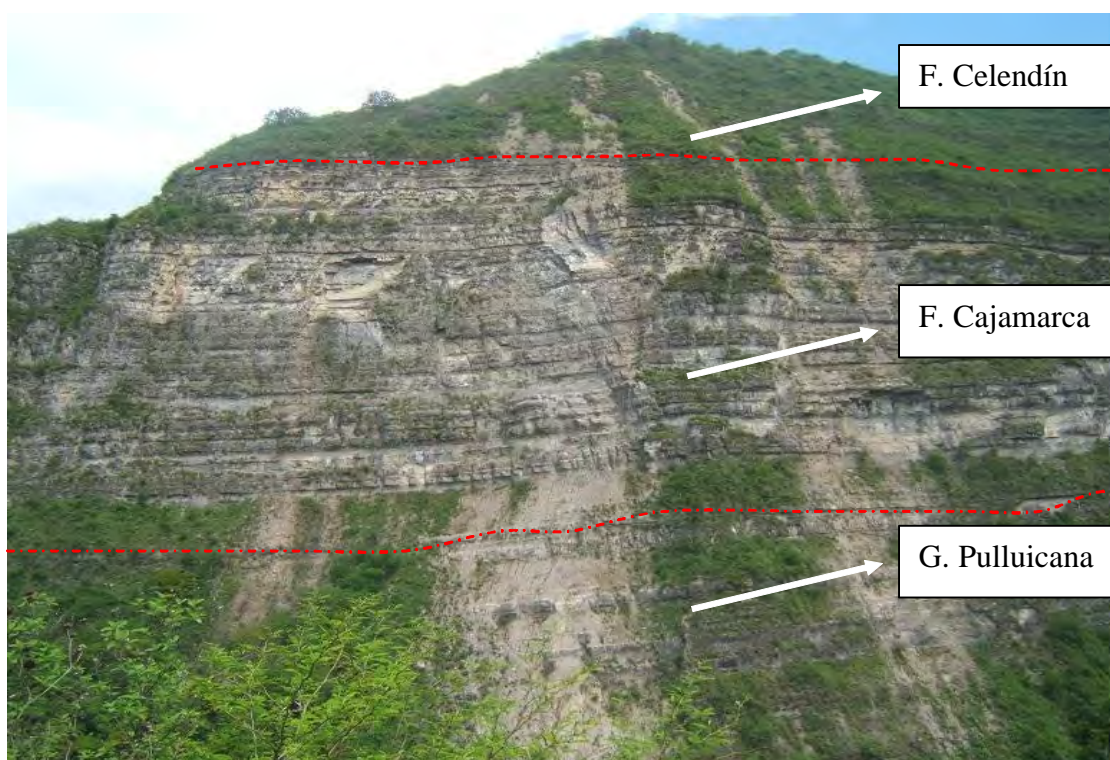


Foto 3.5.- Afloramiento de las Formaciones Celendín y Cajamarca y el grupo Pulluicana en la margen derecha del río Magunchal (Bagua Grande).

En esta subunidad se presentan efectos de disolución de carbonatos, con la formación de dolinas y cavernas como las de Quiocta, Vaquin, Lemchada, entre otros. Además, esta subunidad es susceptible a la ocurrencia de caída de rocas y hundimientos.

Areniscas y lutitas (V-2)

Esta subunidad está constituida por secuencias de areniscas cuarzosas con algunas intercalaciones de lutitas y limoarcillitas, areniscas de grano fino intercaladas con limoarcillitas y limolitas, areniscas cuarzosas esporádicamente intercaladas con capas de limoarcillitas y limolitas; areniscas cuarzosas con capas de limolitas y limoarcillitas; areniscas cuarzosas con algunas intercalaciones de limolitas y lutitas; lutitas pizarrosas con algunas cuarcitas y calizas metamorizadas; areniscas cuarzosas de grano fino, con niveles de arcillitas rojas. Dentro de esta subunidad se consideran a: los Grupos Oriente (con sus Formaciones Cushabatay, Esperanza y Aguas Calientes), Goyllarisquiza y Ambo; y las Formaciones: Contaya y Puquín. Esta subunidad es susceptible a la ocurrencia de caída de rocas.

Areniscas, limoarcillitas y lodolitas (V-3)

Esta subunidad está constituida por lodolitas, limolitas y areniscas rojas intercaladas en estratos medios; areniscas cuarzosas separadas por delgadas capas de limoarcillitas, lodolitas, limolitas y areniscas rojas; areniscas rojizas a pardo amarillentas, con limolitas y lutitas. Dentro de esta subunidad se encuentran las Formaciones Sarayaquillo, Vivian, Ipururo y Nieva. Esta subunidad es susceptible a la ocurrencia de derrumbes.

Lodolitas y limolitas rojas (V-4)

Esta subunidad está constituida por lodolitas, limolitas y areniscas rojas; lutitas rojas intercaladas con limos; limolitas y lutitas grises a rojizas alternadas con areniscas feldespáticas y margas. Dentro de esta subunidad se considera al Grupo Huayabamba y las Formaciones Yahuarango y Cercapuquio. Las rocas agrupadas en esta unidad son más deleznales que las rocas de la subunidad V-3 cuando están saturadas de agua. Esta subunidad es susceptible a la ocurrencia de derrumbes.

Lutitas (V-5)

Esta subunidad está constituida mayormente por lutitas gris oscuras de aspecto bituminoso carbonosas con intercalaciones de pocas areniscas finas y limolitas; secuencia de lutitas rojas y limolitas grises; y lutitas limosas rojas con intercalaciones de areniscas finas. Las Formaciones que pertenecen a esta subunidad son Cachiyacu y Huchpayacu, y el Grupo Chiriaco. Esta subunidad es susceptible a la ocurrencia de derrumbes.

Conglomerados, areniscas, lodolitas y lutitas (V-6)

Esta subunidad está constituida por conglomerados gruesos con intercalaciones de areniscas y lutitas abigarradas; conglomerados, areniscas y lodolitas rojas; secuencias de brechas y brechas conglomerádicas; conglomerados y areniscas líticas semiconsolidadas; lodolitas y areniscas color rojizas a verdosas; areniscas rojas, margas, lodolitas y conglomerados de color rojo. Dentro de esta subunidad se agrupan las Formaciones: Bellavista, El Milagro, Corontochaca, Inguillpata, Chota y Chambira (Foto 3.6 y 3.7). Esta subunidad es susceptible principalmente a la erosión de ladera (cárcava).

Domo de sal (V-7)

Según Cerrón et al. (1998), en el sector sur del cuadrángulo de Cachiyacu, dentro de la cadena subandina, existe una estructura con relieve resaltante —que posiblemente corresponda a un domo salino, que sobresale como un promontorio alargado y semicircular. Otro ejemplo se encuentra en el cuadrángulo de Jiménez Banda, en la margen izquierda del río Cenepa y corresponde a una forma semicircular cómica. Quispesivana y Zárate (1999) consideran que está constituido por yeso, anhidrita mezclada con lodolitas y limolitas rojizas. Esta subunidad es susceptible a la erosión de laderas.

ROCAS METAMÓRFICAS (VI)

Expuestas en el sector central y suroccidental de la región Amazonas, conformadas por extensos afloramientos del Complejo Maraón con orientación NO-SE. Esta unidad ha sido dividida en dos subunidades:

Esquistos y micaesquistos (VI-1)

Conforman un relieve accidentado e irregular, con abundante material de escombros en los flancos y laderas. Litológicamente son micaesquistos y esquistos de coloraciones verdes y grises, con vetas de cuarzo (Foto 3.8). Tienen alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa pues sufren derrumbes, deslizamientos, flujos y reptación.

Gneis (VI-2)

Se encuentra en una franja irregular dentro de la cuenca del Maraón, en el cuadrángulo de Leimebamba. Presenta esquistosidad con orientación variable, siendo las tendencias predominantes los bandamientos N 20° a 40° O y N 80° O. Esta unidad es susceptible a la caída de rocas.



Foto 3.6.- Secuencia conglomerádica (aprovechada como áridos de construcción) cubierta por material limoso, perteneciente a la formación El Milagro y ubicada en el sector del mismo nombre en la provincia de Bagua.



Foto 3.7.- Afloramiento de conglomerados con intercalaciones de areniscas líticas correspondientes a la formación Inguillpata. Foto tomada en el sector de Cuemal, provincia de Chachapoyas.



Foto 3.8.- Afloramiento de esquistos cubierto por la vegetación. Pertenecce al Complejo Maraón y está ubicado en el distrito de Camporredondo, provincia de Luya

ASPECTOS ESTRUCTURALES

Las estructuras dentro de la región Amazonas han desempeñado un rol importante en el desarrollo de la morfología actual y en épocas pasadas controlaron la sedimentación y la deformación de las secuencias sedimentarias (Foto 3.9), especialmente de las rocas mesozoicas que constituyen la cobertura deformable (Quispesivana, 1996).

Sánchez (1995), Quispesivana (1996), Quispesivana et al. (1997), Castro (inédito) y otros han determinado la existencia de zonas de pliegues (sinclinales y anticlinales) y fallas como:

PLIEGUES

Sinclinal del valle Utcubamba

Su desarrollo ocurrió en la cuenca interandina de Bagua. Se constituyó sobre rocas esencialmente cretáceas y esporádicamente afectó a las rocas paleógenas. El flanco occidental de este sinclinal presenta rumbo andino y buzamiento 20° a 30° NE y el flanco oriental buza hacia el NO. El eje de este sinclinal posiblemente sea el curso del río Utcubamba y afecte a las rocas de las Formaciones El Milagro y Chota

Sinclinal del valle Pomacochas

Esta estructura se desarrolló en secuencias de calizas y limoarcillitas calcáreas de la formación Chulec. Sobre el eje se emplaza la laguna de Pomacochas que se formó como consecuencia de la

subsistencia producida cuando se inclinaron los estratos de manera convergente. Esta deformación tiene flancos suaves a moderados y es evidente por el uso que los pobladores dan a las laderas.

Sinclinal del valle de Huamanpata

Ha sido una de las estructuras más estudiadas pues se ha recabado bastante información acerca del tipo de comportamiento y su origen que estuvo asociado a fallamientos inversos. Está considerado como un pliegue amplio que se aprieta hacia los flancos y su desarrollo estuvo ligado a materiales calcáreos de la formación Chonta.

Sinclinal del valle de Tonchima

Su origen está asociado a las últimas etapas del levantamiento de la cordillera Subandina (fase Quechua). Esta deformación se ha desarrollado en secuencias de calizas y limoarcillitas calcáreas de la formación Chonta y secuencias clásticas del Grupo Oriente. Sobre su eje se emplazan las capas rojas de las Formaciones Yahuarango y Chambira, que son los principales responsables del flexuramiento de la estructura. Presenta pliegues asimétricos y ligeramente amplios, con buzamientos que van en dirección del río Tonchima. Sus flancos son apretados, es por ello que presenta fuertes pendientes en la cima de las montañas que convergen. Se localiza dentro de los centros poblados Vista Alegre y Galilea

Sinclinal y anticlinal de la cordillera del Cóndor

Se manifiestan a lo largo de la cordillera del Cóndor-Huaracayo y son cortados por los ríos Cenepa, Maraón y Putushim y Cangaza

(tributarios del Santiago). Corresponden a estructuras de pliegues apretados en los flancos y asimétricos, y se muestran en formas de franjas alargadas convexas y cóncavas. La estructura sinclinal se originó como respuesta a la deformación anticlinal, casi en el mismo periodo de ocurrencia de los esfuerzos compresivos producidos durante el levantamiento de las rocas precambrianas (Complejo Marañón).

FALLAS

El estudio realizado por Sánchez (1995) menciona fallas importantes de carácter regional y local que afectaron a las secuencias paleozoicas y cenozoicas. Las fallas han incidido notablemente en la morfología actual, y las más comunes son del tipo inversas y normales de fuerte buzamiento, y de extensión regional. También

se encuentran algunas de menor longitud con desplazamiento a lo largo del rumbo. Las fallas se pueden agrupar en dos sistemas, según su orientación; el más importante es el sistema NO-SE y el menos desarrollado es el sistema NE-SO.

La falla Shitari, considerada como activa, está en el límite de la Cordillera Oriental y la zona subandina (Macharé et al., 1997). Esta falla tiene dirección NNW.

La actividad sísmica asociada a la presencia de la falla influye en la geodinámica externa de la zona, ya que como resultado se producen algunos eventos como deslizamientos, derrumbes, caídas de roca, entre otros. Afecta de manera directa a la morfología del terreno y la estabilidad de los taludes de carreteras, canales y otros.



Foto 3.9.- Vista hacia el Sur desde la fortaleza Kuélap. Se observa la deformación que han sufrido las calizas del grupo Pucará. Vista del cerro Vista Alegre, en la margen izquierda del río Mangalta.

CAPÍTULO IV

HIDROGRAFÍA SUPERFICIAL

GENERALIDADES

Este capítulo se basa en la información proporcionada por la Gerencia de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente del Gobierno Regional de Amazonas.

La red hidrográfica de la región está constituida por un sector de la cuenca del río Alto Marañón, siendo sus afluentes principales por la margen izquierda los ríos Cenepa y Santiago y por la margen derecha los ríos de las cuencas Utcubamba, Imaza y Nieva.

Además, un pequeño sector de la cuenca del río Mayo y de la cuenca del Huallabamba pertenece a la región Amazonas, cuyas aguas drenan a la región San Martín y se originan en el flanco Subandino; entre ellos están los ríos San Antonio, Ventilla, Huambo, etc. En la Cuadro 4.1 se presentan las áreas de las cuencas hidrográficas que pertenecen a la región Amazonas.

Cuadro 4.1
Cuencas hidrográficas pertenecientes a la región Amazonas

Cuencas	Hectáreas	Área (%)
Cenepa	660 409	17
Santiago	807 694	21
Alto Marañón	772 666	20
Nieva	356 161	9
Imaza	356 113	9
Utcubamba	676 697	17
Mayo	86 840	2
Huallabamba	185 705	5

Fuente: Calculado en base a la división de cuencas hecha por INRENA.

DESCRIPCIÓN DE RÍOS PRINCIPALES

Río Marañón

El río Marañón tiene su origen al noroeste del Nudo de Pasco, en el flanco septentrional del nevado de Raura, en la cordillera de Huayhuash, a más de 5 800 msnm de altitud. Recibe en sus orígenes los desagües (aguas) de las lagunas Niñococha, Santa Ana y Lauricocha (Huánuco), además de los deshielos del nevado Matador. En este río distinguimos dos secciones:

a. El Alto Marañón

Es parte del río Marañón, comprende desde el nevado de Raura (naciente) hasta el Pongo de Manseriche (ubicado en el límite entre las regiones Amazonas y Loreto). Se caracteriza por presentar un cauce estrecho, profundo, con declive muy acentuado, caudal turbulento, especialmente en época de creciente. También sirve como límite regional en algunos sectores (Foto 4.1).

El Alto Marañón tiene un curso orientado de Sudeste a Noroeste, entre las cadenas Occidental y Central de los Andes del Norte, hasta el pongo de Rentema. Al cruzar este pongo, su curso discurre entre las cadenas Central y Oriental de los Andes del Norte, en dirección Noreste, hasta el Pongo de Manseriche. A lo largo de este curso se encuentran numerosos pongos y cañones que dificultan la navegación.

En la región, los principales afluentes del Alto Marañón por su margen izquierda son los siguientes ríos: Crisnejas, Llaucano, Chamaya, Cenepa, Santiago, y por su margen derecha los ríos: Utcubamba, Chiriaco o Imaza y Nieva.

b. El Bajo Marañón

Recibe el nombre de Bajo Marañón entre el Pongo de Manseriche y el punto de su confluencia con el río Ucayali para formar el Amazonas. El Bajo Marañón tiene un curso orientado de Oeste a Este, a través de la llanura amazónica y no pertenece a la región Amazonas.

Río Imaza-Chiriaco

El río Imaza-Chiriaco tiene su origen en los Andes peruanos, en la cordillera de Piscococha. Presenta un recorrido de Sur a Norte, desembocando en el río Marañón por su margen derecha, cerca del poblado de Chiriaco. En su origen tiene el nombre de río Chiriaco, posteriormente se une con el río Shushunga, y a partir de ello toma el nombre de río Imaza. Tiene una longitud aproximada de 185 km.

Su caudal es muy variable, con promedio de 10 m³/s. En el sector central tiene un lecho inundable no mayor de 100 m de ancho, mientras que en el tramo superior tiene cauce meandriforme (entre las localidades de Granada y Goncha); aguas abajo su amplitud se reduce y toma un curso aproximadamente lineal.



Foto 4.1.- Vista panorámica del río Marañón en el sector del Puente Chacanto, distrito de Balsas, límite entre las regiones de Amazonas y Cajamarca.

A la altura del puente Vilcaniza, el río tiene una profundidad máxima de 0,83 m y profundidad media de 0,45 m, el ancho es de 22 m, presenta un caudal de 33,19 m³/s con velocidad media de 1 327 m/s y velocidad máxima de 2 497 m/s. El fondo del río está compuesto por material pedregoso y arenoso, propio de los ríos torrentosos.

Río Santiago

Sus nacientes se originan en la cordillera andina ecuatoriana y toma el nombre de río Santiago a partir de la unión de los ríos Zamora y Namangosa.

El río Santiago entra a territorio peruano a partir de la confluencia del río Yaupi. Su desembocadura es por la margen izquierda del río Marañón, aguas arriba del Pongo de Manseriche. Su longitud en la región es de 205 km aproximadamente.

El eje de la cuenca hidrográfica del río Santiago ocupa el sector noreste de la región Amazonas y se encuentra notablemente centrada entre las cordilleras Tuntanain-El Cóndor y Campanquiz, salvo en las cercanías de su desembocadura.

En su recorrido se observa la formación de islas y la deposición de materiales detríticos que es notablemente acentuado en todo su curso. También se observa algunas variaciones del cauce producto de la migración lateral del río (Figura 4.1).

Sus principales afluentes nacen en la estribación de Tuntanaint y son los ríos: Ampama, Cucaza, Candungos, Ayambis, Chinganaza, Yutupis, Putushin, así como las quebradas Yuminaza, Bombonaza y Cusuni.

El río es navegable desde su desembocadura en el río Marañón hasta la localidad de Galilea, sin embargo desde el poblado de Ampara hasta Cahuide (frontera con el Ecuador) se presentan problemas por la presencia del cauce de río anastomosado y abundancia de palizada que trae el río durante los meses de verano.

Río Nieva

El río Nieva es tributario del río Marañón por la margen derecha, tiene una longitud de 212 km aproximadamente, desde sus nacientes (cordillera de Campanquiz) hasta su desembocadura en el Marañón. El río Nieva nace al noreste de la provincia de Bongará, cerca del límite con la región San Martín, en los cerros Shingbunza y Suanza. Su recorrido inicial tiene una orientación Sureste-Noroeste hasta su confluencia con el río Cachiyacu, posteriormente toma el rumbo Suroeste-Noreste hasta su desembocadura en el río Marañón, a la altura del poblado de Santa María de Nieva.

Reinosa (2001) estima para este río un ancho promedio de 80 m, con una profundidad promedio de 4,5 m y un aforo promedio de 252 m³/s.



Figura 4.1. Cauce del río Santiago de tipo anastomosado, entre los ríos Cucaza y Ampamaya.

Entre sus principales afluentes están río Cachiyacu y las quebradas Achoaga, Seasme, Ambuja, Yutuienta, Tatagus, Kusu, Tunin, Tunta, entre otras.

El río Nieva es navegable en época de estiaje hasta la confluencia con la quebrada Quinguisa (cuenca baja) (Foto 4.2). En el sector medio de su cuenca es navegable solo en embarcaciones pequeñas, tipo peque-peque, deslizadores y chalupas.

Río Cenepa

El río Cenepa tiene su origen a más de 2 000 msnm, en el flanco oriental de la cordillera del Cóndor, cuya cumbre sirve como límite

natural entre el Perú y Ecuador. Este río recorre en dirección Norte a Sur y es tributario del río Marañón por la margen izquierda. Su longitud total desde sus nacientes en la cordillera del Cóndor hasta su desembocadura en el río Marañón es de 226 km.

Presenta una topografía muy accidentada, conformando valles muy cerrados y de gran pendiente. El ancho promedio del cauce es de 70 m.

Los principales afluentes nacen en la cordillera del Cóndor y se refieren al río Comaina y las quebradas Numpatkem, Kusu, Kanga, Huampani, Aintam, Suwa Pangki, Paapam, entre otras. Su tercio final es navegable, desde la confluencia con el Marañón hasta



Foto 4.2.- Vista panorámica del cauce del río Nieva en los sectores de Villa Santa María de Nieva y Juan Velasco Alvarado.

aproximadamente la quebrada Cangas (inmediaciones de la comunidad nativa Huampami), mientras que por el río Comaina, su afluente principal, es navegable solo hasta Puerto Mori.

Río Utcubamba

El río Utcubamba recorre en dirección Sur a Norte desde sus nacientes y es tributario del río Marañón por la margen derecha. Forma en algunas zonas cañones muy escarpados y valles con fondo plano.

Sus afluentes más importantes son los ríos: Chávez, Suta, Magdalena, Sonche, Cocahuayco y Naranjitos por su margen derecha, y los ríos Tambillo, Hierbabuena, Pomacocha, Pauca, Tingo, Jucusbamba, Magunchal y quebrada Honda por su margen izquierda.

El cauce de río en la cuenca alta y media es de 50 m a 100 m, excepcionalmente en algunos sectores puede alcanzar los 200 m (Cáclic) y en otros se reduce a 20 m, como en la garganta de Corontachaca (Foto 4.3). En la cuenca baja, el ancho promedio del cauce del río es 100 m, excepcionalmente llega hasta 300 m (Bagua Grande). Sus márgenes están compuestas por llanuras meándricas inundables, el curso puede variar ligeramente y afectar terrenos de cultivo de arroz entre los sectores de Bagua Grande hasta su desembocadura en el río Marañón.

En el río Utcubamba se puede navegar solo en la cuenca baja y en embarcaciones pequeñas.

Ríos originados en el flanco Subandino

Los ríos del flanco Subandino, generalmente tienen recorridos lineales con fuerte pendiente y caudales muy variables durante todo el año. Al cruzar las cadenas subandinas forman gargantas y pasos muy accidentados. Entre estos ríos destaca el río Shocol que es afluente del río Huambo; desde la localidad de Porvenir hasta Milpuc su comportamiento es meandriforme.

Lagunas

En la zona existe una serie de lagunas con dimensiones y volúmenes variables, distribuidas mayormente en la Cordillera Oriental. Generalmente se encuentra en los lechos de valles glaciares arriba de 3 200 a 3 800 msnm. Las más grandes y conocidas son las lagunas Ñamin, El Tambo, Negra, Shopol, Yonan (Bolívar), Huarmicocha, La Sierpe, Los Cóndores y Mamacocha. Presenta dimensiones muy variables entre 200 m a 2,5 km.

En la cordillera de Piscosuañuna (Ventilla) existen varias lagunas que constituyen las nacientes de los ríos Imaza, Salas y Ventilla a una altura aproximada de 3 200 msnm.



Foto 4.3.- Cauce del río Utcubamba en sector de la bocatoma de la Central Hidroeléctrica de Caclic.

Entre las principales lagunas destaca la de Pomacochas que se ubica en una depresión cerrada. Se encuentra a una altura de 3 200 msnm y mide 2,5 por 2 km de extensión. Es uno de los principales atractivos turísticos que existe en la región Amazonas.

En la cuenca baja del Utcubamba se encuentra la laguna Burlan con 1 050 m de largo por 650 m de ancho. En Jumbilla se encuentra la laguna Onercocha que forma parte de las nacientes del río Mayo.

CAPÍTULO V

ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

GENERALIDADES

La hidrogeología de la región Amazonas aún no ha sido estudiada detalladamente debido a que la disponibilidad de agua superficial es excesivamente grande en comparación con los posibles usos del agua subterránea. Aun así, la presencia del agua subterránea es evidente y se refleja en la existencia de humedales, manantiales, surgencias y el aporte a los caudales de los ríos. Los pocos usos que se da al agua subterránea se restringen al abastecimiento de agua potable de las principales ciudades, los centros poblados menores, las comunidades indígenas y para cubrir las necesidades de la industria.

En las formaciones porosas no consolidadas de la región Amazonas existen condiciones favorables para el almacenamiento de aguas subterráneas. La alternancia de sedimentos porosos no consolidados forma acuíferos de tipo confinado, semiconfinado y libre.

Las condiciones hidrogeológicas al oeste de la sierra están asociadas a las intensidades de las precipitaciones pluviales, las características litológicas de las formaciones geológicas, los grados de alteración y fracturamiento, y la distribución del sistema de drenaje pluvial.

La región Amazonas es muy húmeda, plana a ondulada, cubierta por una densa vegetación y surcada por caudalosos ríos. Las fuentes de recarga son la precipitación pluvial (entre 400 y 1 900 mm anuales), los escurrimientos de los ríos y algunos sectores agrícolas donde el riego por inundación es importante.

La explotación de aguas subterráneas no representa hasta ahora una amenaza seria en términos de sobreexplotación ya que son abundantes. Sin embargo las aguas subterráneas son muy vulnerables a la contaminación que proviene de las aguas domésticas, municipales, agropecuarias e industriales; las cuales carecen de sistemas de tratamiento.

PRINCIPALES FORMACIONES HIDROGEOLÓGICAS DE LA REGIÓN AMAZONAS

Los acuíferos principales de la región se encuentran en depósitos porosos no consolidados y en acuíferos fisurados. Las unidades

que afloran en la región Amazonas fueron clasificadas de la siguiente manera según los parámetros hidrogeológicos (porosidad y permeabilidad), el componente litológico y estructural (Mapa 3).

Acuíferos

Estos son las formaciones rocosas que tienen la particularidad de transmitir y almacenar agua en pequeñas y grandes proporciones. En la región Amazonas se han clasificado dos tipos de acuíferos:

a) Acuíferos porosos no consolidados

Esta unidad hidrogeológica está compuesta por material que no se encuentra consolidado, por lo que tiene facilidad para transmitir y almacenar agua. Estos acuíferos son importantes porque en ellos se encuentra la mayor parte del agua subterránea. Están conformados por gravas que van de subangulosas a subredondeadas, en matriz arenosa, con esporádicos lentes de arcillas y limos.

Esta unidad se ha separado según su productividad en:

Alta productividad (APe-I)

Especialmente los depósitos heterogéneos de cantos y gravas subredondeadas con matriz arenosa y poco consolidados, así como los materiales de escombros que son fácilmente removibles, se caracterizan por tener alta permeabilidad.

Mediana productividad (APr-I)

Son los depósitos de ambiente aluvial y proluvial que se encuentran conformados por gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas, así como limos y arcillas. La permeabilidad de estas formaciones rocosas y la porosidad son altas, lo que hace de esta formación un acuífero de mediana productividad.

Baja productividad (APp-I y APp-II)

Lo constituyen depósitos glaciales, coluviales-deluviales, los cuales se encuentran conformados por clastos angulosos y finos, arenas, limo y arcillas que generalmente se comportan con poca permeabilidad y alta porosidad, lo que indica que son acuíferos de poca productividad.

b) Acuíferos fisurados

Esta unidad hidrogeológica se caracteriza porque transmite y almacena aguas por medio de las fisuras de las formaciones. Entre las formaciones características se cuentan:

Acuífero conformado por areniscas y lutitas (AFSe-I)

Esta unidad se encuentra conformada por areniscas cuarzosas con intercalaciones de lutitas y areniscas. Además, se encuentra fisurada, lo que aumenta la permeabilidad secundaria y conforma buenos acuíferos.

Acuífero conformado por calizas y margas (AFSe-II)

Esta unidad hidrogeológica se encuentra conformada por calizas, lutitas y areniscas, las cuales se presentan de manera compacta en algunos sectores y en otros se encuentran fracturadas, lo que hace que la permeabilidad sea buena. Muchos de los sectores donde aflora esta unidad se caracterizan por dolinas y karst, lo que indica una alta producción. Dentro de las Formaciones geológicas características se encuentran Chambará, Aramachay, Condorsinga, Copacabana, Pullucana, Chonta, Chulec, Pariatambo, Crisnejas, Celendín, Cajaruro y Cajamarca.

Acuífero conformado por areniscas, limoarcillitas y lodolitas (AFSr-I)

Esta unidad está compuesta por areniscas, lodolitas, limolitas, areniscas rojas y areniscas cuarzosas, las cuales se encuentran influenciadas por fallas y plegamientos que aumentan la permeabilidad secundaria; son porosas, lo que indica que se trata de un acuífero de media producción.

Acuífero conformado por conglomerados, areniscas y lutitas (AFSp-I)

Esta unidad se caracteriza por rocas areniscas, lodolitas y conglomerados que se encuentran fisurados, pero cuya producción —por la presencia de arcillas y limolitas— hace que la permeabilidad secundaria sea baja.

Acuífero conformado por andesitas y tufos (AFSp-II)

Esta unidad hidrogeológica se encuentra conformada por rocas volcánicas piroclásticas y brechas polimícticas bien cementadas. Estas rocas se encuentran fisuradas parcialmente, lo que la hace que su permeabilidad sea baja.

Acuitardos (AT)

Esta unidad se caracteriza por ser poco permeable, es decir, puede almacenar agua pero la transmite muy lentamente.

Entre las formaciones que se encuentran en la región Amazonas se ha identificado las siguientes unidades litológicas:

a) Acuitardos intrusivos (AT-I, AT-II, AT-III y AT-IV)

Estas unidades hidrogeológicas están compuestas por todas las rocas intrusivas de la región Amazonas, las cuales pueden almacenar en su parte superficial gran cantidad de agua, pero no transmiten mucho a las demás formaciones en profundidad. Dentro de las principales unidades intrusivas existentes en la cuenca están las rocas formadas por Granitos y Monzogranitos, Tonalitas y Granodioritas, Gabros y Dioritas. Algunas de estas unidades afloran en el sector de Choctamal-Tribulón en las nacientes del río Balsahuayco.

b) Acuitardos volcánicos (AT-V)

Dentro de esta unidad hidrogeológica se encuentran materiales conformados por rocas volcánicas entre derrames de andesitas, brechas, piroclastos y cuerpos subvolcánicos, cuyas permeabilidades son muy pobres y cuya porosidad es alta.

c) Acuitardos sedimentarios (AT-VI, AT-VII, AT-VIII, AT-IX)

Se encuentran conformados por diferentes formaciones litológicas que no transmiten tan rápidamente y cuya porosidad no es tan efectiva. Dentro de estas unidades hidrogeológicas se encuentran los materiales heterogéneos, de gravas subredondeadas, lutitas, conglomerados, areniscas y lodolitas. Estas unidades pueden almacenar aguas subterráneas pero no transmiten fácilmente.

ACUICLUDO (AC-I y AC-II)

Esta unidad se caracteriza por no transmitir aguas, pero sí almacenarlas. Dentro de las manifestaciones existentes en la región Amazonas están los domos de sal y yeso, los cuales tienen permeabilidad muy baja pero la porosidad es muy alta. Si bien esto ayuda a almacenar, no lo hace para transmitir.

En la región Amazonas los esquistos y los micaesquistos se encuentran alterados por la excesiva acción de la lluvia, formando material suelto que posee permeabilidad superficial alta. En profundidad, la naturaleza de estos materiales es muy compacta, lo que lo hace un acuicludo que puede almacenar más no transmitir aguas subterráneas.

ACUIFUGO (AF-I)

Esta unidad se caracteriza por no transmitir ni almacenar aguas. Dentro de la región Amazonas se encuentran formaciones conformadas por rocas gneis, las cuales no tienen la propiedad de transmitir ni almacenar aguas.

VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS EN LA REGIÓN AMAZONAS

El agua de los acuíferos porosos no consolidados puede contaminarse de varias formas. Se saliniza por prácticas inadecuadas de riego que añaden sales al acuífero, sea por disolución, por quema de pastizales, por el uso de fertilizantes y pesticidas en los cultivos o como efecto de extracciones exageradas que bajan los niveles del agua e inducen salinidad.

Los acuíferos pueden contener naturalmente concentraciones altas de calcio, magnesio, sodio, potasio, cloro y sulfato, lo que los hace inservibles para ciertos usos. Las calizas con bacterias, coliformes fecales, contaminantes químicos y las descargas de aguas usadas directas al acuífero o indirectas a través de pozos, ríos o quebradas, contaminan el acuífero de la región. Los lixiviados de botaderos de basura o superficies contaminadas también contaminan los acuíferos.

Las principales formas de vulnerabilidad de los acuíferos en la región son las siguientes:

Vertimiento de aguas servidas

La mayor parte de los centros urbanos ubicados en la región Amazonas vierte sus desagües (aguas negras o servidas) a los ríos. Los desagües contienen excrementos, detergentes, residuos

industriales, petróleo, aceites y otras sustancias que son tóxicas para las plantas y los animales acuáticos. Con el vertimiento de desagües, sin previo tratamiento, se dispersan agentes productores de enfermedades (bacterias, virus, hongos, huevos de parásitos, amebas, etc.), los cuales son los signos más claros de contaminación superficial y subterránea.

Vertimiento de residuos sólidos y desmontes en las aguas

En la región Amazonas, es costumbre generalizada el vertimiento de basuras y desmontes en las orillas de los ríos, sin ningún cuidado y en forma absolutamente desordenada. La basura contiene plásticos, vidrios, latas y restos orgánicos que no se descomponen o que al hacerlo producen sustancias tóxicas (el fierro produce óxido de fierro), que tienen impacto negativo.

Vertimiento de productos químicos y desechos industriales

Se refiere a la deposición de productos diversos (abonos, petróleo, aceites, ácidos, soda, aguas de formación o profundas, etc.) que provienen de las actividades industriales. Estos materiales contaminan las aguas superficiales y también las aguas subterráneas debido a que la mayoría de los ríos constituyen la zona de alimentación de los acuíferos.

CAPÍTULO VI

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

GENERALIDADES

En el Perú los estudios sobre geomorfología han tenido gran interés, principalmente por el estudio de los valles fluviales (a nivel nacional) y recientemente por el actual cambio climático que afecta a la Tierra. La geomorfología glaciar y periglacial tiene estudios incipientes, sin embargo en las últimas décadas la geomorfología de las áreas volcánicas tuvo un avance mayor, delimitando unidades morfoestructurales, procesos eruptivos y formas resultantes; orientados hacia el estudio de riesgo volcánico.

Desde esta perspectiva, se considera que los mapas geomorfológicos son una herramienta indispensable para el análisis de los peligros naturales por su estrecha relación con los procesos geodinámicos.

En general, desde el punto de vista morfoestructural regional el área de estudio está ubicada en la cordillera Interandina, la cordillera Oriental y la faja Subandina, la cual se encuentra disectada por los ríos Marañón, Utcubamba, Cenepa, Santiago, Nieva e Imaza.

Las unidades geomorfológicas diferenciadas son muy variables, producidas por agentes tectónicos, erosionales y depositacionales, 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.

La cordillera Interandina es la zona de transición entre las cordilleras Occidental y Oriental, y configura cadenas montañosas que pueden llegar hasta 3 000 m de altitud, conformadas principalmente por rocas de edad cretácea; también se presentan mesetas estructurales o altiplanicies. Está localizada principalmente en la cuenca del río Utcubamba, en el sector de Leimebamba en la provincia de Chachapoyas.

La cordillera Oriental conforma cadenas montañosas altas y alargadas que pueden sobrepasar los 4 600 msnm. Está constituida

por un substrato rocoso antiguo de edad precambriana y paleozoica, también hay rocas volcánicas de edad paleozoica, y sigue una dirección NO-SE.

La faja Subandina corresponde al flanco este de la cordillera Oriental, está conformada por sistemas de colinas y montañas de origen estructural (plegadas y falladas) y denudacional, así como valles de sedimentación fluvial y aluvial, con altitudes hasta de 2 400 msnm.

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

La cartografía geomorfológica y la delimitación de unidades¹ se fundamentan en el criterio principal de homogeneidad relativa y la caracterización de los siguientes aspectos:

- 1) Origen general y específico del relieve (ya sea estructural, de erosión o acumulación).
- 2) Tipos generales y específicos del relieve (planicies, colinas y lomeríos, piedemontes y montañas), teniendo en cuenta su amplitud de relieve (altura relativa); además, para el caso de montañas se tomaron en cuenta como criterios de diferenciación la pendiente y el control estructural de sus laderas (este último factor se consideró en el caso de las colinas).
- 3) En la descripción de las diferentes unidades se incluye la litología principal de los afloramientos rocosos y/o depósitos superficiales, así como los peligros geológicos asociados.

Asimismo, parte de la metodología usada se apoyó en la cartografía geomorfológica de Italia y España, que otorgan gran importancia a los procesos morfogenéticos (Pellegrini, 2000), principalmente en la utilización de colores para las diferentes unidades, los cuales se encuentran estandarizados en los países europeos.

Se utilizó también la base topográfica del Perú a escala 1:100 000 y la Carta Geológica Nacional, teniendo en cuenta los límites de las unidades geológicas (substrato rocoso-depósitos superficiales), con énfasis en la diferenciación de depósitos superficiales, sobre todo en los depósitos formados por movimientos en masa identificados en campo y con ayuda de las fotografías aéreas.²

¹Es una adaptación del Sistema para el Levantamiento y el Mapeo Geomorfológico del ITC (International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, Países Bajos) con aportes de Verstappen y Van Zuidam (1991), y la construcción de los mapas geomorfológicos según Tapia-Varela y López-Blanco (1998) (Citado en Tapia-Varela y López-Blanco, 2001).

² La fotointerpretación geomorfológica se llevó a cabo usando imágenes satelitales Landsat y fotografías aéreas en la misma escala, considerando los rasgos del relieve que sirvieran para definir y diferenciar cada tipo, tales como: rupturas de pendiente, altura relativa, forma topográfica, influencia estructural, base geológica a escala 1:100.000 y cartografía de movimientos en masa.

Con la información topográfica a escala 1:100 000 se elaboró el modelo digital de terreno (MDT), el cual permitió elaborar un mapa de pendiente de los terrenos.

Finalmente, la delimitación inicial de los cuatro grandes tipos de relieve (montañas, colinas y lomadas, depósitos de piedemonte, planicies y depresiones) y la posterior subdivisión considerando su origen y la geometría del relieve (pendiente del terreno), así como su carácter estructural y asociación morfogenética (fluvial, aluvial, glacial y gravitacional), permitieron establecer las unidades geomorfológicas descritas a continuación (Mapa 4).

Montañas

Presentan mayor distribución en el área de estudio (77,91 %) y se considera dentro de esta unidad a las formas que alcanzan alturas mayores de 300 m respecto al nivel de base local. Se reconocen como cumbres y estribaciones que resultan de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, etc.). Están constituidas por rocas de tipo metamórficas, intrusivas, extrusivas (volcánicas) y sedimentarias, con un moderado estado de meteorización superficial y de erosión.

Se caracterizan por presentar cimas crestadas como resultado de la interestratificación de litologías variadas; en algunos casos son cimas amplias y/o subredondeadas que constituyen divisorias de aguas; muchas de ellas se encuentran conformadas por roca descubierta, es decir, no existe cobertura de suelos y por tanto se producen procesos de meteorización y erosión superficial de la roca expuesta.

Las laderas presentan complejidad tanto en su litología como en su configuración externa; con moderada intensidad de disección y erosión en rocas sanas, e intensa disección y erosión en rocas meteorizadas de edad neógena, generalmente ubicadas inmediatamente debajo de las cimas.

Para lograr los objetivos del estudio, se dividieron en cuatro grandes subgrupos:

Montañas con laderas de moderada a fuerte pendiente (Mf):

Muestran laderas de pendiente pronunciada a fuerte, la equidistancia de curvas de nivel es menor, presentan una mayor densidad de curvas, y generalmente las pendientes se encuentran por encima de 30° (Foto 6.1). Están compuestas por rocas de distinto tipo y se pueden encontrar rocas antiguas de edad precámbrica pertenecientes al Complejo Maraón (esquistos, gneis), que afloran en el sector occidental de la región.

También se encuentran rocas intrusivas de tipo granodiorita, dioritas, tonalitas y granitos que conforman la cordillera del Cóndor y la cordillera Oriental en el sector norte, límite con la República del Ecuador y, en el sector occidental (Pisuquia, Ocalli, Colcamar), límite con la región Cajamarca.

Las secuencias sedimentarias están representadas por rocas del grupo Ambo, secuencias sedimentarias calcáreas del Cretáceo distribuidas en el sector occidental de la región; también están las formaciones del Neógeno como el Ipururo y Chambira, y además es posible encontrar rocas volcánicas de la Formación Oyotún ubicadas en el sector noroccidental de la región.



Foto 6.1.- Montañas con laderas de moderada a fuerte pendiente (Mf), ubicadas en la margen izquierda del río Utcubamba, sector Tingo.

Los movimientos en masa asociados son generalmente derrumbes y caída de rocas, deslizamientos (en roca) y procesos de erosión de laderas.

Montañas con laderas de moderada pendiente (Mm):

Presentan laderas de 15 a 30° de pendiente. Litológicamente están constituidas por rocas de tipo sedimentarias de las secuencias del Cretáceo, muy distribuidas en la región. Colindan con montañas de fuerte pendiente y montañas estructurales. Están conformadas por las formaciones Crisnejas, Vivian, Chota y Huayabamba en el sector de la faja Subandina; ejemplos de este tipo de montañas se encuentran en los sectores de Granada, Montevideo y Mariscal Castilla (Foto 6.2).

Los movimientos en masa asociados son generalmente procesos de erosión de laderas, deslizamientos y flujos de detritos (huaycos).

Montañas con laderas estructurales (Me): Su asociación litológica es principalmente sedimentaria. Estructuralmente se presentan como alineamientos montañosos compuestos por secuencias estratificadas plegadas y/o con buzamientos de las capas que controlan la pendiente de las laderas, conformando anticlinales, sinclinales, cuestras y espinazos, que le dan una característica particular en las imágenes satelitales. Varían en pendiente desde moderada a muy abruptas (Foto 6.3).

Ocupan el mayor porcentaje de área en la región, generalmente asociadas a colinas estructurales, y se distribuyen principalmente en el sector de la faja Subandina, conformando las cabeceras de cuenca de los afluentes de los ríos Santiago y Nieva. También se presentan en el sector central y occidental de la región, formando

los márgenes del río Utcubamba, por ejemplo en los sectores de Churuja, San Jerónimo y San Cristóbal, y en el sector suroriental de la región en los sectores de Yambraabamba, Corosha, Chisquilla, Quinjalca y Longar.

Geodinámicamente se asocian a caída de rocas, derrumbes, deslizamientos, erosión de laderas y flujo de detritos.

Karst (relieve montañoso por disolución) (Kr): Zona que posee una topografía particular, se presenta en zonas calcáreas o dolomíticas, como resultado de los procesos de disolución superficial y subterránea de los carbonatos, por efecto de las aguas meteóricas que al concentrarse en escorrentía superficial son posteriormente acarreadas hacia cauces subterráneos.

Desde el punto de vista geomorfológico un karst constituye un paisaje único con numerosos rasgos externos e internos determinados por la disolución de los carbonatos (Villota, 2005).

Los karst identificados en la región Amazonas se caracterizan por depresiones cerradas dentro de las cuales están las dolinas que constituyen hoyos cerrados en forma de embudo con sus lados rocosos, cubiertos en algunos casos por vegetación en las paredes y el piso; ocurren de manera aislada y en grupos. Estas dolinas son el resultado de procesos de disolución, desplome y subsidencia, y existen diferencias entre ellas por el mecanismo de formación.

Otro tipo de depresión cerrada son las uvalas que son el resultado de la unión de dos o más dolinas vecinas, presentan una forma alargada irregular o lobulada y muchas de ellas forman cuencas



Foto 6.2.- Montañas con laderas de moderada pendiente (Mm) frente al poblado de Leimebamba (A).

endorreicas que a su vez constituyen ríos subterráneos. Se han identificado varias al sur de la ciudad de Chachapoyas, aproximadamente 7 km al sur de los poblados de Colcamar, Lamud y Trita (Foto 6.4).

Geodinámicamente se asocian a caída de rocas, derrumbes y desplomes.

Colinas y lomadas

Están representadas por colinas de relieve complejo y con diferentes grados de disección, de menor altura que una montaña, menos de 300 m desde el nivel de base local y con inclinación de laderas promedio superior a 16% (FAO, 1968). Conforman alineamientos de carácter estructural y denudativo que en conjunto ocupan un área del 14,33% dentro de la región. Se asocian litológicamente a rocas de tipo sedimentarias de edad jurásica y cretácica.

Dentro de este grupo se diferenciaron cuatro subunidades:

Colinas (Col): Se denomina así a las superficies de terreno con alturas no mayores a 300 m, de diferentes tipos de litología y cuya pendiente es mayor a 7° o 16%. Están constituidas por rocas sedimentarias de las formaciones Sarayaquillo, Huayabamba y Pozo, afectadas por procesos denudativos, donde no es posible observar estratificación alguna (Figura 6.1).

Su distribución areal es muy reducida (0,69%) y se restringe a algunos sectores. Las encontramos al norte de la región Amazonas en la margen derecha del río Santiago, conforman también las

laderas de los afluentes de los ríos Naraima, Cusuime, Cenepa y Nieva.

Suelen ocurrir procesos de reptación de suelos, flujos de detritos y flujos de tierra.

Colinas estructurales altas (Cea): Alineamientos colinosos que siguen un patrón estructural (anticlinales y sinclinales). Se distribuyen en forma paralela bordeando las partes inferiores de las montañas estructurales. Al igual que estas últimas, presentan generalmente una ladera o cuesta estructural con pendiente mayor de 10° (Foto 6.5 y Figura 6.1), escarpes abruptos con acumulación de derrubios, con elevaciones respecto al nivel de base entre 300 y 150 m. Muchas veces se presentan intercalaciones de capas o secuencias sedimentarias alternas, en competencia o resistencia a la erosión. Se encuentran secuencias de las formaciones Huayabamba y Pozo.

Conforman mayormente las laderas de la margen derecha del río Santiago en la zona nororiental de la región, también están ubicadas en los sectores de la Peca y Bagua Grande, hacia ambos márgenes del río Utcubamba. En el nivel local pueden aparecer agrupaciones de lomas que no pueden representarse en la escala de trabajo. Están asociadas a vuelcos, caída de rocas, derrumbes, reptación de suelos y erosión de laderas.

Colinas estructurales bajas (Ceb): Alineamientos colinosos que también siguen un patrón estructural (anticlinales y sinclinales); se distribuyen en forma paralela inmediatamente después de las colinas estructurales altas. Presentan generalmente una ladera o cuesta estructural con pendiente mayor de 10° (Figura 6.1), con



Foto 6.3.- Montañas con laderas estructurales inclinadas (Me) en la margen izquierda del río Condechaca, cerca de Levanto.



Foto 6.4.- Formación de una dolina por hundimiento en calizas rellenas de agua en un paisaje de karst (Kr) cerca del poblado de Lamud.

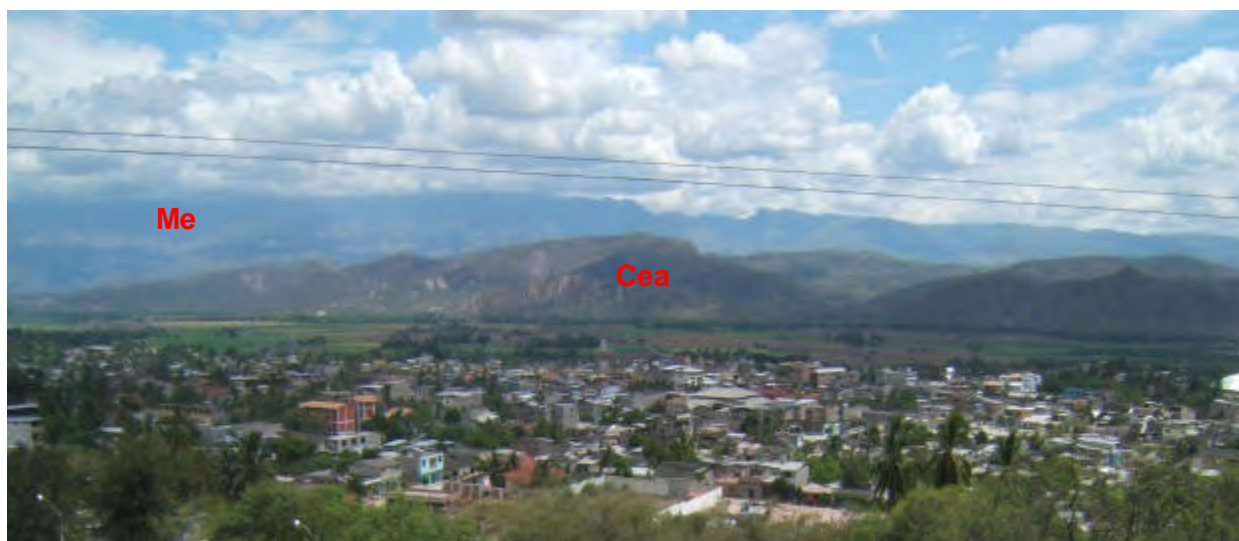


Foto 6.5.- Vista de la ciudad de Bagua en primer plano, hacia el fondo colinas estructurales altas (Cea) y montañas estructurales (Me).

elevaciones menores de 150 m respecto al nivel de base. Es posible encontrar lomeríos en la zona. Esta unidad está conformada por secuencias de las formaciones Sarayaquillo, Chota, Vivian, Ipururo, Celendin, Quilquiñan y Chambira.

Están asociadas a derrumbes, reptación de suelos, flujos de detritos y erosión de laderas.

Domos (Do): Son estructuras diapíricas salinas, originadas por

esfuerzos tectónicos, tienen forma redondeada y se encuentran emplazadas en rocas sedimentarias de la Formación Sarayaquillo (Figura 6.2).

Se han podido identificar dos domos, uno ubicado en el distrito de Valera, provincia de Bongará, en la margen derecha del río Nieva, y otro en el distrito del Cenepa, provincia de Condorcanqui, en la margen izquierda del río Cenepa. Están asociados a derrumbes y deslizamientos.



Figura 6.1. Imagen satelital de la zona norte de la región Amazonas, frontera con el Ecuador, valle del río Santiago. Se han diferenciado las colinas (Col), colinas estructurales altas (Cea), las colinas estructurales bajas (Ceb) y las planicies aluviales o terrazas altas. Imagen tomada de Google Earth.

Piedemontes

Para delimitar los piedemontes se reconocieron aquellas características que los conforman, como el depósito, la acumulación de material y las rupturas de pendiente. Para los objetivos que persigue el presente estudio fue necesario la individualización de los depósitos de movimientos en masa o gravitacionales (deslizamientos, flujos y combinaciones) y los depósitos glaciofluviales. En conjunto ocupan un área de 1,99%. Pueden estar asociados a procesos de reptación de suelos, derrumbes y deslizamientos.

Abanicos proluviales (Ap): Depósitos de flujos de detritos canalizados en forma de abanico, ubicados en la parte terminal o desembocadura de una quebrada o curso fluvial (régimen estacional o torrentoso) a un río principal (Foto 6.6). Pueden generar el represamiento de valles o desviaciones de cursos fluviales, controlando la morfología actual del valle. Originados por eventos individuales de diferente magnitud, muestran depósitos de extensiones y altura variable, así como ligera pendiente hacia el valle, confundiendo en algunos casos con terrazas aluviales.

Están compuestos por depósitos de detritos clásticos de variados tamaños, que vistos en planta presentan formas característicamente cónicas, con pendientes de 2 a 15°. Ejemplos de abanicos se encuentran entre las confluencias de los ríos Pusac y Utcubamba con el valle del río Marañón.

También se presentan gran cantidad de abanicos proluviales entre la localidad de Leimebamba y la desembocadura del río Utcubamba en el Marañón, hacia ambas márgenes, y también en el río Sonche. Están asociadas a la ocurrencia de flujos de detritos (huaycos) periódicos y excepcionales.

Abanicos aluviales (Aa): Depósitos de material suelto ha semiconsolidado que tienen una forma semicircular o de abanico, siendo su ápice o parte proximal más estrecha y empinada, y se extiende hacia las montañas siguiendo el cauce del río por el cual discurrió y se depositó. La parte media del depósito se denomina cuerpo y la parte más alejada se conoce como zona distal. Presenta una topografía de inclinación suave que gradualmente se confunde con la llanura contigua sobre la cual se explaya (Foto 6.7). Estos abanicos son originados por corrientes continuas o intermitentes,

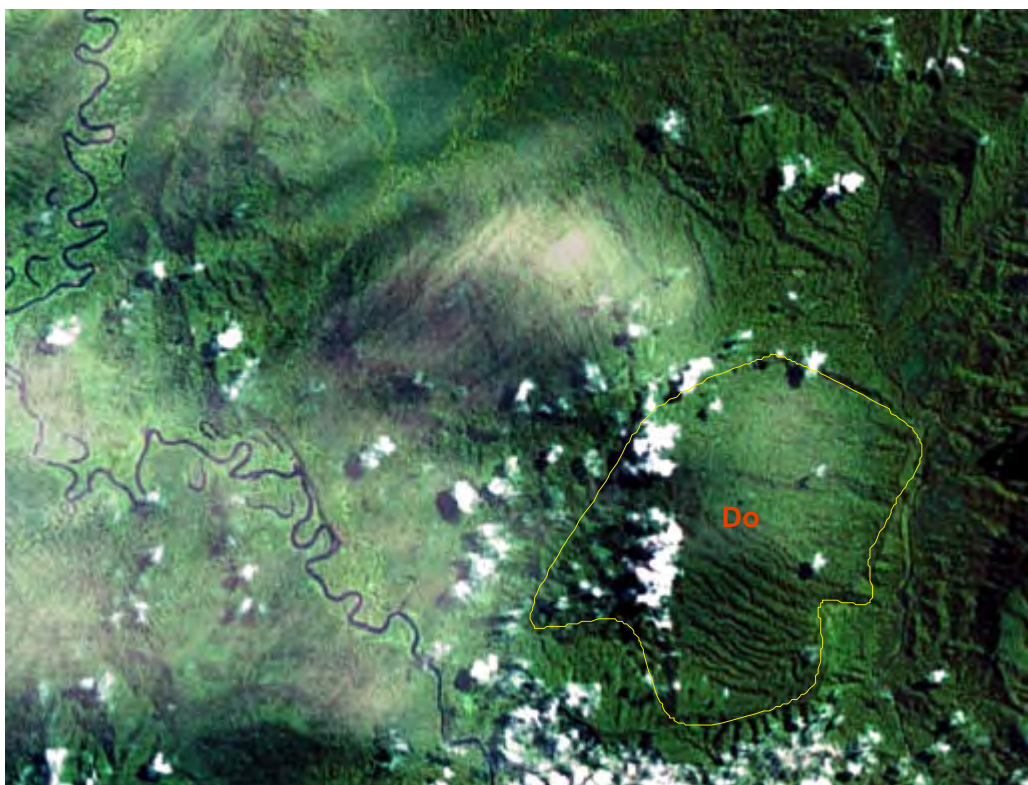


Figura 6.2. Imagen satelital en la que se observa una estructura de domo (Do) ubicada en la margen derecha del río Cenepa. Imagen tomada de Google Earth.



Foto 6.6.- Vista de un abanico proluvial (Ap), que discurre por la quebrada Jatunsacha, margen derecha del río Utcubamba. La carretera hacia Chachapoyas corta este depósito.



Foto 6.7.- Abanicos aluviales (Aa) depositados por los cursos de los ríos que bajan desde las montañas estructurales (Me) en los alrededores del poblado de Rodríguez de Mendoza. Estos abanicos se entremezclan con el curso del río San Antonio. Es posible diferenciar depósitos de vertiente de detritos (Vd).

con grandes fluctuaciones de caudal y gran cantidad de sedimentos que bajan de las zonas altas hacia las zonas más bajas y abiertas (Villota, 2005).

Este tipo de depósito se puede observar en el sector de Cochamal, Mariscal Benavides y San Nicolás, donde conforma abanicos superpuestos que resultan de dos o más acumulaciones de abanicos, espaciadas en el tiempo por una misma corriente. Geodinámicamente están asociados a la ocurrencia de flujos de detritos (huaycos) periódicos y excepcionales.

Vertiente de detritos (Vd): Son depósitos inconsolidados acumulados en las partes bajas de las laderas de las montañas o colinas, 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 (Foto 6.8).

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

Están asociados a procesos de flujos de detritos, erosión de laderas, derrumbes y deslizamientos superficiales. Los depósitos de vertientes de detritos más representativos de la región se encuentran ubicados en el sector nororiental de la región Amazonas, en la margen izquierda del río Santiago e inmediatamente debajo de las montañas estructurales.

Depósitos coluviales (Co): Resultan de la acumulación de materiales heterogéneos de tamaños variados en las bases de las laderas de montañas, colinas, lomas y escarpes, debido a las

acumulaciones de depósitos de magnitud cartografiable, asociados a movimientos en masa (deslizamientos, deslizamiento-flujos, derrumbes y avalanchas de detritos principalmente), relativamente antiguos hasta prehistóricos; fueron identificados durante los trabajos de campo en las imágenes satelitales y fotografías aéreas (Foto 6.9).

Los principales ejemplos cartografiados se ubican en los sectores de Jamón, Camporedondo, Luya, río Utcubamba, etc., los cuales pueden reactivarse como deslizamientos, derrumbes, movimientos complejos, o sufrir procesos de erosión de laderas (surcos, cárcavas).

Detritos glaciofluviales (Dgf): Ocupan las laderas y los fondos de los valles glaciares en las zonas montañosas que sufrieron un proceso de deglaciación en el Pleistoceno.

Esta unidad ha podido ser reconocida en las cabeceras del río Utcubamba, específicamente en las nacientes de los ríos Atuen y Tingo Grande, ubicados al sur de la región Amazonas; otro lugar donde se han reconocido se ubica en el sector suroriental de la región, al este del poblado de Granada. Se encuentra asociada a procesos de reptación de suelos y geliflacción.

Planicies

Depósitos con superficies planas, asociadas a laderas estructurales, depósitos aluviales antiguos y fluvioglaciares, ubicados inmediatamente a los cursos fluviales y fondos de valle, limitados en muchos casos por depósitos de piedemontes y laderas de montañas o colinas; ocupan una superficie del 5,75% del área de la región.



Foto 6.8.- Depósito de vertiente de detritos (Vd) formado por la acumulación de clastos caídos desde la parte superior de la ladera, margen izquierda del río Utcubamba.



Foto 6.9.- Vista de un depósito coluvial (Co) conformado por el material procedente de un deslizamiento antiguo. Actualmente sobre este depósito se encuentra asentado el poblado de Sonche.

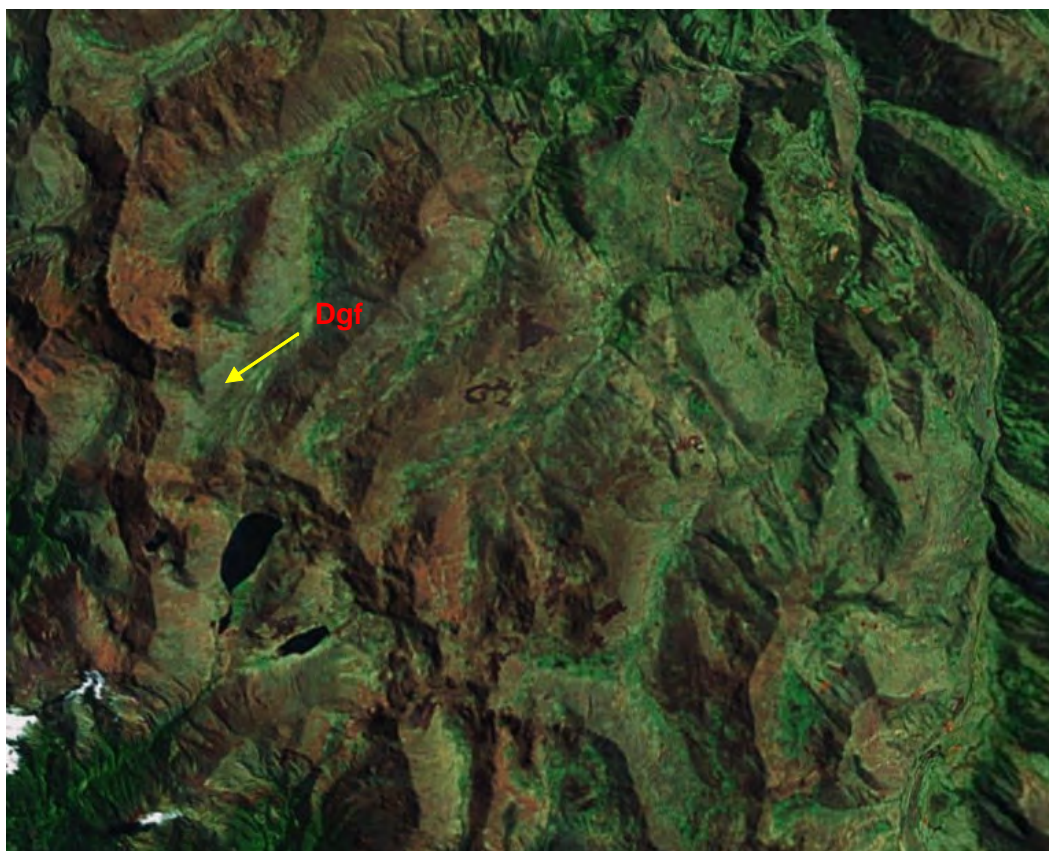


Figura 6.3. Vista de los depósitos glacio-fluviales (Dgf) en las cabeceras de los afluentes del río Atuen, sector sur de Amazonas. Imagen tomada de Google Earth.

Para una mejor descripción se han diferenciado diez subunidades:

Planicie aluvial o terraza alta / Fondo de valle fluvial (Ta):

Terrenos ubicados encima del cauce y llanura de inundación fluvial. Son terrenos planos, de ancho variable, su extensión está limitada a los valles (Foto 6.10).

En muchos casos se ha considerado los fondos planos de valles, sin diferenciar las terrazas fluviales y llanuras de inundación de poca amplitud, los cuales muestran en general una pendiente suave entre 1 y 5°.

Los depósitos más grandes se encuentran ubicados hacia ambos márgenes del río Santiago en el sector oriental de la región, así como en sus tributarios los ríos Ayambis, Chinganaza, Yutupiz y Putushin. Esta unidad es más reducida en los márgenes de los ríos Marañón y Nieva.

Sobre estos terrenos se ubican poblaciones como Molinopampa, Leimebamba, Bagua Grande y La Peca hacia ambos márgenes del río Utcubamba. Sus márgenes pueden ser afectados por la erosión fluvial y el socavamiento de sus taludes inferiores, generando derrumbes y pérdida de terreno.

Llanura o planicie inundable (Lli): Son superficies bajas, adyacentes a los fondos de valles principales y el mismo curso fluvial, sujetas a inundaciones recurrentes, ya sean estacionales o excepcionales. Morfológicamente se distinguen como terrenos planos compuestos de material no consolidado, removible (Foto 6.11).

En la región Amazonas sus mejores exposiciones se encuentran en el sector norte, hacia ambos márgenes del río Santiago, en el río Utcubamba cuyo curso puede cambiar su recorrido con gran facilidad dentro de esta unidad, y también en el valle del río Marañón hasta su confluencia con el río Utcubamba. Estas áreas inundables son ocupadas por áreas de cultivo, están sujetas a inundaciones fluviales periódicas y erosión fluvial en sus márgenes o terrazas bajas.

Valle interandino (Vi): Son valles ubicados en zonas de montañas, que presentan un fondo plano y terrazas bajas, conformados por depósitos fluviales y aluviales (Foto 6.12).

Este valle se encuentra encajado principalmente en rocas calcáreas del Cretáceo, pertenecientes a la Formación Chulec; ha sido identificado en los alrededores de la laguna de Pomacochas.



Foto 6.10.- Valle del río Utcubamba, se puede apreciar el cauce del río, así como las terrazas altas (Ta). Sector de Bagua Grande.



Foto 6.11.- Vista del poblado de Bagua Grande, donde se observa la llanura de inundación del río Utcubamba.



Foto 6.12.- Vista del valle interandino (Vi) donde se encuentra la laguna Pomacochas, rodeada de laderas con montañas de moderada pendiente (Mm).

Geodinámicamente se asocian a procesos de reptación de suelos, flujos de detritos, flujos de tierra e inundaciones.

Planicie alta (Pa): Terrazas elevadas o planicies aluviales, distribuidas en la margen izquierda del río Marañón antes de su confluencia con el río Utcubamba, asociadas a depósitos aluviales pleistocénicos (conglomerados y areniscas con intercalación de limoarcillitas).

Geodinámicamente se asocian a procesos de erosión de laderas (cárcavas) y erosión fluvial en las márgenes de quebradas por socavamiento, con generación de derrumbes y flujos de detritos.

Altiplanicie disectada (Ad): Conformada por un terreno plano, algo inclinado, de edad neógena superior, localizado a diferente altitud y constituido por una secuencia de conglomerados y areniscas líticas semiconsolidadas de la Formación Inguillpata, que están sometidas al ataque de procesos degradacionales, incluida una fuerte meteorización, desarrollo de suelo y posteriormente a la erosión fluvial y algunas formas de movimientos en masa. Todo esto ha cambiado su morfología original y lo ha subdividido en porciones menores separadas por valles o disectados por una intensa red de drenaje (Foto 6.13).

Esta unidad ha sido diferenciada en las localidades de Lonya Chico e Inguillpata.

Geodinámicamente se asocia a procesos de erosión de laderas a

manera de cárcavas, las cuales presentan un desarrollo retrogresivo y lateral por medio de derrumbes, deslizamientos y movimientos complejos.

Planicie inclinada (Pi): Conformada un terreno plano con una ligera inclinación, que al igual de las altiplanicies disectadas está constituida por una secuencia de conglomerados y areniscas líticas semiconsolidadas de la Formación Inguillpata, y también por la acumulación de materiales coluviales y deluviales inconsolidados que provienen de la erosión de terrenos circundantes más altos. Sobre esta unidad se encuentra asentada la ciudad de Chachapoyas (Foto 6.14).

Geodinámicamente se asocia a procesos de erosión de laderas a manera de cárcavas, con derrumbe y deslizamientos hacia sus márgenes; también se puede producir reptación de suelo y flujos de tierra.

Planicie estructural inclinada (Pei): Es una superficie estructural plano-inclinada, conformada por una secuencia de rocas calcáreas de la Formación Chulec y clásticos del grupo Goyllarisquiza, las cuales se forman una ladera estructural. Se ha identificado al noreste del poblado de Colcamar.

Geodinámicamente se asocia a procesos de erosión de laderas a manera de cárcavas, derrumbes y deslizamientos.

Valle glaciar con lagunas (Vg): Depresiones ubicadas en las



Foto 6.13.- Vista de la altiplanicie disectada (Ad) en el sector de Inguillpata.

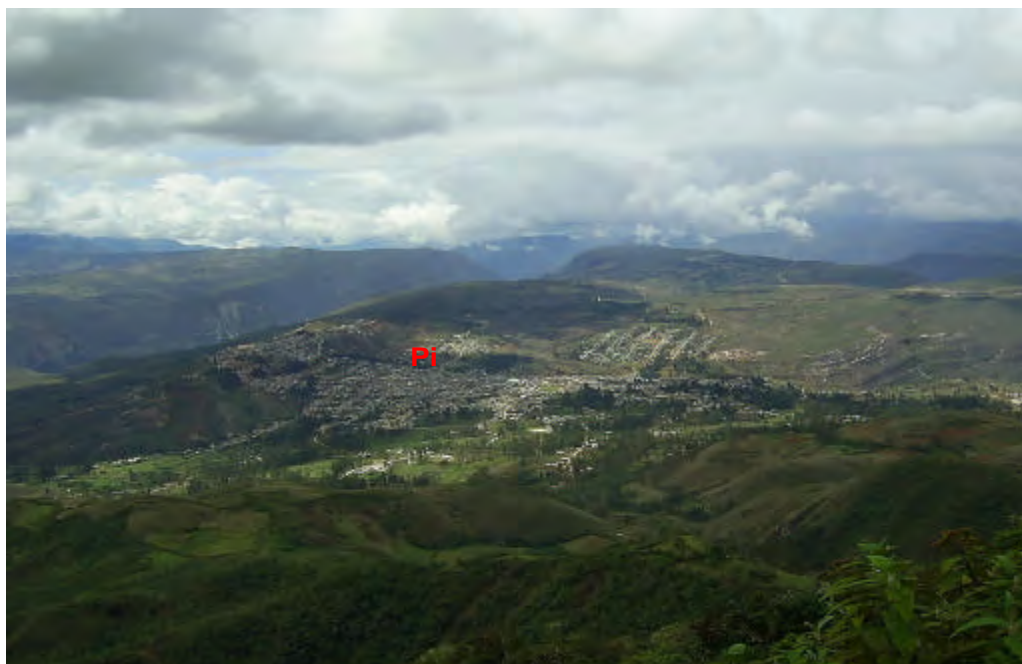


Foto 6.14.- Vista panorámica de la planicie inclinada (Pi) donde se ha asentado la ciudad de Chachapoyas.

cabeceras de los valles de los ríos Chachahuayco y Atuen en el sector sur de la región Amazonas y en el río Chiriaco en el sector sureste de la región, sobre el poblado de Granada (Figura 6.4). Estos valles constituyen tributarios de ambientes glaciales, con formación de lagunas de diferentes dimensiones. Un ejemplo es la laguna Cochacuello, ubicada al sur de la región, cerca del poblado

de María. Está asociado a la generación de flujos de detritos por colapso de los diques morrénicos de las lagunas.

Valle de represamiento (Vr): Se ha denominado así a una geoforma resultante del represamiento de un valle fluvial por efectos de un movimiento en masa de gran magnitud, como puede ser un

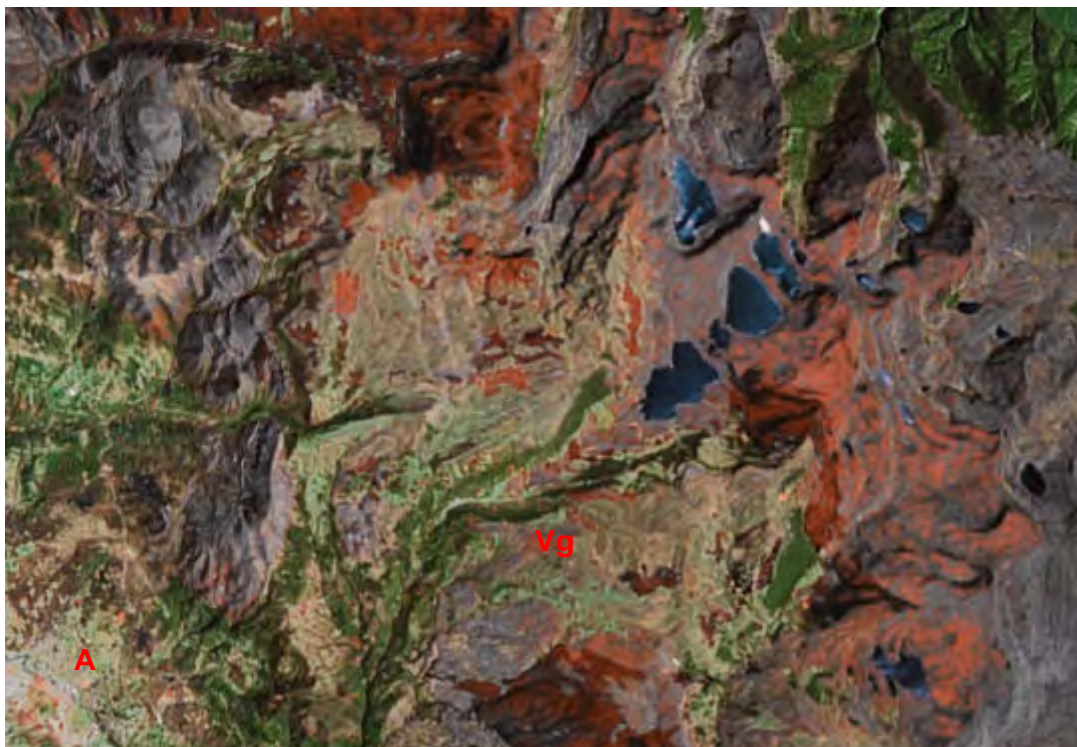


Figura 6.4. Imagen satelital de un valle glaciar con laguna (Vg) en las nacientes del río Imaza, poblado de Granada (A).

deslizamiento, un flujo de detritos, una avalancha de rocas o un movimiento complejo.

Un valle de represamiento presenta un dique conformado por el material removido proveniente del movimiento en masa. Aguas abajo del dique es posible observar el valle por donde discurren las aguas que se logran filtrar a través de este; aguas arriba o detrás del dique se observa una topografía plana conformada por la acumulación de material fino de tipo lacustre (limo, arcilla, arena), visible cuando el valle está seco, así como también es posible encontrar una laguna formada por la acumulación de las aguas que provienen de los afluentes ubicados en las cabeceras de los valles y que no encuentran un desfogue.

La unidad de valle de represamiento fue identificada en el río Huaylla, originada por la caída de huaycos cuyos materiales cerraron el valle; está ubicada cerca del poblado de Luya Viejo (Foto 6.15).

Otro valle de represamiento se encuentra en el río Illabamba en el distrito de Balsas, provincia de Chachapoyas, formado por el bloqueo del cauce del río en dos sectores debido a dos deslizamientos, y donde es posible observar la formación de una laguna.

El valle de represamiento más importante se ubica en el río Jebil, en la provincia de Rodríguez de Mendoza; este se formó por un

deslizamiento originado en la margen izquierda del valle, el cual represó el río y formó una gran laguna.

Geodinámicamente puede estar sujeto a la caída de huaycos hacia la zona de valle o a la laguna desde sus afluentes, así como a la generación de nuevos deslizamientos, derrumbes o movimientos complejos.

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

En segundo lugar están las islas que se forman por la dinámica de transporte y sedimentación de los ríos, al perder este su capacidad de carga. Estas islas están conformadas por materiales poco resistentes tipo arenas, limos y algo de arcillas, que pueden desaparecer al producirse una subida del caudal de los ríos; los cuales movilizan estos sedimentos con la consecuente desaparición de las islas (Foto 6.16).

Se localizan en los cauces o cerca de los ríos Santiago, Nieva, Utcubamba y Marañón. Estas geoformas son afectadas por procesos de erosión o inundaciones de tipo fluvial.



Foto 6.15.- Valle de represamiento en el sector de Huaylla Belén, valle del río Huaylla, provincia de Luya.



Foto 6.16.- Isla formada en el cauce del río Utcubamba, sector de Aserradero.

CAPÍTULO VII

EVALUACIÓN DE PELIGROS

DATOS HISTÓRICOS DE EVENTOS DESASTROSOS OCURRIDOS EN LA REGIÓN

Todo estudio de evaluación del peligro parte del análisis de los eventos registrados en su entorno en forma cronológica, que permiten conocer la distribución de las áreas que fueron afectadas en el pasado histórico (Zavala y Vilchez, 2006).

En este caso se recurrió a información bibliográfica y periodística (INGEMMET, INDECI, *El Comercio*; entre otros reportes) sobre los relatos y detalles de algunos eventos descritos en la literatura, así como a la información que se pudo obtener en los trabajos de campo. En el Cuadro 7.1 se resume la cronología de eventos sucedidos o que han llamado la atención en el pasado, registrando la ocurrencia de inundaciones fluviales, deslizamientos, huaycos o flujo de detritos, derrumbes y erosión fluvial.

Cuadro 7.1
**Cronología de los principales peligros geológicos y
geohidrológicos en la región Amazonas**

Fecha	Descripción del Peligro
1962, 1982, 1998, 1999	Inundación fluvial: Desborde del río Marañón que afectó drásticamente a la población de la capital del distrito de Imaza. La inundación afectó el mercado, la loza deportiva y las viviendas ubicadas en la margen derecha del río. En 1999 hubo 347 damnificados, 99 viviendas afectadas y 327 ha de cultivo perdidas. <i>Fuente: INDECI-Amazonas.</i>
Nov-66	Derrumbe: Los derrumbes en roca caliza se produjeron en la zona inmediata de las obras de la Central Hidroeléctrica de Tingorbamba (o Caclic), distrito de Chachapoyas, y represaron el río Utcubamba. <i>Fuente: Wilson, 1966.</i>
1970	Deslizamiento: Barrio La Laguna, sector Lajapata (Chachapoyas). Según versiones de los lugareños, desde el año de 1970 ocurren fenómenos de deslizamiento y asentamiento del suelo en un área estimada de 4 ha. El policlínico, ubicado en el asentamiento humano Virgen de Asunta, resultó afectado y actualmente se encuentra en abandono. <i>Fuente: INDECI-Amazonas.</i>
1975	Deslizamiento PUCACRUZ: Es uno de los antecedentes más saltantes de la ocurrencia de movimientos en masa en la ciudad de Chachapoyas, presenta 450 m de longitud aproximada de escarpa y el salto principal tiene 40 m. En la zona de escarpa del deslizamiento se construyó una carretera de acceso a la ciudad de Chachapoyas. <i>Fuente: Vilchez, 2007.</i>
1977, 1980	Escorrentía de aguas subterráneas: Desde 1977 el pueblo de Leimebamba fue sacudido por movimientos de suelos profundos que pusieron en situación de emergencia. A partir de 1980 se activaron escorrentías de aguas subterráneas que aparecieron en la zona de contrafuerte oeste de Leimebamba y que pueden activar deslizamientos o hundimientos. <i>Fuente: INDECI-Amazonas.</i>
1977, 1979	Inundación fluvial en los distritos de Chirimoto y Milpuc: Hubo 200 familias damnificadas que fueron reubicadas. Las causas fueron las fuertes precipitaciones pluviales y la crecida del espejo de agua de los ríos Shocol, Milpuc y Chirimoto. El nivel de agua en este último lugar llegó hasta 2,5 m sobre el piso de las casas, originando derrumbes y/o inhabilitación de las construcciones de adobe, tapiales, caña y barro; además destruyó el 100% de las viviendas. <i>Fuente: INDECI-Amazonas.</i>

Fecha	Descripción del Peligro
31/03/1977	Deslizamientos-flujos: En el sector Balsas o Alto Palomita y Terraza Media (Churuja), margen derecha de la quebrada Ushpachaca. El deslizamiento que se convirtió en flujo hizo colapsar 10 viviendas y ocasionó la muerte de 7 personas, también afectó el paso por la carretera Pedro Ruiz-Chachapoyas, infraestructura menor de riego, cultivos de pan llevar y frutales. <i>Fuente: INDECI-Amazonas.</i>
1978	Inundación fluvial: Distrito Omia. El fenómeno de inundación ocurre recurrentemente desde 1978, ocasionando daños a 80 viviendas de la zona urbana y 8 ha de cultivos y pastos naturales. <i>Fuente: INDECI-Amazonas.</i>
1978, 1999	Inundación fluvial: Barrio La Tuna, distrito de Nieva. Las inundaciones son recurrentes desde 1978 y han dañado las viviendas de la zona urbana en una extensión de 4 ha. Según Velasco, el nivel del espejo de agua del río Nieva llega a subir en promedio 5,50 m de altura y en años de crecida extraordinaria suele alcanzar hasta 7 m. <i>Fuente: INDEC-Amazonas.</i>
	En enero de 1999 fueron afectadas las localidades Juan Velasco Alvarado y Santa María de Nieva, hubo 200 personas damnificadas y 40 viviendas con daños severos. <i>Fuente: INDECI, 1999.</i>
1978, 1985	Inundación fluvial: Distrito Lamud. El fenómeno de inundación fue provocado por la crecida del nivel de agua de la quebrada Hualamita y el posterior embalse en los cruces de la calle Garcilazo de la Vega, jirón Colón y jirón San Martín. <i>Fuente: INDECI-Amazonas.</i>
Ene-83	Derrumbe: Progresiva 408 ONP (Distrito Cenepa). Según los lugareños, en la zona llovió durante 21 días en forma torrencial. Esto contribuyó a desestabilizar el frente del farallón, ya que al infiltrarse por el fuerte fracturamiento que tiene en el macizo rocoso, aumentó el peso hasta llegar al colapso, originando un importante desprendimiento de roca que cayó sobre la plataforma (material de relleno) y la empujó, comprometiendo el tubo del Oleoducto Norperuano que se encontraba enterrado, deformándolo inicialmente con posterior rotura. <i>Fuente: INGEMMET, 1986.</i>
1993	Flujo e inundación de detritos: El fenómeno destruyó 480 casas en Tingo, provincia de Luya, hubo 2500 personas damnificadas y 300 ha de cultivos afectados. <i>Fuente: El Comercio.</i>
11/05/1998	Deslizamiento: Anexo de Pacpa, distrito de Aserradero (Utcubamba): Ocurrió en forma escalonada y progresiva, con longitudes promedio de 900 m entre la zona de arranque y el pie deslizamiento, con un ancho de 300 a 350 m, saltos verticales o escarpas de 20 a 25 m. Las causas fueron la intensa deforestación, la filtración de agua y las fuertes precipitaciones pluviales por efecto del Fenómeno de El Niño. Afectó 50 familias y destruyó 18 viviendas y 100 ha de terreno de cultivo. <i>Fuente: Dávila, 1998.</i>
02/01/1998	Inundación fluvial: Incremento del nivel de agua y desborde del río Maraón, afectó 250 ha de arroz y 60 ha de otros cultivos en las zonas de Papaya Alta, Aviación, El Triunfo y Zambime. Dejó 40 familias damnificadas. Las causas fueron las fuertes precipitaciones pluviales ocurridas durante el Fenómeno de El Niño. <i>Fuente: El Comercio.</i>
08/12/1998	Huayco: En las quebradas Higerón y Mágol, a consecuencia de un deslizamiento potencial, se produjo un huayco cuyo impacto dejó en Coshac (Mariscal Castilla) dos personas fallecidas y dos viviendas destruidas. <i>Fuente: INDECI-Amazonas.</i>

Fecha	Descripción del Peligro
1998, 1999, 2001	Deslizamiento-flujo: Ciudad de Rodríguez de Mendoza, Distrito de San Nicolás. En la naciente de la quebrada Yuracyacu, ocurrieron pequeños deslizamientos que luego se convirtieron en flujo que afectó a la ciudad. En 1999 se inundaron las viviendas y colapsó la alcantarilla en el cruce con el jirón Amazonas y otros. En diciembre del 2001, el huayco destruyó 6 viviendas, afectó infraestructura educativa, murieron 2 personas y una desapareció. <i>Fuente: INDECI-Amazonas.</i>
1998	Deslizamiento: Barrio Amazonas, distrito de San Carlos. El evento afectó a 60 familias (de las cuales 52 fueron evacuadas y reubicadas) y a 50 ha de cultivo y pastos naturales. Las causas principales fueron las filtraciones de agua y las intensas precipitaciones pluviales como efecto del Fenómeno de El Niño. El deslizamiento se produjo en forma escalonada con una longitud promedio de 300 a 250 m, con saltos verticales o escarpas de 1,50 a 4,00 m y desplazamiento horizontal de 0,10 a 0,50 m entre las cotas 3 015 y 2 900 msnm. <i>Fuente: INDECI -Amazonas.</i>
30/04/1998	Huayco: Quebrada Alpachaca (Churuja). Las fuertes precipitaciones pluviales ocurridas durante el Fenómeno de El Niño produjeron el desplazamiento de grandes masas de lodo y roca que arrasaron con las obras de infraestructura de la minicentral hidroeléctrica y las obras de captación de agua potable, afectó viviendas, destruyó cultivos, obstruyó el paso por la carretera Pedro Ruiz-Chachapoyas y ocasionó el represamiento temporal del río Utcubamba. <i>Fuente: Dávila, 1998.</i>
12/03/1999	Inundación: Distrito de Jazan (Pedro Ruiz). Se registraron 63 personas damnificadas y 8 viviendas destruidas. <i>Fuente: INDECI, 1999.</i>
1999	Erosión fluvial: Kilómetro 237, carretera Fernando Belaunde Terry. La erosión fluvial provocada por la corriente de agua del río Utcubamba afectó la plataforma de la carretera e interrumpió el paso por esta vía. <i>Fuente: El Comercio.</i>
2001	Deslizamiento en roca: Evento de movimiento en masa que ocurrió al norte del centro poblado de El Porvenir (distrito de Cumba), afectó 200 ha de cultivos de plátanos, café, maíz y otros productos de pan llevar. <i>Fuente: El Comercio.</i>
06/09/2003	Inundación fluvial: Distrito de Santa Catalina. El incremento del nivel de agua en las quebradas Agua Bendita y Lejía causó el colapso de 2 viviendas y 6 más fueron afectadas, también afectó la infraestructura de servicios básicos y centros educativos. <i>Fuente: INDECI-Amazonas.</i>
08/05/2006	Deslizamientos-huaycos: Progresiva 472+100 ONP. Las lluvias torrenciales produjeron varios deslizamientos y flujos, con arrastre de grandes rocas, en la zona de Tutumberos (469 ONP), Fátima (471 ONP) y Chinganza, en la provincia de Imaza, provocó la rotura del Oleoducto Norperuano e interrumpió el paso por esta vía hacia la provincia de Condorcanqui. <i>Fuente: PETROPERU, 2006.</i>
09/01/2008	Huayco: Se registró en el sector de Gonchillo (Capachín) en el tramo Pedro Ruiz Gallo-Aserradero en la carretera Fernando Belaunde Terry, distrito de Bagua Grande. Además arrastró un ómnibus de la empresa EJETUR hacia el cauce del río Utcubamba, ocasionando 26 personas desaparecidas, 12 fallecidas y 8 heridas. <i>Fuente: INDECI-Amazonas.</i>
31/03/2008	Deslizamiento, inundación y erosión fluvial: En el cerro Santa Rosa, dos deslizamientos causaron el represamiento y desborde del río Utcubamba. La inundación y la erosión fluvial destruyeron 36 viviendas de la localidad Aserradero, colapsó el sistema de agua potable y desagüe, y se interrumpió el paso por la carretera Fernando Belaunde Terry a la altura de los kilómetros 263 y 265. La corriente del agua del río erosionó la plataforma de la carretera en una longitud de 500 m aproximadamente. <i>Fuente: INDECI, 2008.</i>

METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL INVENTARIO

Los movimientos en masa identificados se han descrito utilizando la clasificación sobre deslizamientos y en general de movimientos en masa de Varnes (1978 y 1984), y Hungr et al. (2001). Se diferencian procesos activos y antiguos¹ (algunos reactivados).

También se adoptaron algunos términos y agrupaciones propuestos en la Guía para la Evaluación de Movimientos en Masa del PMA-GCA (2007).

Los procesos de movimientos en masa y peligros geohidrológicos fueron cartografiados sobre la base de los mapas topográficos del Instituto Geográfico Nacional (IGN) e inventariados utilizando una «ficha o formato de inventario», donde se consignan datos morfométricos, geomorfológicos, geológicos, geotécnicos y de evaluación del peligro, de forma adecuada y fácil llenado. Además, en un gran porcentaje de fichas se incluye una o más fotografías. Cada ocurrencia tiene un código de identificación asignado de acuerdo a la numeración de la hoja topográfica del IGN a escala 1:100 000. Por ejemplo, si el área donde se inventarió el peligro se ubica en el cuadrángulo de Chachapoyas se tiene la numeración 1358 (código IGN), seguida del número de cuadrante (el cuadrángulo se ha dividido en cuatro cuadrantes, del 1 al 4) y el número correlativo con que se va inventariando.

Los datos consignados en las fichas fueron ingresados a la base de datos geocientífica del INGEMMET y trabajados en un software SIG, el cual permitió su representación gráfica, debidamente ilustrada con ejemplos de los tipos principales de movimientos en masa (Mapa 6), y también la actualización del Banco de Datos de Peligros Geológicos de Perú. Cada ocurrencia tiene una o más fotografías ilustrativas en formato digital.

TIPOS DE PELIGROS GEOLÓGICOS INVENTARIADOS

En el presente estudio se identificaron 1452 ocurrencias (Mapa 6), de las cuales 882 han sido identificadas en trabajos de gabinete y campo, mientras que 570 mediante la interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales.

La mayor cantidad de ocurrencias corresponden a deslizamientos (31%), flujos (28%) y caídas (caídas de roca y derrumbes, 19%), siguen los peligros geohidrológicos (inundaciones y erosiones fluviales; 8%) y finalmente están los movimientos complejos (7%), reptaciones de suelo (2%) y otros peligros (erosión de laderas y hundimientos, 5%) (Gráfico 7.1. a).

El Gráfico 7.1.b muestra la distribución porcentual de ocurrencias de los peligros naturales según origen, identificados en la región. En él se observa que los peligros geológicos (movimientos en

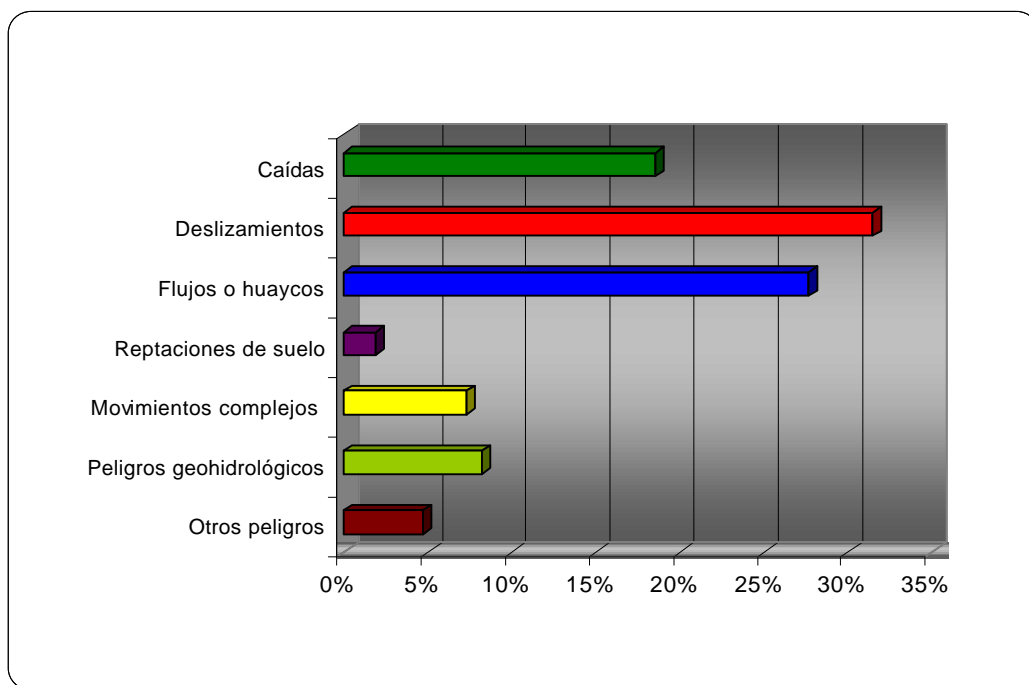


Gráfico 7.1.a. Estadística porcentual de los peligros naturales en la región Amazonas

¹En la estimación de la edad del movimientos en masa, se emplea las cuatro categorías para edad sugeridas por Mc Calpin (1984): 1) Activo (con récord histórico: <140 años), 2) Inactivo joven (140-5000 años), 3) Inactivo maduro (5000 a 10,000 años) y 4) Inactivo viejo (antiguo > 10,000 años). Esta clasificación puede aplicarse a otros peligros con inferencia y criterio subjetivo.

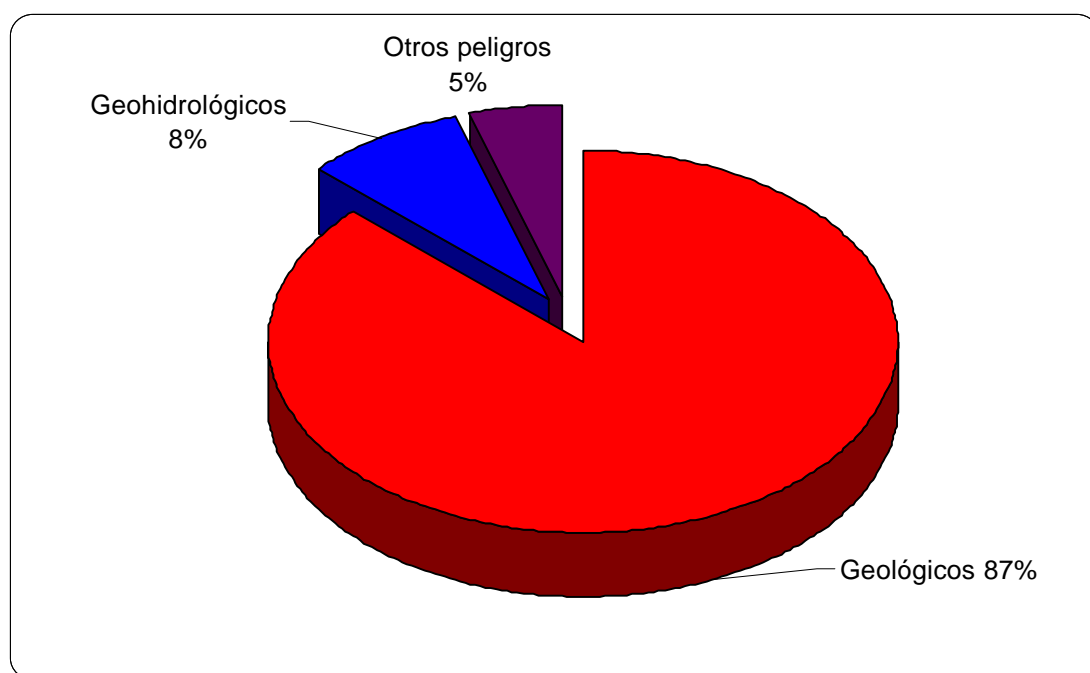


Gráfico 7.1.b. Distribución de los principales peligros naturales ocurridos en la Región Amazonas.

masa) representan el mayor número de ocurrencias (87%), seguido de lejos por los peligros geohidrológicos (8%) y otros peligros (5%).

Las principales ocurrencias de los diferentes eventos se describen en los Cuadros 7.2 al 7.7, en los que se indican datos como: paraje, sector o área afectada (distrito y provincia), causas o factores principales, así como una calificación cualitativa del grado de peligro, vulnerabilidad asociada y estimación del riesgo. Se incluye un comentario geológico-geodinámico relevante, así como las dimensiones del área afectada, y finalmente los daños ocasionados o probables a la vida y propiedad, según la información obtenida. Estos cuadros muestran además una columna donde se ha estimado cualitativamente:

- *Grado de peligro*, determinado en función de las características de los factores condicionantes, su estado de actividad, dimensiones (área y volumen de material involucrado) y recurrencia del evento. Se utilizan valores entre 2 y 5; 2 para bajo peligro y 5 para muy alto peligro.
- *Grado de vulnerabilidad*, considerando el tipo de área afectada por el evento, con daños materiales como infraestructura vial u obra de gran importancia: presa, bocatoma, central, daños a viviendas y áreas pobladas, servicios básicos, etc., pérdidas humanas, damnificados, etc. Asimismo se consideraron áreas que podrían ser influenciadas por un evento potencialmente peligroso (directa o indirectamente). La vulnerabilidad fue expresada en valores numéricos del 1 al 4; 1 para baja vulnerabilidad y 4 para muy alta vulnerabilidad.

- *Estimación del riesgo*, se ha considerando el producto simple del grado de peligro por el grado de vulnerabilidad ($R = P \times V$).

Movimientos en masa

Los movimientos en masa constituyen los procesos geológicos que involucran desplazamiento o remoción de masas rocosas (fracturadas y/o meteorizadas), depósitos inconsolidados, o ambos, por efecto de la gravedad (Zavala y Vilchez, 2006). Su ocurrencia en la región está estrechamente ligada a intensas precipitaciones pluviales y modificaciones antrópicas (factores detonantes), así como factores condicionantes o intrínsecos (litología, pendiente, morfología, cobertura vegetal, etc.).

Los movimientos en masa que se presentan en la región Amazonas son: deslizamientos, flujos, caídas de rocas y movimientos complejos. Se han identificado un total de 1 261 ocurrencias de movimientos en masa, su distribución se muestra en el Gráfico 7.2. Los primeros lugares están ocupados por los deslizamientos (36%), los flujos (32%) y las caídas (21%), seguidos por los movimientos complejos (8%) y las reptaciones de suelo (2%).

A) Caídas

Es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de la ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire y puede efectuar golpes, rebotes y rodamientos (Varnes, 1978, citado en PMA: GCA, 2007).

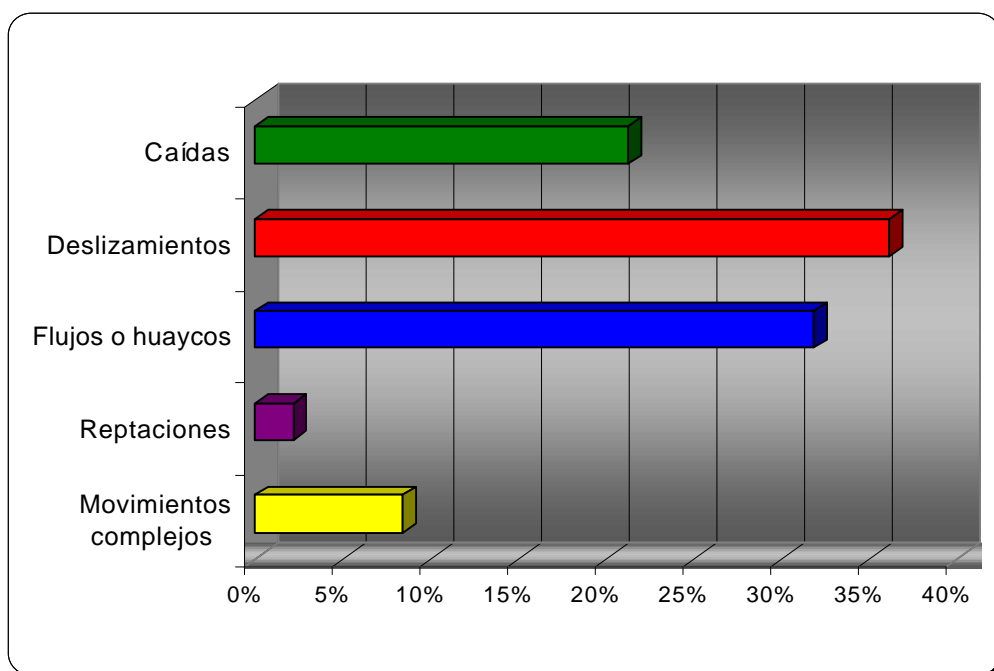


Gráfico 7.2. Distribución porcentual de los principales movimientos en masa ocurridos en la región Amazonas.

En la región se presentan en forma aislada y abarcan el 21% del total de los movimientos en masa. Una breve descripción de los principales peligros por caída (caída de rocas y derrumbes) inventariados se encuentra en el Anexo I.

Estos movimientos en masa se han subdividido en dos tipos principales: caída de rocas y derrumbes, según su mecanismo principal y la morfología de las zonas afectadas por el movimiento así como el tipo de material involucrado.

Caída o desprendimiento de rocas: Ocurren en laderas de montañas y colinas de moderada a fuerte pendiente, frentes rocosos escarpados y montañas estructurales; están asociados a litologías de diferente naturaleza (rocas sedimentarias, principalmente en la región), sujetos a fuerte fracturamiento. Se presentan también en taludes (cortes) para obras civiles (carreteras y canales principalmente), como se muestra en la Foto 7.1.

Una característica importante de la caída de rocas es que el movimiento no es masivo ni del tipo flujo. Existen interacción mecánica entre fragmentos individuales y su trayectoria, pero no entre fragmentos en movimiento (PMA:GCA, 2007).

Derrumbes: Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas (colapso);² a lo largo de superficies irregulares de arranque

o desplome de material como una sola unidad, desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros (Foto 7.2).

B) Deslizamientos

Los deslizamientos son movimientos en masa, que pueden ser rápidos o lentos, traen consigo grandes volúmenes de materiales (suelos, formaciones superficiales, rocas, cobertura vegetal), se desprenden y se desplazan pendiente abajo como un solo bloque, sobre un plano resbaloso, inclinado o cóncavo. Se caracterizan por desarrollar una o varias superficies de ruptura, una zona de desplazamiento y una zona de acumulación de material desplazado, bien definidas. Las escarpas pueden tener varias formas desde circulares hasta rectas, presentar saltos de terreno desde centímetros hasta varios metros. El tamaño varía desde algunos metros hasta varios kilómetros, como el caso de la figura 7.1.

Ocurren sobre laderas de pendientes suaves a escarpadas, sobre todo tipo de materiales litológicos, y a diferentes velocidades desde muy lentos a muy rápidos.

Estos fenómenos tienen una causa natural, ya que muchas de las laderas que conforman los cerros tienen una predisposición a la generación de deslizamientos; esto es evidente en las cicatrices de antiguos deslizamientos, algunos de ellos se han reactivado por diferentes factores.

² Corominas y García (1997) utilizan el término colapso cuando el movimiento en masa es eminentemente vertical.



Foto 7.1.- Caída de rocas, derrumbes y pequeños huaycos que afectan la carretera entre los distritos de Maino y Levanto, en la margen derecha del río Osmal.



Foto 7.2.- Vista aguas abajo del río Utcubamba, en la margen izquierda se observa un derrumbe que ocurrió en noviembre de 1966. Al pie del derrumbe se construyó la Central Hidroeléctrica de Cállic. Distrito de Lonya Chico, provincia de Luya.

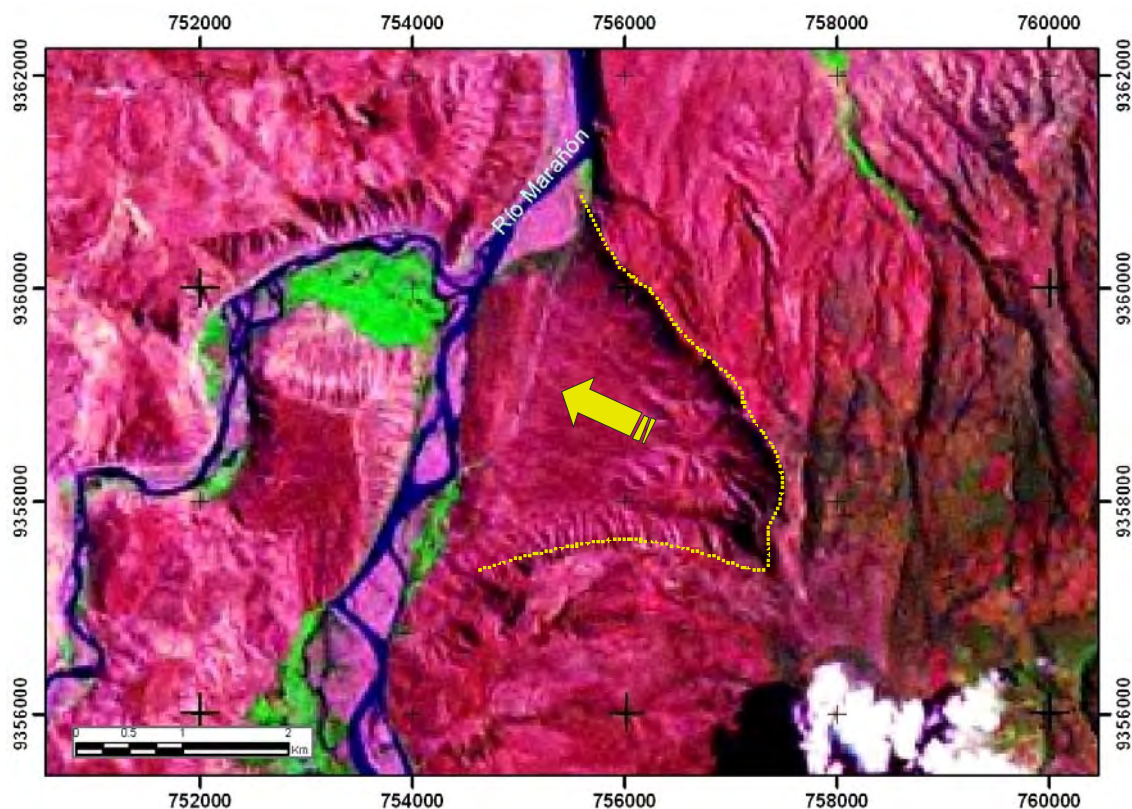


Figura 7.1: Escarpa de deslizamiento rotacional antiguo, ubicada en la margen derecha del río Marañón, puerto El Sauce.

Los deslizamientos cartografiados son abundantes en relación al total de movimientos en masa inventariados (1 261 ocurrencias), ocupan el primer lugar en ocurrencia en la región con 36%. Son del tipo rotacional (384 ocurrencias) y traslacional (73 ocurrencias) e involucran rocas sedimentarias principalmente, así como intercalaciones de suelos coluvio-residuales, deluviales y proluviales.

La mayor cantidad de deslizamientos ocurrieron en las provincias de Chachapoyas, Luya y Bongará, seguidos por las provincias de Utcubamba, Bagua, Rodríguez de Mendoza y en último lugar la provincia de Condorcanqui.³ (Gráfico 7.3).

En el Anexo II se describen las principales ocurrencias de deslizamientos inventariados en la región.

Los deslizamientos que muestran escarpas antiguas de mayor dimensión (decenas de metros) han sido reconocidos en las fotografías aéreas y las imágenes satelitales (Figura 7.1), así como en la interpretación de cartas topográficas, y fueron verificadas en campo (Fotos 7.3.a y b).

Las fotos 7.3.a y 7.3.b muestran el comportamiento de la cobertura

vegetal. La foto 7.3.a fue tomada en el momento en que ocurrió el deslizamiento y la foto 7.3.b fue tomada seis años después, en ella se puede ver que la escarpa del deslizamiento se encuentra cubierta parcialmente por vegetación natural. Esto nos indica que muchos deslizamientos (sobre todo los que tienen escarpa de longitudes menores a 50 m) son cubiertos o borrados rápidamente por la vegetación típica de la zona.

C) Flujos

Los flujos son un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante a un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea de un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Los flujos en Perú más conocidos son los de detritos, conocidos comúnmente como huaycos.

En la región se ha identificado la ocurrencia de un porcentaje importante (32%) dentro de los movimientos en masa (ocupan el segundo lugar con 402 ocurrencias), están asociados a terrenos con vertientes ligeramente inclinadas, y se presentan tanto como depósitos canalizados (proluviales y aluvionales) como no canalizados (deluviales).

³La existencia de pocos deslizamientos en la provincia de Condorcanqui, posiblemente se deba a la abundante cobertura vegetal que impide una correcta fotointerpretación o visualización.

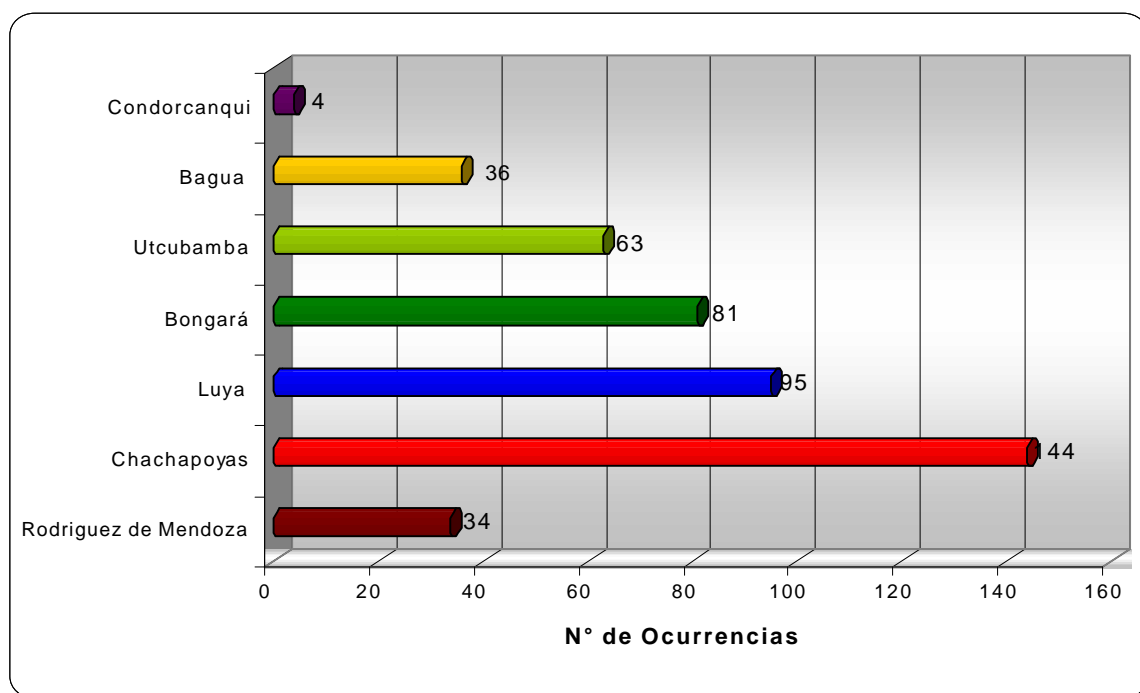


Gráfico 7.3. Ocurrencias de deslizamiento por provincias



Foto 7.3.a Escarpa del deslizamiento rotacional que ocurrió en la localidad El Porvenir. Foto tomada en junio del 2001.
Fuente: *El Comercio*.

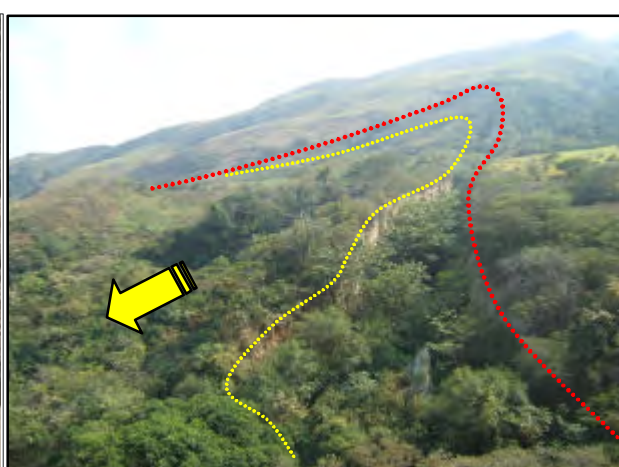


Foto 7.3.b Escarpa del deslizamiento rotacional activo parcialmente cubierto por vegetación natural. Foto tomada en agosto del 2007.

Muchos abanicos prehistóricos con depósitos de gran dimensión se encuentran en las márgenes de los ríos Utcubamba, Marañón y en el valle del Huayabamba.

La mayor cantidad de flujos (huaycos) han ocurrido en las provincias de Luya, Chachapoyas, Bagua y Rodríguez de Mendoza, seguidos por las provincias de Utcubamba, Bongará y en último lugar Condorcanqui⁴ (Gráfico 7.4).

En el Anexo III se describen las principales ocurrencias de flujos inventariados en la región.

D) Movimientos complejos

Los movimientos complejos se producen por la combinación de uno o más de los tipos de movimientos en masa descritos anteriormente.

⁴ La poca ocurrencia de flujos en la provincia de Condorcanqui posiblemente se deba a la abundante cobertura vegetal.

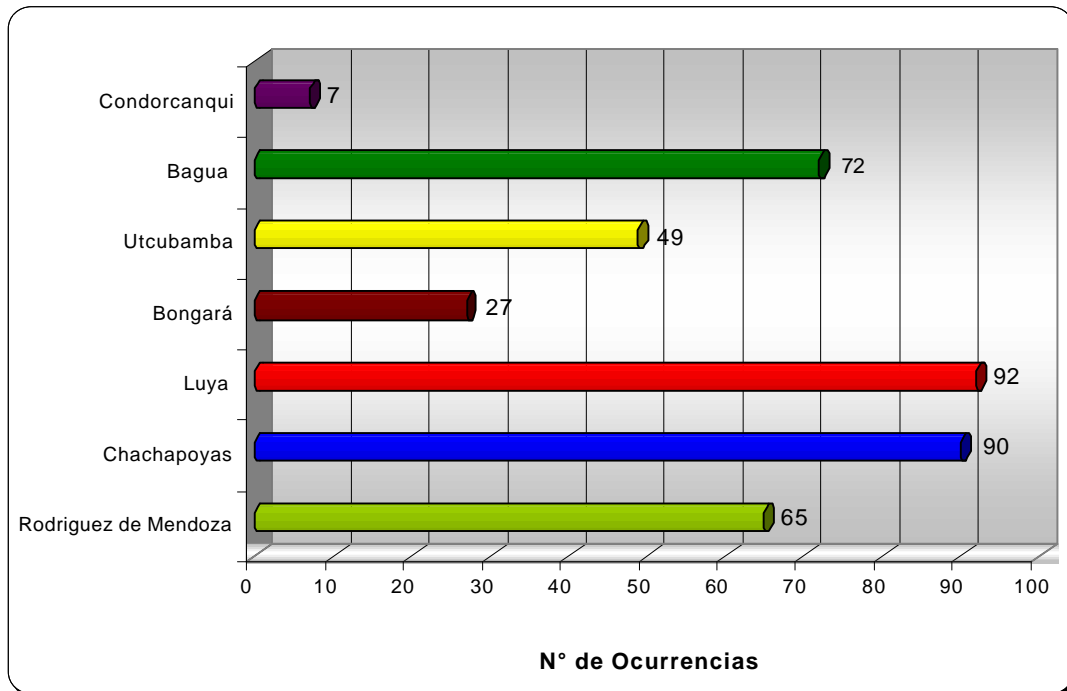


Gráfico 7.4. Ocurrencias de flujo por provincias.



Foto 7.4.- Cauce de la quebrada Rondón colmatado por depósitos de flujos o huaycos, que interrumpen el tránsito por la vía Chachapoyas-Rodríguez de Mendoza.



Foto 7.5.- Poblado de Pipus, asentado en depósitos de un antiguo flujo de detritos o huaycos.



Foto 7.6.- Anexo Tingo, en la intersección de los ríos Tingo y Utcubamba, el área fue afectada por flujos e inundación de detritos (huayco) en abril de 1993.



Foto 7.7.- Quebrada Tingo (carretera Fernando Belaunde Terry, kilómetro 278), área afectada por flujo de detritos. En el abanico existe una fábrica de gaseosas que debe ser reubicada.

No son muy frecuentes en la región. Se identificaron algunos procesos antiguos que en conjunto suman 107 ocurrencias (8%). Las dimensiones de estos eventos van desde decenas hasta cientos de metros, un ejemplo se muestra en la Foto 7.9.

E) Reptaciones de suelos

Son movimientos extremadamente lentos de una masa de suelo detrítico con matriz arcillosa, sin una superficie de falla definida (Suárez, 1988).

Representan en la región un reducido porcentaje (2%) de los movimientos en masa inventariados. Afectan principalmente áreas de pastizales y se desarrollan sobre terrenos desde suave, hasta moderada y fuerte pendiente (5°, 20° y 35°). Las principales áreas afectadas se encuentran en los alrededores de la ciudad de Chachapoyas.

Peligros geohidrológicos

Estos tipos de peligros se refieren a inundaciones y erosiones fluviales, se presentan principalmente en las márgenes de los ríos Marañón, Utcubamba, Santiago, Nieva, Cenepa, Shocol, etc., y en las quebradas afluentes (Mapa 6).

A) Inundaciones fluviales

Se conoce como zonas inundables aquellas que son anegadas durante eventos desde normales a extraordinarios (lluvias promedio con avenidas estacionales y lluvias intensas con avenidas poco frecuentes). Se encuentran ubicadas en zonas adyacentes a los ríos y cursos de aguas.

Según Zavala y Vílchez (2006), las causas que generan las zonas susceptibles a inundarse se clasifican en:

- Áreas plano depresionadas con deficiencias de drenaje superficial; incluye zonas urbanas con deficiencia de sistemas de drenaje pluvial y en las que se producen encharcamientos por lluvias intensas y prolongadas.
- Áreas adyacentes a los ríos principales o quebradas secundarias, anegadas por aumento del caudal (aguas y sedimentos), que sobrepasan su capacidad de escurrimiento superficial y transporte.
- Desbordes de lagunas o embalses artificiales por aumento del nivel de agua, debido a lluvias intensas.
- Obstáculos al flujo natural por construcción de obras civiles (puentes, espolones y obras de encauzamiento mal diseñados) o reducción del cauce por ocupación antrópica inadecuada (ganancia de tierras para áreas urbanas o agrícolas).
- Obstáculos o desviaciones temporales por explotación de áridos o material aluvial en construcciones civiles.
- Obstáculos o desviaciones temporales generados por otros movimientos en masa (deslizamientos o flujos de detritos).
- Sedimentación o colmatación de cauces fluviales por flujos e inundación de detritos.⁵

Según el Gráfico 7.5, la provincia de Condorcanqui tiene la mayor cantidad de áreas inundables (42), seguida por las provincias de Utcubamba (15), Bagua (13), Rodríguez de Mendoza (8), Chachapoyas (7), Luya (5) y en último lugar esta la provincia de Bogará (1) (véase Mapa 6 y Fotos 7.10, 7.11 y 7.13).

⁵ Durante el período de estiaje predominan los fenómenos de depósito porque las velocidades son relativamente bajas y la capacidad de transporte de sedimentos es reducida.



Foto 7.8.- Flujo (avalancha de detritos) ubicado en la margen derecha del río Olia, cerro Malcamal, distrito de Molinopampa. El evento modificó el cauce del río.



Foto 7.9.- Movimiento complejo (deslizamiento-flujo) en el sector de la quebrada El Mito, margen izquierda del río Guambo. En el abanico se encuentra asentado el anexo de Mito, distrito de Omia.

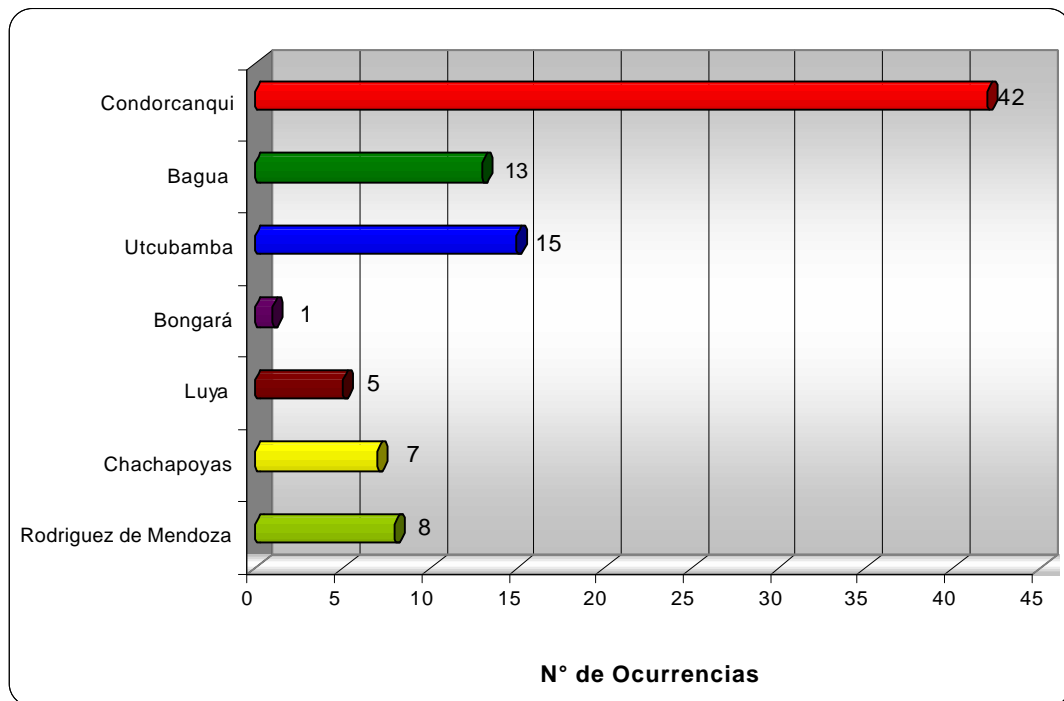


Grafico 7.5. Zonas inundables por provincias



Foto 7.10.- Vista panorámica del cauce del río Utcubamba y de la ciudad de Bagua Grande. En la margen derecha se observa la llanura meandrica inundable o terrazas inundables cubierto por cultivos de arroz.



Foto 7.11.- Vista panorámica del valle del Huayabamba donde existen pueblos importantes como Rodríguez de Mendoza (San Nicolás), Mariscal Benavides, Longar, Cochamal y otros. Se observa que el valle tiene una pendiente muy baja y existen abundantes cultivos de frutales susceptibles a inundaciones fluviales.



Foto 7.12.- Puente Nieva en el caserío Tayunsa. La población se encuentra asentada en ambas márgenes del río y podría ser afectada por inundaciones.



Foto 7.13.- El hospital Santa María de Nieva, provincia de Condorcanqui, se encuentra construido en la margen derecha del río Nieva y podría ser afectado por inundaciones excepcionales.

El resumen de los principales sectores afectados por erosión fluvial se muestra en el Anexo IV.

B) Erosión fluvial

La acción erosiva de un río se debe a la energía del agua. Es capaz de arrancar trozos de roca y suelo que al ser arrastrados por la corriente actúan como un martillo sobre el cauce del río, desprendiendo nuevos fragmentos. Como el cauce no es regular, se producen remolinos que arrastran arenas y gravas, puliendo el fondo del río y creando cavidades.

En otros casos, cuando el curso se encuentra con grandes obstáculos, el agua «busca» las zonas más frágiles, las desgasta y forma nuevos cauces.

El resultado de la erosión consiste en materiales más o menos finos que el agua arrastra a lo largo del curso del río. En el curso medio empiezan a depositarse cuando la fuerza de la corriente no es capaz de mantener estas partículas en suspensión. Pero la fuerza erosiva actúa después sobre estos depósitos y los desgasta más por la zona en que la velocidad del agua es mayor, mientras deposita nuevos materiales donde es más débil. El resultado final son sinuosidades del río que son llamados meandros. Con el tiempo y las crecidas, el río puede volver a abrirse paso en línea recta o formar nuevos cauces, dejando en sus márgenes lagunas en forma de media luna como la que ocurrió en Aserradero el 31 de marzo de 1999 (Foto 7.14).

En la región, las áreas donde se intensifica la erosión fluvial están ubicadas entre los pueblos de Bagua Grande hasta Pedro Ruiz, en la margen izquierda del río Utcubamba. Afecta principalmente a la plataforma de la carretera Fernando Belaunde Terry (Foto 7.15).

En el cuadro Anexo V se nombran los principales lugares afectados por la erosión fluvial.

Otros peligros geológicos

A) Erosión de laderas

La erosión que ejerce el agua sobre los suelos puede ser laminar, en surco y en cárcava (Villota, 2005).

Erosión laminar. Se refiere a la remoción más o menos uniforme de láminas delgadas de suelo desde superficies inclinadas, sin que se formen claramente canales de desagüe. En la erosión laminar intervienen dos procesos fundamentales: a) el desprendimiento de partículas de suelo por la lluvia, y b) el alejamiento de dichas partículas desde su emplazamiento primitivo por escurrimiento difuso.

Erosión en surcos. Se desarrolla a partir de la erosión laminar, con la cual no tiene un límite definido. La remoción de suelo ocurre en mayor cantidad a lo largo de pequeños canales formados por cursos intermitentes de escorrentía. Afectan suelos permeables y con pendientes medias a fuertes, o cuando la intensidad y la duración de las precipitaciones pluviales son altas.

Erosión en cárcavas. Proceso intenso de erosión hídrica causado por escurrimiento superficial concentrado, capaz de remover material de suelo hasta profundidades considerables. La intensidad y amplitud de la formación de cárcavas guardan una íntima relación con la cantidad de agua de escurrimiento y la velocidad de ésta; además están reguladas por las características del suelo (permeabilidad, cohesión), del relieve, del clima y de la cobertura vegetal protectora. Las cárcavas pueden aumentar sus



Foto 7.14.- Sector Tres Marias en el kilómetro 237 de la carretera Fernando Belaunde Terry, margen izquierda del río Utcubamba. Erosión fluvial que afectó la plataforma de la carretera en marzo de 1999. Foto tomado por A. Bisbal, INDECI. Fuente: El Comercio.



Foto 7.15.- Kilómetro 370 de la carretera Fernando Belaunde Terry, margen izquierda del río Nieva. Erosión fluvial que afectó la plataforma de la carretera.

dimensiones en profundidad, amplitud y longitud, gracias a diversos procesos que ocurren aislada o simultáneamente. El perfil transversal de las cárcavas pueden ser en **V** o en **U**, todo depende del tipo de material existente.

Estos procesos son comunes en las cuencas del río Marañón y Utcubamba (Formaciones Inguillpata y El Milagro, agrupadas dentro de la subunidad V-6). Los lugares más afectados se ubican en los alrededores de los poblados de Inguillpata, Colcamar, al norte de la ciudad de Bagua y al norte de la ciudad de Chachapoyas (Fotos 7.16, 7.17 y 7.18).

Las principales áreas afectadas por la erosión de laderas se describen en el Anexo VI.

PELIGRO SÍSMICO

Generalidades

El Perú, por su ubicación geográfica en la zona central y occidental de Sudamérica, se presenta muy accidentado debido principalmente al proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana. Este proceso da origen a un gran número de sismos de diferentes magnitudes con focos a diversos niveles de profundidad y que han producido en superficie distintos grados de destrucción. Estos sismos son parte de la principal fuente

sismogénica, calificada así porque en ella se han producido los sismos de mayor tamaño en nuestro país. Una segunda fuente es la zona continental cuya deformación produce la formación de fallas de diversas longitudes con la consecuente ocurrencia de sismos de magnitudes menores en tamaño a los que se producen en la primera fuente (Cahill y Isacks, 1992; Tavera y Buforn, 2001).

Los sismos constituyen el mayor peligro al cual se encuentra sometido nuestro territorio, de ahí que los daños que ellos provocan en los poblados, áreas rurales y 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. Para el monitoreo de la actividad sísmica que ocurre en el territorio peruano, el Instituto Geofísico del Perú (IGP) opera una red sísmica nacional compuesta por 31 estaciones, de las cuales 20 son de periodo corto y 11 de banda ancha.

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



Foto 7.16.- Quebrada Yojamal afectada por erosión en cárcava y surco; también ocurren deslizamientos, derrumbes y pequeños flujos.



Foto 7.17.- Erosión en cárcava ubicada en la cuenca alta de la quebrada Santa Lucía, al norte de la ciudad de Chachapoyas.



Foto 7.18.- Erosión en cárcavas ubicada en el cerro Brujopata, noreste de la ciudad de Bagua.

Sismicidad histórica de la región Amazonas

La historia sobre los acontecimientos sísmicos ocurridos en Perú ha sido descrita con detalle por Silgado (1978). Existe información de sismos históricos importantes que han producido diversos niveles de daño en la región de Amazonas y localidades adyacentes. La descripción de los sismos más importantes que han producido daños en distintos puntos de la región se presenta en el Cuadro 7.2 (Silgado, 1978). Según las informaciones contenidas en el cuadro, las máximas intensidades en la escala Mercalli Modificada evaluadas en la región de Amazonas que oscilaron entre VI y X, corresponden al sismo ocurrido el 24 de julio de 1912, que fue uno de los más importantes.

Silgado (1978) elaboró los mapas de intensidades de la mayoría de los sismos descritos en el Cuadro 7.8, siendo uno de ellos el del terremoto del norte del Perú ocurrido el 24 de julio de 1912, cuyo epicentro macrosísmico estuvo situado dentro del departamento de Piura, en la región de la cordillera occidental.

Ese sismo tuvo una intensidad máxima de X en la escala Modificada de Mercalli, sus coordenadas epicentrales fueron 05° 36' Sur, y 80° 12' Oeste, y llegó a ocasionar daños severos a lo largo de toda la línea costera. Las isosistas alcanzaron valores entre X (Huancabamba, Limón, Tamborapa) y VIII MM (Figura 7.2). El sismo del 14 de mayo de 1928, que tuvo una intensidad máxima de X en la escala Modificada de Mercalli, tuvo sus coordenadas epicentrales en 05° 00' sur, y 78° 00' oeste (Figura 7.3). Fue devastador y produjo muertes en varias poblaciones interandinas

en el norte del Perú (Puerto Éten, Chiclayo, Caleta Santa Rosa, Cartavio y otros). El sismo del 29 de mayo de 1990 y el del 4 de abril de 1991 en la región nororiental del Perú, a pesar de tener magnitudes relativamente pequeñas, ocasionaron daños severos debido al tipo de construcción y las condiciones del suelo en las áreas pobladas de la región. El 29 de mayo de 1990, a las 9:34 p.m. (hora local), un sismo con magnitud $m_b=6.0$ ocurrió al suroeste de Rioja. Este sismo causó 70 muertes y ocasionó daños a 6 000 de las 20 000 viviendas del área epicentral. La mayoría estaban construidas con adobe y tapial. En este sismo se observó una intensidad máxima promedio de VII MM en Soritor (Alva et al., 1990; Huaco et al., 1990; Torres et al., 1990).

Distribución de intensidades sísmicas máximas

La región Amazonas fue afectada por un gran número de sismos con intensidades que oscilaron entre VI y X (MM), siendo los más importantes los que ocurrieron frente a la línea de la costa norte del Perú (zona de subducción) en los días 14 de febrero de 1619 con intensidad de IX MM; 24 de julio de 1912 con intensidades de VIII MM en Piura y VI en Huancabamba; 14 de mayo de 1928 con intensidades de IX MM en Chachapoyas y VII MM en Moyobamba, Bagua, Jaén y Huancabamba; 12 de diciembre de 1953 con intensidad de VIII MM en Corrales; 19 de junio de 1968 con intensidades de X MM en Angaisa y VII MM en Moyabamba; 31 de mayo de 1970 con intensidad de IX MM en Casma y Chimbote; el 29 de mayo de 1990 con intensidades de VII MM en Soritor, Porvenir y VI en Moyobamba; y el 4 de abril de 1991 con intensidad de VII MM en Moyobamba y Nueva Cajamarca.

Cuadro 7.2
Descripción de los datos
macrosísmicos ocurridos en la región

Fecha	Hora	Localidad	Intensidad	Observaciones
14/02/1619	11:30	Trujillo	IX	Terremoto en el norte del Perú que arruinó los edificios de Trujillo y sus templos, extendiéndose la destrucción a las villas de Sana y Santa. Según la crónica del Padre Calancha, el movimiento fue sentido en más de 300 leguas de N a S ($2\,000\text{ km} \pm$) y en más de 60 leguas de E a W ($300\text{ km} \pm$).
				Murieron 350 personas, de las cuales 130 quedaron sepultadas en las ruinas. Este movimiento de tierra se sintió fuerte en Lima, aunque no hizo daños, según lo refirió Fray Antonio Vásquez de Espinosa (1628).
26/11/1877		Chachapoyas		Chachapoyas sufrió los efectos de una recia sacudida de tierra que tuvo intensidad de V (MM).
28/09/1906	10:25		VII	Notable conmoción sísmica en un área de forma elíptica de $310\,000\text{ km}^2$, que comprendía gran parte de la costa, sierra y hasta las estribaciones de la cordillera Oriental. El eje mayor de la elipse se extendió entre Guayaquil (Ecuador) y Tarma. El eje menor entre Trujillo y Moyobamba. En la ciudad de Chachapoyas alcanzó la intensidad VI-VII RF, se cuartearon las paredes, se desquiciaron los techos y se desplomaron las antiguas murallas.
				El sismo fue sentido fuertemente en Huancabamba, Ayabaca, Sullana, Piura, Morropón, Tumbes y Santa.
24/07/1912-	06:50	Norte del Perú	X	Terremoto en el Norte, arruinó la ciudad de Piura y poblaciones circunvecinas, ocasionando muertos y heridos. Iceberg (1930) estimaba una intensidad de X-XI en el área epicentral que nos parece hoy algo exagerada en vista del tipo, edad y calidad de las construcciones que predominaban en esa ciudad a comienzos de siglo.
				Dentro de esa área quedaron afectadas las provincias de Piura, Huancabamba, Jaén en el Perú y las poblaciones ecuatorianas limítrofes, que incluían la del Guayas. La ciudad de Piura fue la más afectada, quedando en condiciones habitables solo el 1%. Las estadísticas de la época evaluaron las pérdidas en un millón y medio de soles.

Fecha	Hora	Localidad	Intensidad	Observaciones
14/05/1928	17:12	Chachapoyas	X	Notable conmoción sísmica que trajo devastación y muerte en varias poblaciones interandinas en el norte del Perú. La ciudad de Chachapoyas sufrió destrucción casi total. Sus casas de adobe y adobón como las antiguas murallas, no pudieron resistir los violentos embates y se desplomaron en gran parte.
				Graves daños experimentaron las ciudades de Huancabamba en las sierras de Piura, las de Cutervo, Chota y Jaén en Cajamarca. Hacia el Oriente, en Moyabamba (860 msnm) cayeron alrededor de 150 casas. Una atenuación de los efectos destructores se apreció en Cajamarca (2 814 msnm) y en Piura, Lambayeque y Trujillo, situados en la costa. En Iquitos, en el río Amazonas, ocurrieron algunos daños de menor cuantía.
18/07/1928	14:05	Chachapoyas		Una fuerte réplica del terremoto del 14 de mayo causó en Chachapoyas el desplome de algunas casas que se encontraban ya desarticuladas con motivo de ese gran sismo. El movimiento fue intenso en Cajamarca, Chilete, Contumazá, Trujillo y Molinopampa. En la vecina República del Ecuador los caminos de Chumbi y Loma Grande quedaron completamente dañados, según la <i>Breve historia de los principales terremotos en la República del Ecuador</i> (1959).
21/06/1937	10:13	Costa norte	VII	Gran temblor sentido en la costa desde el paralelo 5° hasta el 11° de latitud sur y unos 180 km hacia el interior. Área probable de percepción 315 000 Km ² . En la ciudad de Trujillo ocasionó caída de cornisas y rajaduras de paredes. En Lambayeque y en el puerto de Salaverry, derrumbes parciales de las torres de las iglesias. Intensidad VI de la Escala MM. Ligeros daños en las ciudades andinas de Cajamarca y Cutervo. Fuerte en Chimbote y Casma. Sentido en todas las poblaciones del Callejón de Huaylas hasta Chiquián, lo mismo que en Celendín, San Marcos y Pomabamba, situados en la vertiente del Alto Marañón.
15/06/1945	18:03	San Martín y Amazonas	VII	Fuerte movimiento sísmico en los departamentos de San Martín y Amazonas. Destructor en Moyabamba. Percibido en un área de 42 000 km ² . En Moyabamba se dañaron 97 casas. En el valle del Mayo y quebradas adyacentes se formaron grietas por las que emanaron aguas. Intensidades: en Moyabamba VII (MM); en Soritor, Calzada, Habana y Japelacio V (MM).

Fecha	Hora	Localidad	Intensidad	Observaciones
23/06/1951	20:44	Costa del litoral norte	VI	Sismo originado en el océano frente a la costa del litoral norte. En la ciudad de Trujillo y el puerto de Pacasmayo se sintió con intensidad V de la escala MM. Sentido en las poblaciones de Cajamarca y en las del Callejón de Huaylas.
12/12/1953	12:31		IX	Un fuerte y prolongado movimiento sísmico afectó seriamente a la parte noroeste del Perú y parte del territorio ecuatoriano. En las poblaciones de Tumbes y Corrales causó la muerte de 6 personas, 20 heridos y numerosos daños materiales. Fue sentido en un área aproximada de 700 000 km ² , limitada por los paralelos 0° 30' y 11° de latitud sur y por los meridianos 75° y 81° oeste y el área de mayor destrucción abarcó unos 5 000 km ² . Dentro de esa superficie, sufrieron daños algunas construcciones recientes de concreto armado, las ruinosas de adobe y otras de ladrillo.
15/06/1954	08:30	Celendín	VI	La región nororiental fue conmovida por un fuerte sismo que causó ligeros daños materiales en las construcciones de las ciudades de Moyobamba, Celendín y Chachapoyas.
19/06/1968	03:14	Angaisha	X	Desde el avión, Kuroiwa y Deza (1968) pudieron divisar varios deslizamientos en zonas de altas a moderadas pendientes en los cerros de Angaisha. Martínez Vargas (1969) indicó derrumbes en el área afectada.
				Terremoto que sacudió la parte norte de San Martín, murieron 15 personas. Moyobamba y Yantalo fueron los poblados más cercanos al epicentro. Varios deslizamientos en zonas de fuertes y moderadas pendientes.
31/05/1970	15:30	Ancash	X	Uno de los terremotos más catastróficos en la historia del Perú. El número de víctimas fue de 50 mil personas muertas, 20 mil desaparecidos y 150 mil quedaron heridos según el informe de la Comisión de Reconstrucción y Rehabilitación de la zona afectada.
				La mayor mortalidad se debió al gran aluvión que siguió al terremoto y que sepultó al pueblo de Yungay.
				En Chiclayo se sintió con una intensidad de V MM, y en Amazonas con grado IV MM.
09/12/1970	23:55	Querocotillo		Un sismo de magnitud 7,2 sacudió y averió las poblaciones del noroeste del Perú. Murieron 48 personas.

Fecha	Hora	Localidad	Intensidad	Observaciones
20/03/1972	02:34	Juanjui y Saposo	VII	Terremoto en Juanjui y Saposo. El sismo dejó 22 heridos y 500 viviendas derrumbadas o semidestruidas. Licuación de arenas en Juanjui y asentamientos en la carretera marginal de la selva. Derrumbes de cerros en Saposo. Sentido en Tarapoto, Lamas, Moyabamba y Rioja en San Martín y varias provincias de los departamentos de La Libertad, Lambayeque y Huánuco. Intensidad de VII (MM) en Moyabamba y Rioja.
29/05/1990	21:34	Soritor	VII	Fuerte sismo que afectó a los poblados de Soritor y Porvenir así como Rioja, Yorongos y Habana causando daños materiales. También fueron afectados San Martín, Amazonas, Cajamarca, Moyabamba, Chachapoyas, Jaén y Bagua. Magnitud 6,4 grados Richter. 77 muertos, 1 680 heridos, 58 835 damnificados y 11 000 viviendas destruidas.
04/04/1991	10:23	Nueva Cajamarca	VII	Sismo fuerte que afectó los poblados de Moyobamba, Yantalo y Nueva Cajamarca. Alcanzó grado VI MM en Rioja. Terremoto magnitud 6,2 Richter. Afectó San Martín, Amazonas y La Libertad. Muertos: 53, Heridos: 216. Damnificados: 181 344. Viviendas: 30 224 destruidas. Remeció Rioja, Moyobamba, Chachapoyas y Bolívar. 139 escuelas se desplomaron.
04/04/1991	23:19	Moyobamba	VII	Con un radio aproximado de 4500 km. Asimismo las localidades afectadas por este terremoto fueron las de Yuracyacu, El Porvenir, Tabalosos, Ramírez, San Juan de Pacaysapa, Rodríguez de Mendoza, Chachapoyas y Progreso.
25/09/2005	08:55	Lamas-Moyobamba	VI	Fuerte sismo que afectó la región oriental del Perú, en las localidades de Yurimaguas. Lamas y Pampa Hermosa. Hubo 2 500 damnificados y 5 personas murieron por derrumbes de sus viviendas. Aproximadamente 500 viviendas de adobe se desplomaron o sufrieron daños mayores. Se registraron intensidades de IV-V en Contamán, Juanjui, Iquitos, Chiclayo, Trujillo y Huánuco.



Figura 7.2. Mapa de isosistas del sismo del 24 de julio de 1912 en Huancabamba.

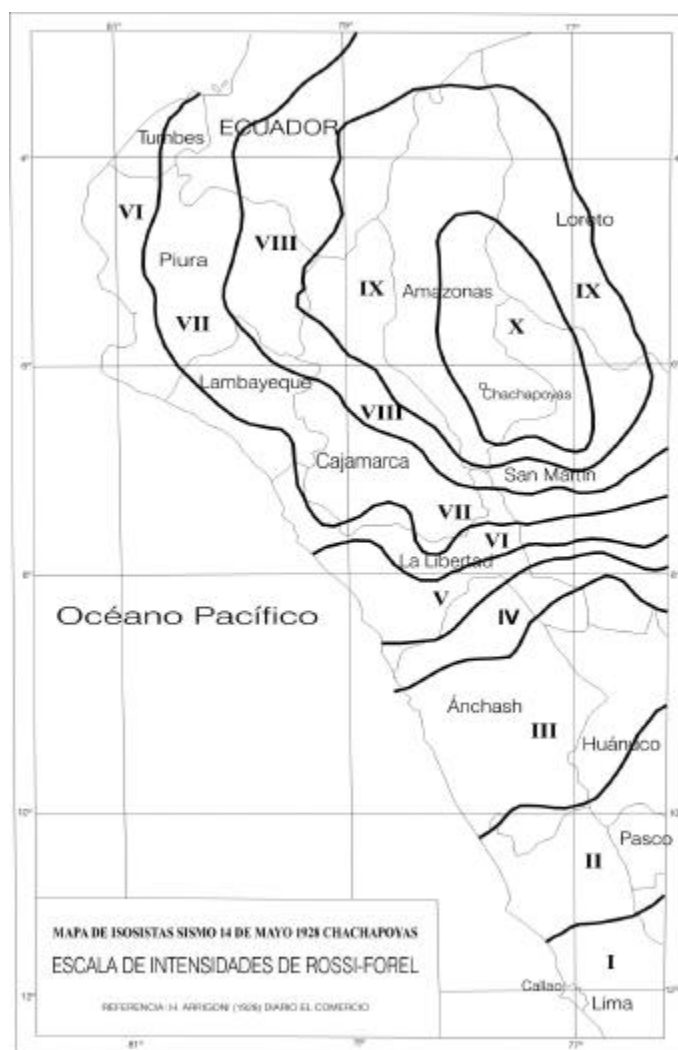


Figura 7.3. Mapa de isosistas del sismo del 14 de mayo de 1928 en Chachapoyas.

En la Figura 7.4 se presenta el Mapa de Distribución de Intensidades Sísmicas Máximas elaborado para el Perú por Alva y Meneses (1984) como parte del proyecto SISRA a cargo del Centro Regional de Sismología para América del Perú y el Caribe (CERESIS). Dentro de la región Amazonas se observa que prevalecen las intensidades máximas que son del orden de VIII (MM). El resto del área se caracteriza por presentar intensidades VI, VII y un foco puntual de IX (MM), muy cerca de la ciudad de Chachapoyas.

Sismotectónica de la región

La sismotectónica del Perú se caracteriza por la colisión y subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana, 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 con mayor riesgo sísmico en América Latina.

Estudios sobre la neotectónica de Perú (Sebrier et al., 1982), así como la elaboración de los mapas neotectónico (Machare et al., 1991) 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 la región Amazonas, la falla influyente más importante corresponde a:

Sistema de fallas del Alto Mayo (AM), ubicada entre las latitudes 4° a 8° Sur, presenta fallas activas de diferentes longitudes (300 a 500 km) y en general se orientan paralelas a la cordillera andina con buzamiento SO (Bernal et al., 2002). Son de tipo inverso sobre la zona subandina, al pie de los principales plegamientos formados por la subsidencia del escudo brasileño bajo la Cordillera Oriental.

Distribución espacial de los sismos

Para el análisis de la distribución espacial de los sismos ocurridos en el Perú se ha utilizado la base de datos históricos e instrumental del IGP que considera los sismos ocurridos entre los años 1500 a 2005. Según el mapa de la Figura 7.5, los sismos han sido clasificados en superficiales ($h < 60$ km), intermedios ($61 < h < 350$ km) y profundos ($h > 351$ km), y su distribución espacial muestra que los sismos superficiales ocurren frente a la línea de costa sobre una banda de aproximadamente 400 km, desde Tumbes hasta Tacna. Sismos con el mismo rango de magnitud también están presentes en el interior del continente y en mayor número sobre la región subandina de las regiones norte y centro de Perú. En la zona andina propiamente dicha se producen menor cantidad de sismos (Tavera y Buforn, 2001; Bernal y Tavera, 2002).

Los sismos con foco superficial ($H < 60$ km) se distribuyen entre la fosa y la línea de costa de manera irregular, formando pequeños agrupamientos. En general, en la región norte los sismos tienden a localizarse a mayor distancia de la costa; mientras que en la región centro el número de sismos es mayor frente a la costa del departamento de Áncash (9,5°-11° Sur) debido probablemente a la llegada de la Fractura de Mendaña y menor frente a la costa de Lima (11°-14° Sur). En esta región la historia sísmica indica la ocurrencia de varios sismos de magnitud elevada, siendo los más catastróficos los ocurridos en 1970 (Áncash) y 1974 (Lima), ambos con magnitudes de 6,4 y 6,2 mb respectivamente.

La sección muestra que los sismos aumentan de oeste a este con focos ubicados a menos de 50 km en la zona oceánica hasta 150 km de profundidad por debajo del continente. Entre 328 y 510 km de distancia horizontal desde el punto A se observa menor ocurrencia de sismos, siendo estos más superficiales, lo que puede indicar la existencia de una laguna sísmica. A partir de la distancia de 492 a 615 km, desde el punto A, aumenta el número y profundidad de los sismos. Estos niveles de profundidad indicarían el límite de contacto y la forma de la placa de Nazca bajo el continente. Los sismos con foco superficial se concentran mayormente a una distancia entre 510 a 615 km desde el punto A, con una profundidad que no sobrepasa los 60 km, marcando así el límite inferior de la deformación superficial en el interior del continente.

Estudio sísmico probabilístico

A fin de conocer las aceleraciones máximas producidas por un sismo que en el futuro pudiera ocurrir en la región de Amazonas, se ha procedido a evaluar el peligro sísmico de dicha región utilizando la base de datos sísmicos del Catálogo Sísmico del IGP, la ley de atenuación de Casaverde y Vargas (1980), y las fuentes sismogénicas definidas por Zamudio y Tavera (2004). Para el cálculo de las aceleraciones máximas se ha hecho uso del programa RISK III (Guire, 1999).

Así se presentan los mapas de aceleraciones máximas para un periodo de retorno de 20, 50 y 100 años con un 10% de excedencia dentro de la región. Se muestra el mapa de distribución de aceleraciones máximas para un 10% de excedencia para 20 años que oscilan entre 250 a 420 gals (Figura 7.6); para el periodo de 50 años de vida útil varían de 300 a 485 gals (Figura 7.7) y para 100 años varían de 340 a 550 gals (Figura 7.8). Estos resultados muestran que las áreas más propensas a soportar aceleraciones importantes se encuentran en el sector este y centro de la región de Amazonas, siendo coherente con el importante número de sismos que en dicha área ocurren.

Zonificación y aceleraciones máximas

Los diversos estudios de sismicidad existentes en la bibliografía han sido la base para que Alva (1999) elabore el Mapa de



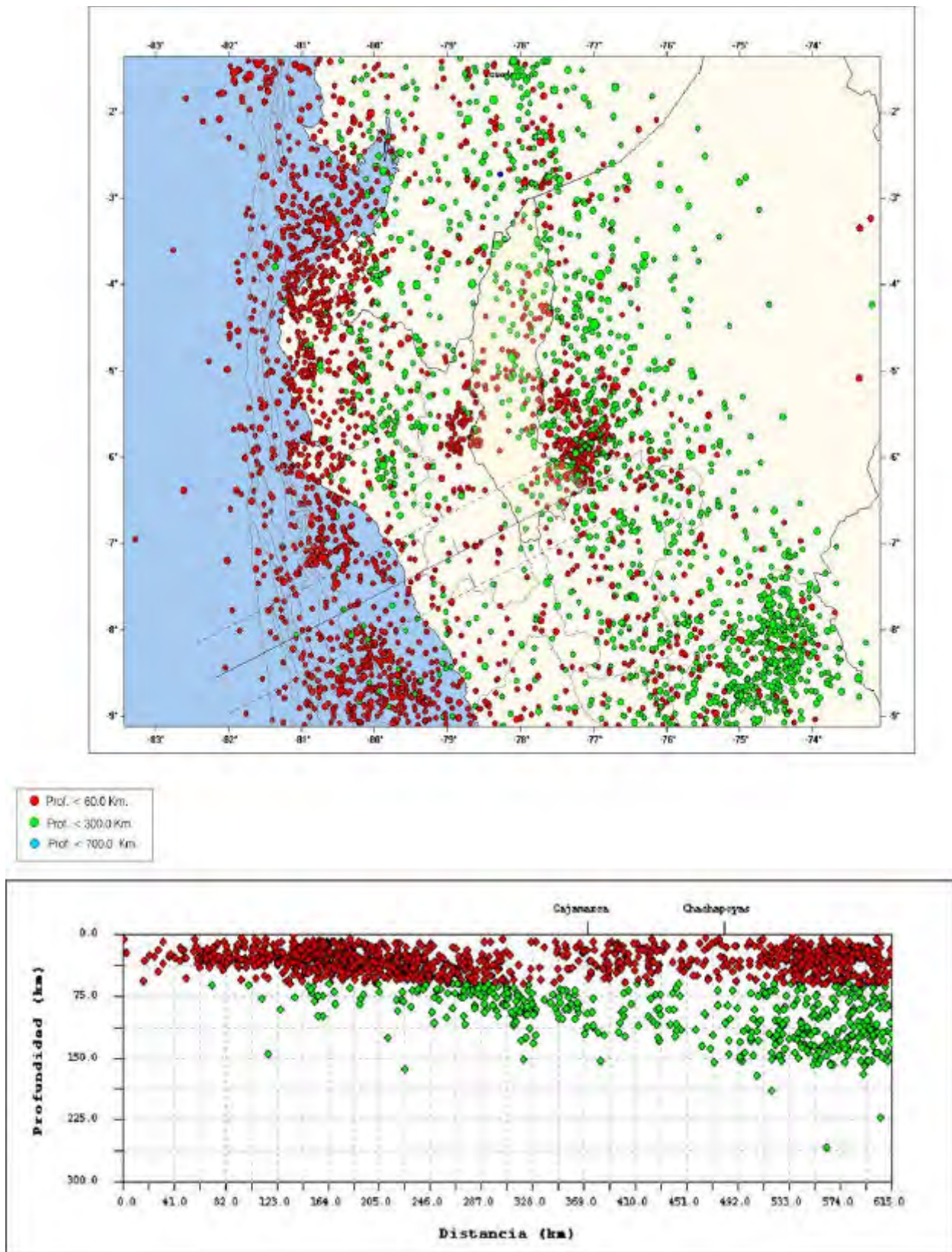
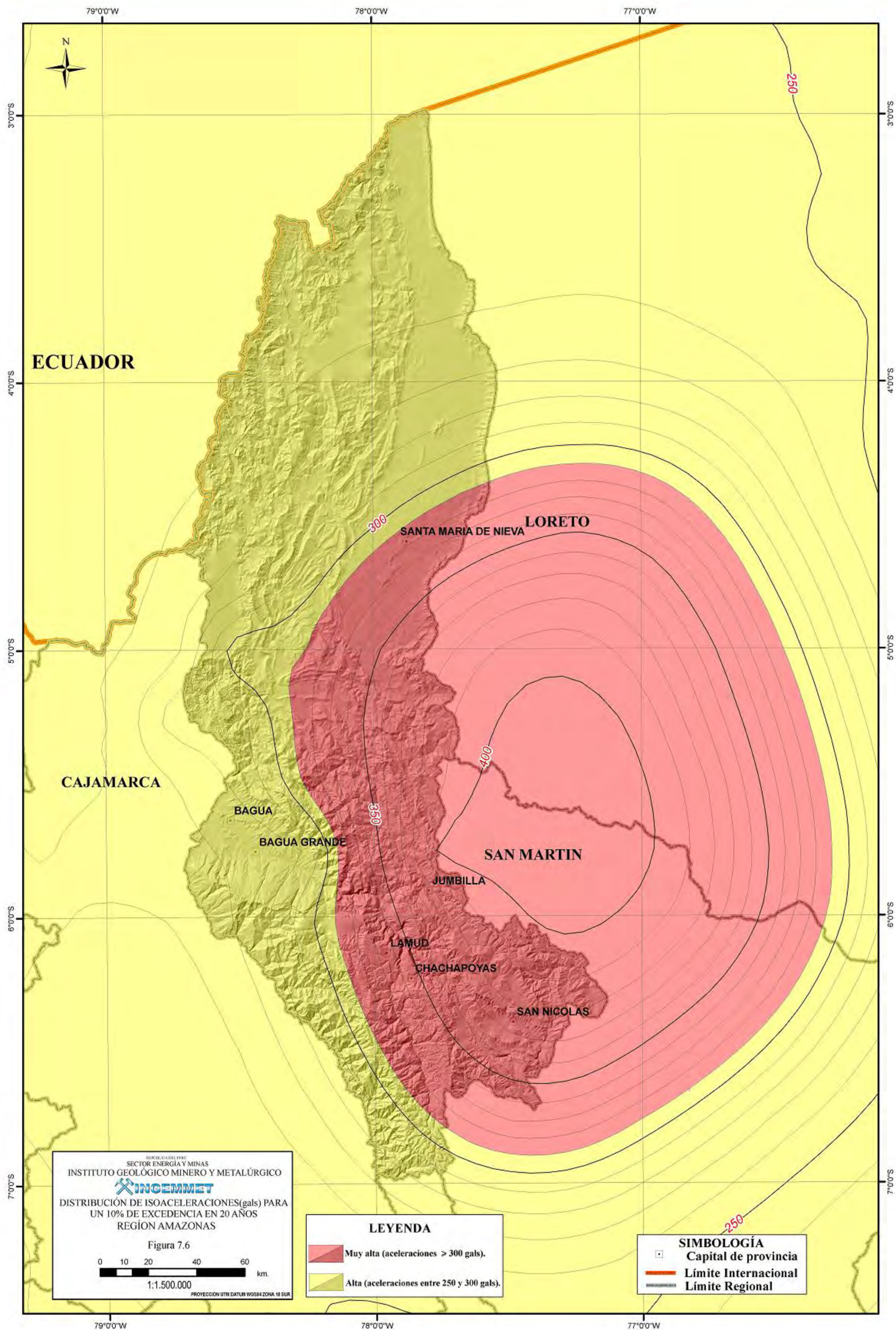
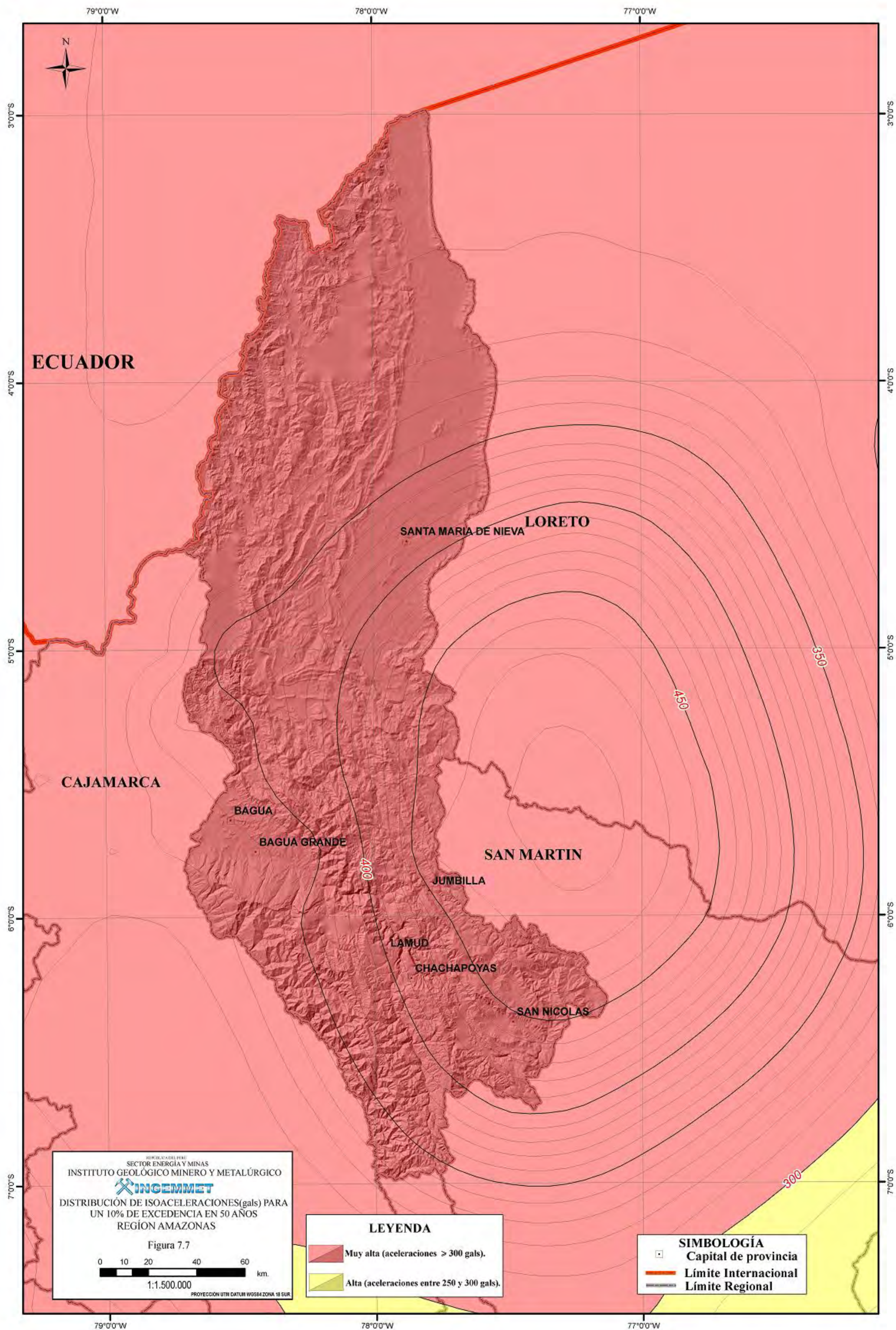
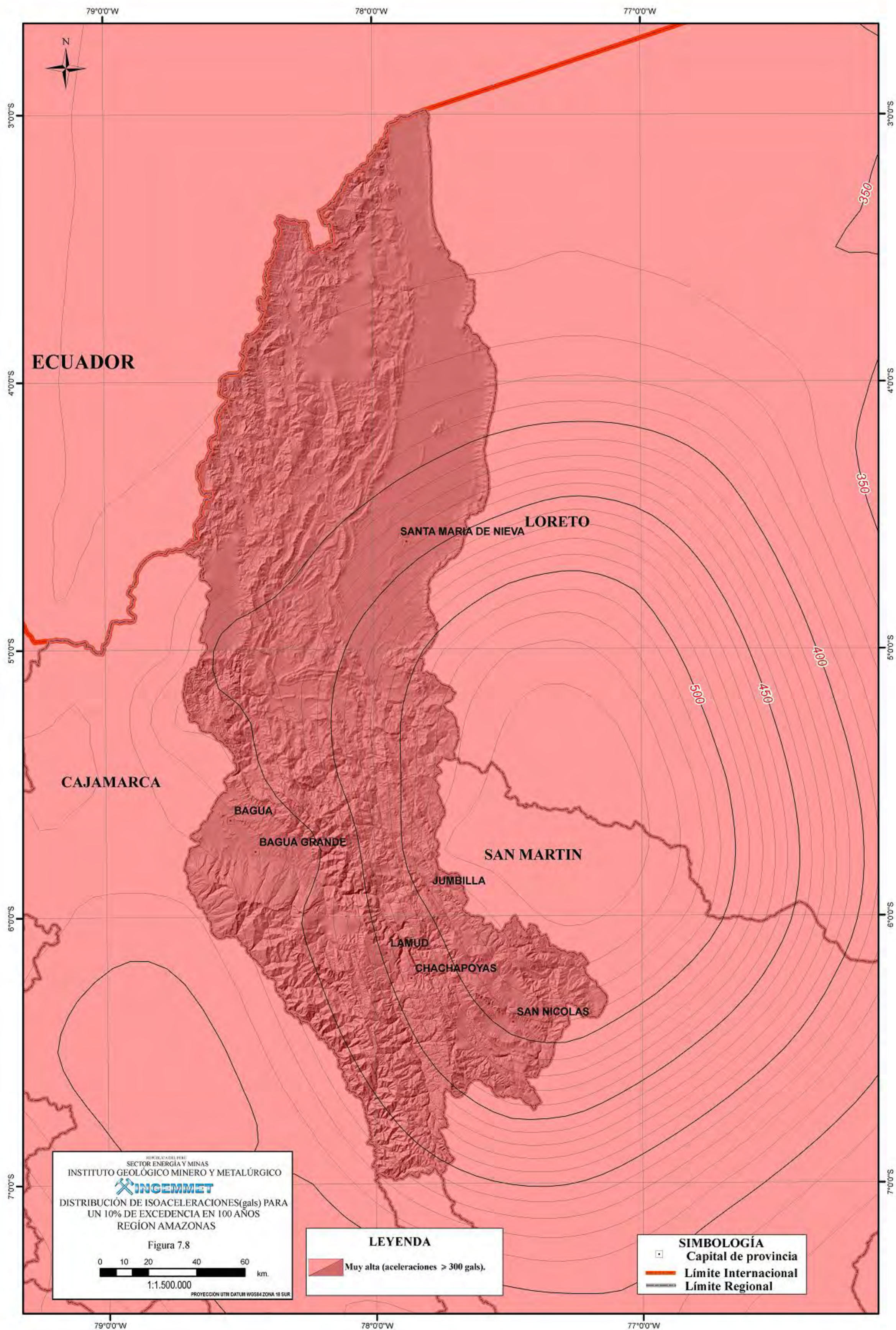


Figura 7.5. Distribución espacial de los sismos en los alrededores de la región.







Zonificación Sísmica para Perú, el mismo que actualmente es utilizado en el Reglamento de Construcción Sísmica y que fue aprobado según Norma Sismorresistente NTE 030-97 MTC/ SENCICO (1997). Según dicho mapa, la región Amazonas se ubica en la Zona 2 correspondiente a una Sismicidad Media (Figura 7.9).

El mapa de zonificación sísmica es coherente con el de aceleraciones máximas, y de su comparación es posible definir la existencia de una zona de alta a muy alta sismicidad bien marcada, en la cual las áreas con valores de intensidades máximas coinciden con las de aceleraciones máximas.

Asimismo en la Figura 7.10 se presenta la curva de peligro sísmico calculado que muestra la probabilidad de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud para la ciudad

de Chachapoyas. De la figura se deduce que en dicha zona se produciría una aceleración máxima de 705 gals con una probabilidad de 0,002%, siendo el periodo medio de retorno del sismo que produce dicha aceleración de 900 años. Aceleraciones del orden de 395 gals se producirían con un porcentaje de 0,05% con periodos de tiempo de 60 años en promedio.

Según la *Guía Metodológica de Evaluación de Riesgo por Fenómenos de Remoción en Masa* (Ojeda, J., et al. (2002) (Cuadro 7.3), con ventanas de tiempo para 20, 50 y 100 años de vida útil, corresponden 200, 475 y 1 000 años de periodo de retorno respectivamente, para un 10% de excedencia. Estos valores se han determinado de manera general.

De acuerdo a valores de aceleraciones máximas esperadas para la región, las categorías se dividen en alta y muy alta.

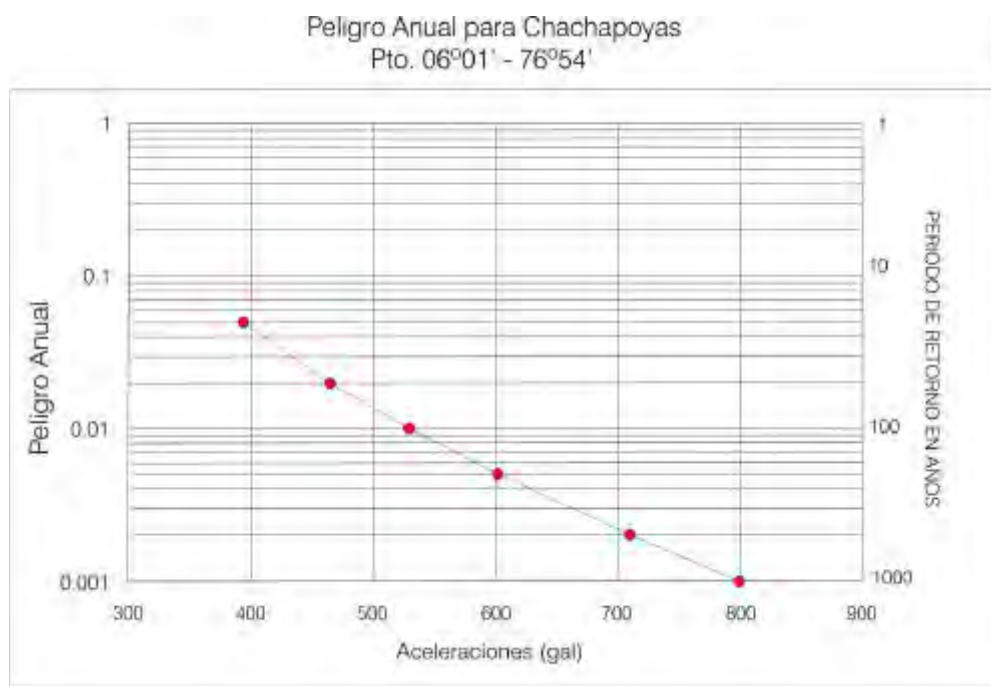


Figura 7.10: Curva de peligro anual de la ciudad de Chachapoyas.

Cuadro 7.3
Clasificación del factor detonante (sismicidad)

Categoría	Descripción	Valor asignado
Alta	Se espera un AMH entre 250 a 300 gals.	3
Muy alta	Se espera un AMH mayor de 300 gals	4

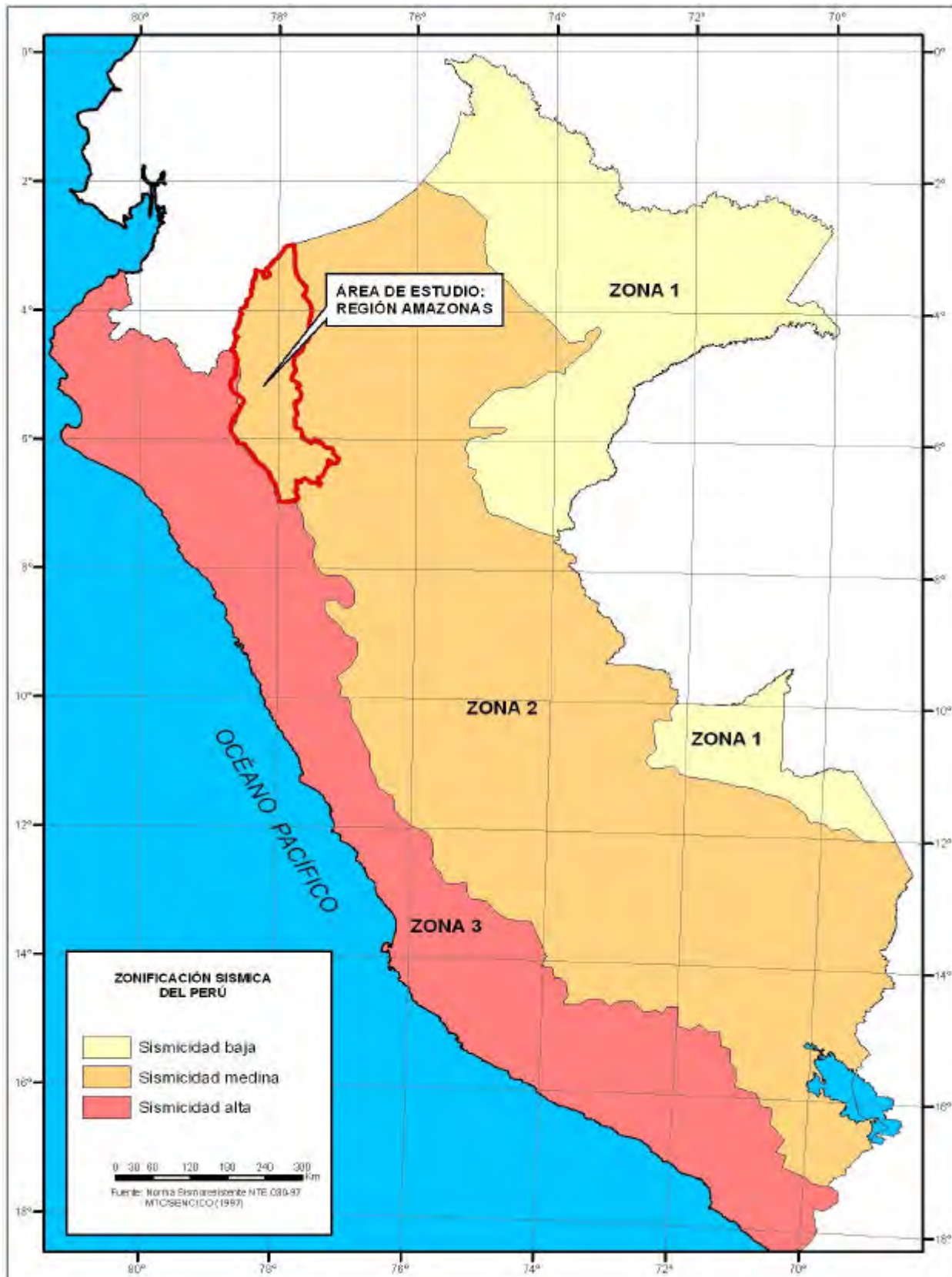


Figura 7.9: Zonificación Sísmica del Perú.

CAPÍTULO VIII

SUSCEPTIBILIDAD A LOS PELIGROS

GENERALIDADES

La susceptibilidad de un terreno a fallar es definida por Brabb (1984) como la tendencia de un deslizamiento a ser generado en el futuro en un área específica. En el mismo sentido Soeter y van Westen (1996) definen susceptibilidad como la posibilidad de que un fenómeno ocurra en un área de acuerdo con las condiciones locales del terreno, y especifican que factores detonantes tales como precipitaciones o sismicidad no son considerados.

Los términos 'amenaza' y 'susceptibilidad' han sido erróneamente usados como sinónimos. Los mapas de susceptibilidad zonifican el terreno de acuerdo a la favorabilidad a fallar de una ladera, con el propósito de analizar posteriormente los mecanismos detonantes (Aristizábal y Tokota, 2006). En tanto que 'amenaza' es la probabilidad de ocurrencia de deslizamiento en áreas susceptibles, y a diferencia de 'susceptibilidad' involucra frecuencia y magnitud. Esta definición de amenaza considera tiempo y espacio, dos factores que involucran la cuantificación de las causas detonantes.

Existen diferentes formas de elaborar los mapas de susceptibilidad, los más usados son los **mapas de inventario**, en los cuales se reconocen las áreas donde ocurren, han ocurrido y pueden volver a ocurrir eventos.

Otra forma de elaborar los mapas de susceptibilidad es empleando los **mapas de factores**, en los que se identifican las áreas donde confluyen determinados factores que condicionan su ocurrencia en una determinada área, aunque estos no hayan ocurrido, pudiendo suceder en un futuro. La metodología se basa en la preparación de mapas temáticos de factores condicionantes y en la superposición de estos mapas, estableciendo el grado de susceptibilidad en función del peso asignado a cada uno de los factores considerados. Los mapas se preparan con la ayuda del Sistema de Información Geográfica (SIG).

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

SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA

Para determinar los grados de susceptibilidad a los movimientos en masa en la región Amazonas, se ha empleado el método basado en la categorización y ponderación de factores (método heurístico, indirecto, cualitativo). Cada factor o variable corresponde a un mapa temático, que se combina con los otros y de esta manera se obtiene una zonificación de la susceptibilidad en grados cualitativos. Los factores o variables utilizados para el análisis de susceptibilidad a los movimientos en masa son los siguientes: pendiente de los terrenos, litología, geomorfología, hidrogeología y cobertura vegetal (Tabla 8.6), los cuales se han analizado individualmente por su grado de susceptibilidad.

Factores para el análisis de susceptibilidad a los movimientos en masa

Factor pendiente (P)

El Mapa de Pendientes (P) como factor condicionante es un parámetro importante en la evaluación de todo tipo de proceso de movimiento en masa, por ello diversos autores consideran a esta variable como fundamental en el análisis de susceptibilidad (Aguilar y Mendoza, 2002, citado en Restrepo y Velásquez, 1997; Mora y Vahrson, 1994; Van Westen y Terlien, 1995).

Existen algunas divergencias en el análisis de la relación pendiente versus movimientos en masa.¹ No es apropiado generalizar la relación entre movimientos de masa y pendiente para todos los ambientes climáticos. Diversos autores coinciden en que pendientes bajas y altas o muy altas son menos susceptibles a los movimientos en masa.

En el presente trabajo se adoptó la siguiente clasificación (Tabla 8.1):

- Las áreas de menor pendiente son poco susceptibles a los movimientos en masa, pero son afectadas por eventos originados en las porciones adyacentes o superiores de mayor pendiente. Las inclinaciones entre 0 y 1° se calificaron con el valor cero (susceptibilidad muy baja a nula), mientras que los terrenos con pendientes mayores de 45° recibieron valor 2 (susceptibilidad media).

- Las laderas con inclinación suave (1 a 5°) conforman relieves con baja susceptibilidad aunque algunas veces son afectadas por eventos que se originan en pendientes más inclinadas, generalmente flujos de detritos (huaycos). Se asignó a este rango el valor 1 (susceptibilidad baja).
- Las laderas con inclinaciones entre 5 y 15° se consideran con susceptibilidad media a los movimientos en masa y se calificaron con el valor de 2.
- Las laderas con pendientes entre 15 y 25° son las más susceptibles (susceptibilidad muy alta) y se les asignó el valor de 4.
- Se consideró susceptibilidad alta para los terrenos con laderas entre 25 y 45° de pendiente, asignándole el valor de 3.

De acuerdo a esto, es fácil de que ocurran movimientos en masa en laderas cuya inclinación principal varía entre fuerte a escarpada (15-45°); también es alta la susceptibilidad a la erosión de laderas (surcos y en cárcavas) de colinas o montañas, bajo el criterio de que a mayor pendiente se facilita el escurrimiento superficial y por ende la erosión hídrica o pluvial será mayor.

Cuadro 8.1
Clasificación de pendientes y susceptibilidad

Pendientes	Calificación	Susceptibilidad
0 a 1°	0	Muy baja a nula
1 a 5°	1	Baja
5 a 15°	2	Media
15 a 25°	4	Muy alta
25 a 45°	3	Alta
>45°	2	Media

Los flujos de detritos son muy frecuentes en terrenos con pendientes entre 20 a 35°, también ocurren en mayores pendientes (35 a 50°), pero son menos frecuentes en áreas con pendientes entre 5 y 20°. La erosión de laderas ocurre mayormente en pendientes entre 20 y 50°.

Los deslizamientos y movimientos complejos inventariados son frecuentes en pendientes entre 20 y 35°; los últimos ocurren también a mayores pendientes; en el caso de deslizamientos, algunos ocurrieron en terrenos de poca pendiente (5 a 20°).

Las caídas de rocas y derrumbes se presentan en pendientes entre 20 y 50°, principalmente entre 35 y 50°; se inventariaron

pocas ocurrencias en terrenos o frentes de ladera escarpados mayores a 50° y menores de 20°.

Factor litológico (L)

La litología es uno de los parámetros más importantes al analizar la susceptibilidad a los movimientos de masa, pero también es uno de los más complejos de evaluar por las diferentes asociaciones de rocas que se presentan y que condicionan su competencia geomecánica (fracturamiento) y resistencia (meteorización). Se evalúa el carácter litológico y estructural.

- En la litología se evalúa el tipo de material presente (roca o suelo), sus características físicas y químicas, la composición mineral y textura; esas son las características que definen el grado de susceptibilidad a los movimientos en masa (Medina, 1991).
- La parte estructural considera a los sistemas de discontinuidades presentes en la roca como planos de debilidad (estratificación, pliegues, fallas y diaclasas), estructuras tectónicas presentes en el material en las cuales se ha presentado desplazamiento relativo de masas (Simons, 1990). Su influencia en la susceptibilidad está gobernada por su rumbo, buzamiento (en relación al talud o inclinación de laderas), espaciamiento y continuidad, grado de actividad (fallas activas, etc.), entre otros (Suárez, 1998).

La incorporación de estos dos caracteres (litología y estructura) para el análisis de susceptibilidad fue realizado por Mora y Vahrson (1993) (citado en Zavala y Vélchez, 2006), y se determinaron cinco clases de susceptibilidad.

En el caso de la región Amazonas, teniendo en cuenta su complejidad estructural y geológica, la interpretación del carácter litológico (grado de meteorización) y estructural (grado de fracturamiento) de las unidades de roca y suelo permitió establecer grados de susceptibilidad, siendo las características más saltantes las que se indican a continuación y en el Cuadro 8.2.

- Las subunidades I-5 (depósitos coluvio-deluviales), V-6 (conglomerados, areniscas y lodolitas), V-7 (domos de sal y yeso) y VI-1 (esquistos y micaesquistos) presentan muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de deslizamientos, movimientos complejos, derrumbes, flujos, reptación y erosión de laderas. Gran porcentaje de ocurrencias se presentan en este tipo de rocas.
- Las subunidades IV (rocas volcánico sedimentarias), V-1 (calizas, calizas intercaladas de margas), V-3 (areniscas, limoarcillitas y lodolitas), V-4 (lodolitas y limolitas) y V-5 (lutitas) presentan alta

¹ Densmore y Hovius (2000) revelan una alta frecuencia de pendientes naturales superiores a 40 grados, sin movimientos de masa, en áreas en las cuales ocurrieron movimientos de masa disparados por ambos mecanismos, lo cual significa que sobre estas pendientes son menos frecuentes los movimientos de masa. Thomas (1994) reseña diversos estudios en Estados Unidos y Japón, que aportan la relación entre movimientos de masa y pendientes. Reporta que taludes menores o iguales a 20° son aparentemente estables pero no pueden ser considerados 100% seguros durante eventos extremos; taludes entre 26 y 28° se caracterizan por su gran inestabilidad; y los taludes entre 38 y 50° son propicios para eventos de flujos de escombros en Puerto Rico. En Japón los taludes suelen estar en el rango de 35 a 40°.

- susceptibilidad a la ocurrencia de caída de rocas, derrumbes, erosión de ladera y flujo de detritos o huaycos.
- Las subunidades II-2, III-2 y V-2 presentan susceptibilidad moderada a baja a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes.
 - Las subunidades II-1, II-3 y II-4 presentan susceptibilidad baja a la ocurrencia de movimientos en masa.
 - Las subunidades de depósitos inconsolidados (I-2, I-3 y I-4) presentan baja susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa, pero son áreas de recepción de material.
 - Las subunidades I-1 y VI-2 presentan susceptibilidad muy baja.

Cuadro 8.2
Litología y susceptibilidad a movimientos en masa

Unidad	Subunidad	Símbolo	Grado	Calificación
Depósitos Inconsolidados	Fluviales	I-1	Muy baja	0
	Aluviales-proluviales	I-2	Baja	1
	Glaciales	I-3	Baja	1
	Glaciofluviales	I-4	Baja	1
	Coluvio-deluviales	I-5	Muy alta	4
Rocas Intrusivas	Granitos y monzogranitos	II-1	Baja	1
	Tonalitas y granodioritas	II-2	Media	2
	Pórfidos	II-3	Baja	1
	Gabros y dioritas	II-4	Baja	1
Rocas Volcánicas	Secuencia lávica y piroclástica	III-2	Media	2
Rocas Volcánico-Sedimentarias	Conglomerados, areniscas y lutitas, lavas andesíticas y tufos	IV	Alta	3
Rocas Sedimentarias	Calizas, calizas y margas	V-1	Alta	3
	Areniscas y lutitas	V-2	Media	2
	Areniscas, limoarcillitas y lodolitas	V-3	Alta	3
	Lodolitas y limolitas rojas	V-4	Alta	3
	Lutitas	V-5	Alta	3
	Conglomerados, arenisca y lodolitas	V-6	Muy alta	4
	Domos de sal y yeso	V-7	Alta	3
Rocas Metamórficas	Esquistos y micaesquistos	VI-1	Muy alta	4
	Gneis	VI-2	Muy baja	0

Nota: Las subunidades litológicas fueron correlacionadas con el estudio de Riesgos geológicos de la región Huánuco elaborado por Zavala y Vilchez (2006).

Factor geomorfológico (G)

Es común que se tome en cuenta a la pendiente como el indicador geomorfológico. Sin embargo, para los objetivos perseguidos en el presente estudio, se consideran muy importantes a las unidades geomorfológicas como factores de susceptibilidad; la pendiente es analizada por separado.

Los valores de susceptibilidad de las diferentes unidades geomorfológicas, en función del análisis estadístico, fueron agrupados en cinco rangos (Cuadro 8.3).

A continuación se describe las categorías de susceptibilidad a los movimientos en masa, considerando las observaciones hechas en campo:

Susceptibilidad muy alta

En este grado de susceptibilidad se han agrupado a las áreas de montañas con laderas estructurales, colinas estructurales altas y depósitos coluviales.

Las *montañas con laderas estructurales* se asocian a caída de rocas, derrumbes, deslizamientos, erosión de laderas y flujo de detritos. Las *colinas estructurales altas* están asociadas a vuelcos, caída de rocas, derrumbes, reptación de suelos y erosión de laderas. Los *depósitos coluviales* se asocian a procesos de flujos de detritos, erosión de laderas, derrumbes y deslizamientos superficiales. Cuando se modifican, las pendientes de estos terrenos son altamente susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa.

Susceptibilidad alta

Este grado de susceptibilidad involucra las siguientes unidades: montañas con laderas de moderada a fuerte pendiente, colinas estructurales bajas, domos, abanicos aluviales y vertiente de detritos.

En las *montañas con laderas de moderada a fuerte pendiente* pueden ocurrir derrumbes y caída de rocas, deslizamientos (en roca) y procesos de erosión de laderas. Las *colinas estructurales bajas*, están asociadas a derrumbes, reptación de suelos, flujos de detritos y erosión de laderas. Los *domos* se asocian principalmente a la erosión de ladera (cárcavas). Los *abanicos aluviales* están asociados a la ocurrencia de flujos de detritos (huaycos) periódicos y excepcionales, y la *vertiente de detritos* se asocia a procesos de flujos de detritos, erosión de laderas, derrumbes y deslizamientos superficiales.

Susceptibilidad media

En este tipo de susceptibilidad se involucra a las siguientes unidades: montañas con laderas de moderada pendiente, colinas, depósitos glaciofluviales, planicies aluviales o terrazas altas/fondo de valles fluviales y valle interandino.

Las *montañas con laderas de moderada pendiente* están asociadas a procesos de erosión de laderas, deslizamientos y flujos de detritos (huaycos). Las *colinas* a reptación de suelos, flujos de detrito y flujos de tierra. Los *depósitos glaciofluviales* se asocian a procesos de reptación de suelos. En las *planicies aluviales* o *terrazas altas/fondo de valles fluviales* puede ocurrir erosión fluvial y derrumbes en las márgenes activas. El *valle interandino* está asociado a procesos de reptación de suelos, flujos de detritos, flujos de tierra e inundaciones.

Susceptibilidad baja

En esta categoría se encuentran: karst, valle glaciar con lagunas, valle de represamiento y altiplanicie disectada, los cuales se describen a continuación.

Los *karst* se asocian a caída de rocas, derrumbes y desplomes. El *valle glaciar con lagunas* y el *valle de represamiento* están asociados a la ocurrencia de flujos hacia la zona de valle o laguna desde sus afluentes, generación de nuevos deslizamientos, derrumbes o movimientos complejos. La *altiplanicie disectada* está asociada a procesos de erosión en ladera, a manera de cárcava, con desarrollo retrogresivo y lateral.

Susceptibilidad muy baja o nula

En esta categoría se encuentran: llanuras o planicies inundables, planicie alta, planicie inclinada, planicie estructural inclinada e islas. En estas subunidades geomorfológicas es muy raro que se presenten movimientos en masa de gran magnitud. Sin embargo, pueden ocurrir erosiones fluviales, reptación de suelos, erosión de ladera así como erosión en cárcava, surco, laminar.

Factor hidrogeológico (H)

El agua es el factor que se asocia de manera más común con los movimientos en masa, y en general al fallamiento de los taludes o laderas en zonas tropicales, debido a que la mayoría de estos ocurren después de lluvias fuertes o durante periodos lluviosos prolongados, siendo entonces el agua subterránea uno de los principales factores en su ocurrencia.

Las precipitaciones pluviales durante varios días consecutivos, o con pocos días de diferencia, pueden producir acumulación de agua subterránea debido a que el talud no drena el agua infiltrada; así, al ocurrir la siguiente lluvia asciende el nivel freático. El régimen de aguas subterráneas en respuesta a las lluvias será diferente según la pendiente de la ladera, su litología y vegetación.

El tiempo que se requiere para que una lluvia produzca un deslizamiento es mayor en una arcilla que en un material arenoso debido a las diferencias de infiltración; este tiempo es inversamente proporcional a la permeabilidad para valores constantes de los demás parámetros (Duque y Escobar, 2001).

Cuadro 8.3
Geomorfología y susceptibilidad a movimientos en masa

Unidad Geomorfológica			Susceptibilidad	
			Grado	Calificación
Montañas	Montañas con laderas de moderada a fuerte pendiente	Mf	Alto	3
	Montañas con laderas de moderada pendiente	Mm	Media	2
	Montañas con laderas estructurales	Me	Muy alta	4
	Karst	Kr	Baja	1
Colinas y lomadas	Colinas	Col	Media	2
	Colinas estructurales altas	Cea	Muy alta	4
	Colinas estructurales bajas	Ceb	Alta	3
	Domo	Do	Alta	3
Piedemontes	Abanicos proluviales	Ap	Media	2
	Abanicos aluviales	Aal	Alta	3
	Vertiente de detritos	Vd	Alta	3
	Depósitos coluviales	Co	Muy alta	4
	Depósitos glaciofluviales	Dgf	Media	2
Planicies y depresiones	Planicies aluviales o terrazas altas/Fondo de valles fluviales	Ta	Media	2
	Llanuras o planicies inundables	Lli	Muy baja	0
	Valle interandino	Vi	Media	2
	Planicie alta	Pa	Muy baja	0
	Altiplanicie disectada	Ad	Baja	1
	Planicie inclinada	Pi	Muy baja	0
	Planicie estructural inclinada	Pei	Muy baja	0
	Valle glaciar con lagunas	Vg	Baja	1
	Valle de represamiento	Vr	Baja	1
	Islas	I	Muy baja	0

La cantidad de agua que se infiltra en la tierra —así como la cantidad, la intensidad y el tipo de precipitación, la estructura geológica (fracturamiento), la pendiente del terreno y la cantidad y el tipo de vegetación— queda determinada por la permeabilidad de los suelos y las rocas; relacionados a la estratigrafía o secuencia de estratos permeables e impermeables. Una infiltración alta puede producir problemas de presión del agua interna que generen un deslizamiento. En el caso de que el talud llegue a saturarse, la facilidad o dificultad con que se autodrene depende de las formaciones geológicas circundantes, por tanto la presencia de mantos permeables de evacuación de agua favorecerán grandemente su estabilidad. Los materiales impermeables que impiden el paso de las corrientes de agua subterránea facilitan la ocurrencia de deslizamientos.

En el terreno hay dos tipos de flujo de agua subterránea: intergranular (a través de los poros en formaciones aluviales, coluviales, etc.) y a través de fisuras (rocas). El flujo de agua tiende a ser más rápido a lo largo de fisuras, conductos o juntas, especialmente en suelos residuales. Respecto al flujo en rocas y en suelos residuales se pueden señalar las siguientes premisas:

- La porosidad de las rocas volcánicas a veces es muy grande, pero sus poros no necesariamente están intercomunicados. El agua corre a través de grietas formadas al enfriarse y entre los derrames lávicos sucesivos.
- Las rocas ígneas y metamórficas pueden ser las menos saturadas y la poca agua presente procede de sus fracturas.
- Las areniscas y rocas sedimentarias permeables son formaciones acuíferas importantes, y presentan grandes flujos de agua, especialmente en la dirección de la estratificación.
- La porosidad de las calizas depende mucho de su disolución interna, cuando esta es importante da lugar a abundantes manantiales, ríos subterráneos, etc.
- En suelos residuales existe relación entre el régimen de aguas subterráneas y la presencia de discontinuidades de tipo geológico. Los suelos de origen ígneo y metamórfico almacenan poca agua y en ellos las corrientes de agua están relacionadas comúnmente con fallas de origen tectónico. Es común en las formaciones residuales que un talud posea capas alternadas de materiales permeables y casi impermeables que generan concentraciones de flujo sobre ciertos planos que pueden ser o llegar a ser planos críticos de falla.

De acuerdo a las concepciones teóricas expuestas, la diferenciación de unidades litológicas en el Mapa Hidrogeológico (Mapa 3) en función de su permeabilidad,² y las observaciones efectuadas en campo para las diferentes unidades de roca y suelo, se ha considerado cuatro grados de susceptibilidad (alta, media, baja y muy baja), como se muestra en el Cuadro 8.4.

Factor de cobertura vegetal (C_v)

Se considera que la presencia de cobertura vegetal ayuda en parte en la disminución de los procesos de movimientos en masa y contribuye en el control de la erosión de laderas, con excepción de terrenos con pendientes superior a 45°. El tipo, la densidad, la capacidad de interceptación y el área de protección de cobertura vegetal constituyen un factor de resistencia o favorecimiento de procesos morfodinámicos como la erosión y los movimientos en masa (Sánchez et al., 2002).

Los movimientos en masa generalmente se desencadenan con máxima energía y distribución uniforme, o bien se manifiestan localmente con niveles de mayor o menor intensidad; la cobertura vegetal en el primer caso puede ofrecer poca o ninguna protección a los efectos altamente destructores, mientras que para el segundo caso tendrá un rol muy eficiente.

En general, bajo cobertura de pasto, el suelo se humedece más rápidamente al inicio de la precipitación debido a que la evapotranspiración será menor con vegetación de pasto que con bosque. El tipo de cobertura provoca que haya una menor interceptación de la vegetación, por lo que el agua infiltra rápidamente y como la conductividad hidráulica es más baja que con cobertura de bosque, da como resultado que un mayor porcentaje de áreas con pasto se conviertan en inestables con menos cantidad de precipitación que bajo cobertura de bosque. Por lo que se puede inferir que la cantidad de áreas inestables es mayor para pastos que para bosques, bajo iguales cantidades de precipitación. Además, bajo cobertura de bosque habrá más lluvia que será interceptada por la vegetación y que no infiltrará en el suelo, lo que también favorecerá la estabilidad de la pendiente (RAPCA-CEPRENAC-ITC-UNESCO, 2000).

Para el caso de ocupación antrópica y uso de suelo se diferenciaron las principales zonas urbanas de la región sin considerar caminos, carreteras, etc., en donde se pueden producir movimientos en masa cuando se ubican en laderas de colinas y montañas.

Según lo expuesto anteriormente las unidades de cobertura vegetal y uso del suelo diferenciado en la región se presentan en el Cuadro 8.5 y se muestran en el Mapa 2.

Después de hacer un análisis del parámetro cobertura vegetal y uso del suelo en relación a su susceptibilidad a los movimientos en masa, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Se estima una susceptibilidad muy baja en las unidades de: bosques mixtos con árboles y palmeras en valles intramontanosos (Bm-vi), bosques pantanosos de palmeras con dominancia de *Mauritia flexuosa* (Bp-pal), comunidades pantanosas mixtas

² La estimación de las permeabilidades en las diferentes unidades son apreciaciones de carácter regional.

Cuadro 8.4
Hidrogeología y susceptibilidad a los movimientos en masa

Unidad	Clasificación			Grado	Calificación
Acuífero	Ape	Acuífero poroso no consolidado (excelente)	I	Baja	1
	Apr	Acuífero poroso no consolidado (regular)	I	Baja	1
	App	Acuífero poroso no consolidado (pobre)	I	Media	2
			II		
	AFSe	Acuífero fisurado sedimentario (excelente)	I	Media	2
			II		
	AFSr	Acuífero fisurado sedimentario (regular)	I	Media	2
	AFSp	Acuífero fisurado sedimentario (pobre)	I	Alta	3
Acuitardo	AT	Acuitardo	I	Media	2
			II		
			III		
			IV		
			V		
			VI		
			VII		
			VIII		
			IX		
Acuicludo	AC	Acuicludo	I	Media	2
			II		
Acuifugo	AF	Acuifugo	I	Muy baja	0

Cuadro 8.5
Cobertura vegetal y uso del suelo y
susceptibilidad a los movimientos en masa

Unidad	Símbolo	Susceptibilidad	
		Grado	Calificación
Bosques sucesionales en terrazas bajas	Bs-tb	Media	2
Bosques frondosos en terrazas altas	Bf-ta	Baja	1
Bosques mixtos con árboles y palmeras en valles intramontanos	Bm-vi	Muy baja	0
Bosques pantanosos de palmeras con dominancia de <i>Mauritia flexuosa</i>	Bp-pal	Muy baja	0
Comunidades pantanosas mixtas	Cp-mix	Muy baja	0
Bosques andinos con árboles medianos y grandes en montañas altas	Band-mb	Media	2
Bosques subandinos de montañas altas empinadas	Bsa-ma	Baja	1
Bosques subandinos con árboles medianos y grandes en montañas bajas	Bsa-mb	Baja	1
Bosques subandinos con árboles grandes y dispersos en colinas altas	Bsa-ca	Baja	1
Bosques densos subandinos con árboles grandes y medianos en colinas bajas	Bsa-cb	Baja	1
Bosques subandinos con palmeras de Ceroxylon	Bsa-pal	Muy baja	0
Bosques esclerófilos intermontanos del Marañón	Bes-int	Muy baja	0
Comunidades altoandinas mixtas de matorrales, herbazales y pajonales	Calt-her	Baja	1
Bosques con árboles medianos de montañas bajas subandinas orientales	B-mb	Media	2
Comunidades puras de herbáceos o pajonales	Cop-paj	Baja	1
Comunidades dispersas de árboles suculentos y espinosos	Cod-suc	Alta	3
Matorrales dispersos y espinosos en montañas del Marañón Occidental	Mse-mb	Media	2
Matorrales y árboles dispersos semisecos de montañas	Msem-arb	Media	2
Centros poblados	CP	Media	2
Cuerpos de agua	CA	Muy baja	0
Áreas intervenidas: centros de expansión urbano rural	AI	Muy alta	4

- (Cp-mix), bosques subandinos con palmeras Ceroxylon (Bsa-pal), bosques esclerófilos intermontanos del Marañón (Bes-int) y cuerpos de agua (CA).
- Susceptibilidad **baja** en las unidades de: bosques frondosos en terrazas altas (Bf-ta), bosques subandinos de montañas altas empinadas (Bsa-ma), bosques subandinos con árboles medianos y grandes en montañas bajas (Bsa-mb), bosques subandinos con árboles grandes y dispersos en colinas altas (Bsa-ca), bosques densos con árboles grandes y medianos en colinas bajas (Bsa-cb), comunidades altoandinas mixtas de matorrales, herbazales y pajonales (Calt-her) y comunidades puras de herbáceos o pajonales (Cop-paj).
- Susceptibilidad **media** en las siguientes unidades: bosques sucesionales en terrazas bajas (Bs-tb), bosques andinos con árboles medianos y grandes en montañas altas (Band-mb), bosques con árboles medianos de montañas bajas subandinas orientales (B-mb), matorrales dispersos y espinosos en montañas del Marañón Occidental (Mse-mb), matorrales y árboles dispersos semisecos de montañas (Msem-arb) y centros poblados (CP).
- La **alta** susceptibilidad a los movimientos en masa ha sido calificada en la unidad de comunidades dispersas de árboles suculentos y espinosos (Cod-suc).
- En caso de las áreas intervenidas: centros poblados de expansión urbano rural (AI), se considera una susceptibilidad **muy alta**.

Determinación del peso para los factores

Los factores o variables usados para el análisis y modelamiento de la susceptibilidad a los movimientos en masa son: pendiente de los terrenos (P), litología (L), geomorfología (G), hidrogeología (H) y cobertura vegetal (Cv). De acuerdo a lo observado en campo, a cada factor se le asigna un peso (porcentaje). Según Núñez y Medina (2006), este valor representa cuánto influye dicho factor en la generación de movimientos en masa.

En el Cuadro 8.6 se presentan los porcentajes asignados a cada una de los factores. Por otro lado, cada factor fue analizado independientemente para valorar las clases determinadas.

Cuadro 8.6
Variables y porcentajes

Variable	Característica	Obtención	Peso (%)
Litología (L)	Se estima la inestabilidad de los terrenos en función de 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 1).	30
Pendiente (P)	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 5).	40
Geomorfología (G)	Unidades geomorfológicas de acuerdo a su amplitud de relieve, altura relativa, pendiente y asociación morfogénica.	Interpretación de Imágenes satelitales, cartas topográficas y chequeo de campo a escala 1:250 000 (Mapa 4).	10
Hidrogeológico (H)	Diferenciación de unidades litológicas en función de su permeabilidad,	Con la información de la Carta Geológica (Mapa 3)	10
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.	A partir del Mapa de Vegetación elaborado por el Gobierno regional Amazonas y el Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (ZEE-Amazonas), escala 1: 250 000 (Mapa 2).	10

Grados de susceptibilidad a los movimientos en masa

Los grados de susceptibilidad (Mapa 7) se calcularon a partir de los valores obtenidos de las interacciones entre los cinco mapas de factores: pendientes, litología, geomorfología, cobertura vegetal y uso de suelo e hidrogeología, con ayuda del SIG (ARCGIS 9.0, y los softwares de Spatial Analysis y 3D Analysis), empleando la siguiente ecuación:

$$SMM = \frac{CV(0,10) + H(0,10) + G(0,10) + P(0,40) + L(0,30)}{5}$$

en donde:

Cv: Susceptibilidad del parámetro cobertura vegetal y uso de suelo

H: Susceptibilidad del parámetro hidrogeología

G: Susceptibilidad del parámetro geomorfología

P: Susceptibilidad del parámetro pendiente

L: Susceptibilidad del parámetro litología

En el Cuadro 8.7 se describen las características de las cinco zonas de susceptibilidad diferenciadas.

SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES Y EROSIONES FLUVIALES

Uno de los principales peligros que afectan el centro y norte de la región son las inundaciones, generalmente combinadas con los procesos de erosión fluvial. Estas se producen por desborde de los ríos de orden mayor como Maraón, Imaza, Santiago, Nieva, Cenepa, Utcubamba y algunos tributarios como los ríos Shingatza, Ampara, Cucaza, Candungos, Ayambis, Huambis, Chinganaza, Tatangosa, Putushin, Conanya, Conaica, etc.

Uno de los aspectos fundamentales para el análisis de susceptibilidad a las inundaciones (Mapa 8) es la geomorfología, siendo uno de los conceptos más usados el de llanura de inundación³. Ésta controla teóricamente el flujo de agua, y además la actual configuración de las formas del terreno y la distribución actual de los sedimentos fluviales han sido originadas por los mismos ríos que provocarán inundaciones en el futuro. Este análisis geomorfológico de formas del terreno y sistema fluvial debe ser reforzado con información topográfica y registros históricos de antiguas inundaciones.

Considerando las características topográficas (pendiente de terreno) y las unidades geomorfológicas (llanura y terrazas inundables) de la región, el término de susceptibilidad a las inundaciones se aplica a los terrenos propensos a sufrir anegamiento, encharcamiento de cauce o inundación, como producto del desborde de ríos (IDEAM, 2001).

Método de análisis y elección de variables

El análisis de la susceptibilidad a las inundaciones se basa principalmente en la caracterización geomorfológica, apoyada en la interpretación de imágenes satelitales y trabajo de campo, y en general en la utilización de los mapas: geomorfológico y de pendientes. Las variables usadas, la forma de obtención de cada mapa así como los pesos asignados a cada factor (mapas) se presentan en el Cuadro 8.8. Los pesos asignados a las unidades diferenciadas en cada mapa (polígonos) en relación a las inundaciones se presentan en los Cuadros 8.9 y 8.10.

La calificación de las unidades geomorfológicas se ha realizado de acuerdo a lo observado en campo y se muestran en la Tabla 8.9. La inundación y erosión fluvial, además de influir otros factores netamente geomorfológicos y dinámicos, ocurren usualmente en terrenos de suave pendiente (menores de 1° y entre 1 y 5°), de ahí que estos terrenos se consideran de muy alta y alta susceptibilidad a las inundaciones (Cuadro 8.10).

Grados de susceptibilidad

La obtención de los grados o rangos de susceptibilidad, con ayuda del SIG (Software ARCGIS 9.0, y las extensiones Spatial Analysis y 3D Analysis), fueron calculados estadísticamente de la misma forma utilizada para el mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa, a partir de los datos arrojados de las interacciones de estos dos mapas y empleando para ello la siguiente ecuación:

$$SI = SGMI(0.60) \times SPI(0.40)$$

en donde:

SGMI: 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 se describe y detalla en el Cuadro 8.11.

VALIDACIÓN DE LOS MAPA DE SUSCEPTIBILIDADES

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

Los mapas de susceptibilidad obtenidos han sido validados con el mapa de inventario de de peligros geológicos (Mapa 6), en el cual un gran porcentaje (más del 80%) de las ocurrencias inventariadas se localizan en las áreas zonificadas como de alta y muy alta susceptibilidad.

³ Los enfoques básicos empleados para la evaluación de inundaciones son hidrología, meteorología y geomorfología.

Cuadro 8.7
Grados de susceptibilidad a los movimientos en masa

Grado	Características	Recomendación
Muy alta susceptibilidad	<p>Corresponden principalmente a las áreas donde ocurrieron deslizamientos y erosión de ladera (cárcavas) en el pasado, ocurren actualmente y se presentan reactivaciones de antiguos eventos por la modificación de sus taludes. Estos eventos son más recurrentes donde el substrato rocoso es de mala calidad, conformado por rocas metamórficas (esquistos, pizarras y filitas), sedimentarias (limolitas, limoarcillitas, areniscas, conglomerados y yeso) y depósitos de vertientes (coluvio-deluviales). Las laderas tienen pendiente entre 25° y 45°, morfologías con laderas estructurales de alta pendiente, colinas estructurales altas, piedemontes (detritos de vertiente, depósitos de deslizamiento antiguo, abanicos deluvio-coluviales). Estos terrenos presentan cobertura vegetal escasa o deforestada y áreas intervenidas por la expansión urbana y rural.</p> <p>Se distribuyen principalmente sobre el macizo del Complejo Marañón extendido con dirección NO-SE, desde el distrito de Balsas hasta Campo Redondo. En conclusión, son zonas en donde todas las condiciones del terreno son muy favorables para generar movimientos en masa.</p>	En lo posible evitar el desarrollo de todo tipo de infraestructura.
Alta susceptibilidad	Corresponden a las zonas donde el substrato rocoso está compuesto por secuencias de limolitas, limoarcillitas, areniscas semicompactas, lutitas, tufos volcánicos; morfología compuesta por montañas de moderada y fuerte pendiente. Los terrenos presentan pendientes que varían entre 15° y 25° mayormente, en algunos casos hasta 45°. En conclusión se atribuye a zonas en donde la mayoría de las condiciones del terreno son favorables para generar movimientos en masa cuando se modifican sus taludes (por ejemplo: las carreteras Naranjitos-Pedro Ruiz y Pedro Ruiz-Chachapoyas).	Restringir el desarrollo de infraestructura urbana o de instalaciones destinadas a una gran concentración de personas. En el caso de proyectos de infraestructura vial, líneas de energía, minera, etc., se deberán realizar estudios geotécnicos de detalle.
Moderada susceptibilidad	Incluye zonas con geoformas de montañas con laderas de moderada pendiente, colinas y lomadas disectadas constituidas por rocas sedimentarias (intercalaciones de areniscas, limoarcillitas, calizas) y depósitos de vertiente. La pendiente de los terrenos varía entre 10-25°. Hay áreas deforestadas y la cobertura vegetal la conforman bosques sucesionales en terrazas bajas y matorrales dispersos húmedos. Están distribuidas principalmente en la zona norte de la región, en la parte media de las cuencas Santiago, Alto Marañón y Nieva, dentro de los distritos del río Santiago y Nieva. En conclusión son zonas en donde el terreno presenta ciertas condiciones para generar movimientos en masa.	Permitir el desarrollo de infraestructura urbana e industrial, siempre y cuando se realice estudios técnicos detallados, con el fin de conocer las propiedades de los terrenos y poder tomar decisiones respecto a la viabilidad del proyecto.
Baja susceptibilidad	Zonas llanas a pendientes ligeramente inclinadas (5 a 10°), que incluyen geoformas de terrazas altas y/o planicies antiguas, abanicos proluviales y aluvionales, monte islas, colinas y lomadas disectadas (por ejemplo: los sectores de Huambo, Huacas, Luya, Lamud, norte de Sonche y en la parte inferior de las cuencas Santiago, Alto Marañón y Nieva). Podrían ser afectadas por procesos que ocurren en sus franjas marginales, como el caso de flujos; asimismo erosión de las márgenes de ribera (por ejemplo: margen izquierda del río Utcubamba entre Bagua Grande y Pedro Ruiz). En resumen son zonas en donde las condiciones del terreno no son favorables para generar movimientos en masa. Sin embargo se pueden producir de manera local si se modifican las condiciones de estabilidad de talud de los terrenos.	El desarrollo de infraestructura urbana, industrial y vial se debe realizar, siempre y cuando se incorporen las recomendaciones del estudio para los diseños de la infraestructura y hacer viable los proyectos, o adaptarse a las condiciones del terreno y reducir la probabilidad de sufrir pérdidas y daños.
Muy baja susceptibilidad	Corresponde a terrenos muy llanos con pendientes menores de 5°, geoformas de planicies y llanura de inundación fluvial). Litológicamente corresponden a terrenos permeables como depósitos fluviales y aluviales. Podrían ser afectadas por procesos que ocurren en sus franjas marginales, como obstrucciones o cierres de valle por flujos e inundaciones. Ocupan las partes inferiores de los valles principales y tributarios mayores.	Se debe contemplar la evaluación de procesos geohidrológicos (inundaciones y erosión fluvial) en las áreas de escorrentía.

Cuadro 8.8
Ponderación de las variables en el análisis de susceptibilidad a las inundaciones

Variable	Descripción	Obtención	Peso
Geomorfología	Unidades geomorfológicas de acuerdo a su amplitud de relieve, altura relativa, pendiente y asociación morfogenética.	Interpretación de imágenes satelitales, fotografías aéreas, cartas topográficas y chequeo de campo (Mapa 4).	60
Pendiente	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 5).	40

Cuadro 8.9
Unidades geomorfológicas y susceptibilidad a las inundaciones

Unidad Geomorfológica			Susceptibilidad	
			Grado	Calificación
Montañas	Montañas con laderas de moderada a fuerte pendiente	Mf	Nula	0
	Montañas con laderas de modera pendiente	Mm	Nula	0
	Montañas con laderas estructurales	Me	Nula	0
	Karst	Kr	Nula	0
Colinas y lomadas	Colinas	Col	Nula	0
	Colinas estructurales altas	Cea	Nula	0
	Colinas estructurales bajas	Ceb	Nula	0
	Domo	Do	Nula	0
Piedemontes	Abanicos proluviales	Ap	Baja	1
	Abanicos aluviales	Aal	Baja	1
	Vertiente de detritos	Vd	Baja	1
	Depósitos coluviales	Co	Baja	1
	Depósitos glaciofluviales	Dgf	Nula	1
Planicies y depresiones	Planicies aluviales o terrazas altas/fondo de valles fluviales	Ta	Alta	3
	Llanuras o planicies inundables	Lli	Muy alta	4
	Valle interandino	Vi	Media	2
	Planicie alta	Pa	Baja	1
	Altiplanicie disectada	Ad	Baja	1
	Planicie inclinada	Pi	Baja	1
	Planicie estructural inclinada	Pei	Nula	0
	Valle glaciario con lagunas	Vg	Alta	3
	Valle de represamiento	Vr	Media	2
	Islas	I	Muy alta	4

Cuadro 8.10
Pendientes y susceptibilidad a las inundaciones

Pendiente		Calificación	Susceptibilidad
0 – 1°	Terrenos llanos	4	Muy alta
1 – 5°	Pendiente suave	3	Alta
5 – 15°	Pendiente moderada	0	Nula
15 – 25°	Pendiente fuerte	0	Nula
25 – 45°	Pendiente escarpada	0	Nula
>45°	Terrenos muy escarpados	0	Nula

Cuadro 8.11
Susceptibilidad a las inundaciones en la región Amazonas

Grado de Susceptibilidad	Descripción
Alta ^[1]	Son terrenos que corresponden a llanuras de inundación periódica a ocasional de los ríos principales, y están ubicados en las cuencas de los ríos:
	Santiago: entre Cahuide (frontera con el Ecuador) y Teniente Pinglo; Sus principales afluentes son los ríos: Ampama, Cucaza, Candungos, Ayambis, Chinganaza, Yutupis, Putushin, así como los cauces de las quebradas Yuminaza, Bombonaza y Cusuni.
	Marañón: entre Orellana y Pongo de Maseriche; sus afluentes, son los ríos: Crisnejas, Llaucano, Chamaya, Cenepa, Utcubamba, Chiriaco o Imaza y Nieva.
	Incluyen las zonas del valle de Huayabamba y asentamientos urbanos ubicados dentro de las áreas de inundación normal a excepcional (Cumba, Bagua Grande, Chiriaco, Nieva), terrenos de cultivo y vías de comunicación.
Moderada ^[2]	Terrenos bajos adyacentes a la llanura de inundación, terrazas, paleocauces o cauces antiguos en la desembocadura de los ríos, vertientes de suave inclinación, valles fluviales y ríos secundarios y cabeceras de estos en áreas de lagunas, algunas planicies altas (Luya, Lamud). Terrenos levemente inclinados, mal drenados e inundados en periodos excepcionales o por elevación del nivel freático, principalmente en las cabeceras de valles.
Baja	Sectores muy reducidos de topografía plano-ondulada y terrazas altas.
Nula	Montañas y colinas, vertiente de laderas inclinadas y cóncavas, terrazas antiguas elevadas.

⁴ En estas áreas son frecuentes además los procesos de erosión fluvial o de riberas.

⁵ En el mapa de susceptibilidad aparecen algunos valores de susceptibilidad media en las partes altas. Esto se debe al grado de precisión del mapa de pendientes de acuerdo a la equidistancia entre las curvas de nivel y la escala de mapa utilizado. Estas áreas al parecer planas pueden ser susceptibles a inundación por aguas pluviales.

CAPÍTULO IX

EVALUACIÓN DE LAS AMENAZAS

GENERALIDADES

La amenaza se define como: «probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente destructor, en un área específica, dentro de un determinado período» (Varnes, 1984).

El concepto fundamental en la evaluación de amenazas es el de **factor de disparo**, conocido también en la literatura como factor detonante o factor gatillo.¹ Es aquel que desde el exterior, induce hacia un comportamiento dinámico y activo, partiendo de las condiciones iniciales (susceptibilidad). Estos factores son los sismos y lluvias (Mora y Vahrson, 1993).

Los mapas de amenaza se deben considerar de carácter temporal pues están sujetos a las condiciones presentes en un determinado momento, ya que estas son cambiantes a través del tiempo.² Representan la recurrencia estimada y la ubicación geográfica de eventos probables. Por lo tanto la evaluación de la amenaza es el proceso mediante el cual se determina la probabilidad de ocurrencia y la severidad de un evento en un tiempo dado y en un área determinada.

AMENAZAS DE MOVIMIENTOS EN MASA

Para el análisis de la amenaza por movimientos en masa se consideró los sismos y las precipitaciones pluviales ocurridas durante el Fenómeno de El Niño de 1997-1998.

Movimientos de masa disparados por lluvias

Diversos factores hidrometeorológicos afectan la estabilidad de las laderas de los cerros. Uno de ellos es la lluvia. Cuando esta cae sobre una ladera, dependiendo de la pendiente del terreno y la cobertura vegetal existente, un porcentaje es interceptado por la vegetación, otro se infiltra en el suelo o se almacena en las depresiones para luego infiltrarse; la infiltración continúa aun después de que cesa la lluvia y, en algún momento cuando la

humedad del suelo y la posición del nivel freático han aumentado (sobresaturación), pueden crearse condiciones críticas, aumentando la presión de los poros y disminuyendo los esfuerzos efectivos, por consiguiente, la resistencia al esfuerzo cortante. Se alcanzan entonces umbrales de inestabilidad que disparan el movimiento de una parte o toda la ladera (González y Millán, 1998).

Las causas de eventos desastrosos como los deslizamientos son meteorológicas en un 96% (lluvias o periodos invernales prolongados o lluvias intensas de corta duración, en ese orden), por ello es importante estudiar la relación de la lluvia con la ocurrencia de los deslizamientos mediante la determinación de umbrales de lluvias detonantes (intensidad, duración y frecuencia). Las investigaciones realizadas en diferentes países para determinar la relación lluvias/movimientos en masa asumen que existen dos tipos de efectos principales de la lluvia: el efecto acumulativo a mediano plazo (varios días) y el efecto inmediato de corto plazo que se presenta justo antes de la ocurrencia del deslizamiento (Mayorga, 2005).

Zavala y Vilchez (2006) señalan que el parámetro lluvia como detonante de los movimientos en masa es generalmente evaluado con datos pluviométricos como: promedios mensuales y máximos anuales, así como precipitaciones máximas diarias, con periodos de observación en el tiempo.

En nuestro caso, para la relación de las lluvias como detonante de los movimientos en masa, se utilizó la información de precipitación acumulada durante el Fenómeno de El Niño de 1997-1998 elaborado por SENAMHI (Figura 2.1).

No existen estudios regionales que establezcan rangos de precipitación que se relacionen a la ocurrencia de los movimientos en masa. Para el análisis de amenaza se establecieron en forma cualitativa rangos de precipitaciones ponderados en: muy bajo, bajo, medio, alto y muy alto, con calificación del 1 al 5 (Cuadro 9.1).

¹ Los factores detonantes son variables decisivas en la activación de los movimientos de masa pues desencadenan movimientos, aún en una ladera en equilibrio.

² Los niveles de amenaza pueden variar, sobre todo cuando la intervención antrópica juega un papel muy importante en los procesos de movimientos en masa.

Cuadro 9.1
Factor detonante: Precipitación acumulada
en el Fenómeno de El Niño 1997-1998

Precipitación acumulada El Niño 1997-1998	Categoría	Calificación
(mm)		
< 600	Muy baja	1
600 - 1200	Baja	2
1200 - 1600	Media	3
1600 - 2000	Alta	4
> 2000	Muy alta	5

Movimientos de masa disparados por sismos

Los terremotos han sido reconocidos como una de las mayores causas de movimientos de masa (Keefer, 1984).

Diversos autores han estudiado los movimientos de masa inducidos por sismos, intentando establecer relaciones entre los parámetros sísmicos y la distribución de los movimientos de masa, usando bases de datos de terremotos cuyos procesos de inestabilidad han sido documentados. Entre los parámetros más usados están la magnitud, intensidad y aceleración sísmica.

En relación a la magnitud, los estudios efectuados por Keefer (1984) demuestran la ocurrencia de caídas y deslizamientos de rocas y rupturas disparados con magnitudes de 4,0 MI, y avalanchas con magnitudes de 6,0 MI. Asimismo menciona que algunos autores, comparando la intensidad sísmica con los tipos de movimientos de masa, concluyen que la intensidad mínima a la que se generan caídas es VI; para deslizamientos, desprendimientos laterales y flujos es VII; y que la intensidad más baja para cualquier movimiento de masa es IV.

En el caso de aceleración sísmica para un sector de Colombia, Ojeda et al. (2001) mencionan en la *Guía metodológica de evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa*, valores de aceleraciones en tres categorías de amenaza: 0,21 a 0,25 g

(moderadamente alta), 0,25 a 0,29 g (alta) y mayor a 0,29 g (muy alta).

En el análisis del peligro sísmico realizado para la región (véase sección 7.4), se registra la ocurrencia de sismos con epicentros en el área de influencia, siendo los más importantes los que ocurrieron en los años 1877, 1912, 1928 y 1945; además de otros ocurridos en las localidades de Moyabamba y Yurimaguas (1990, 1991), o como el ocurrido el 25 de setiembre del 2005 en Lamas. De estos el más destructor fue el de 1928 pues la máxima intensidad alcanzada fue de X, siendo para la región Amazonas entre VIII y X.

En el mapa de distribución de máximas intensidades para Perú, la región alcanza valores de VI a IX, y según la zonificación sísmica del Perú el área se encuentra en una zona de sismicidad media.

Muchos deslizamientos cartografiados de edad prehistórica se asociarían a eventos sísmicos por sus características y dimensiones.

Para el análisis de amenazas en la región se empleó el Mapa de Aceleraciones Sísmicas para una ventana de tiempo de 20 años y un período de recurrencia de 200, con un nivel de confianza del 90% (Figura 7.6), y considerando la *Guía metodológica de evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa* (Ojeda et al., 2001), se dividió el área en dos categorías de amenaza (Cuadro 9.2).

Cuadro 9.2
Factor detonante: Sismicidad

Categoría	Descripción	Valor Asignado
Alta	Se espera un AMH entre 0,25 a 0,29 g.	3
Muy alta	Se espera un AMH mayor de 0,3 g.	5

Grados de amenaza (A) a los movimientos en masa

Los rangos para el mapa de amenaza de los movimientos en masa fueron calculados a partir de los valores obtenidos de las interacciones entre el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa (Mapa 7), los mapas de precipitación acumulada durante el periodo lluvioso de El Niño (Figura 2.1) y el mapa de isoaceleraciones sísmicas (Figura 7.6).

Estos rangos fueron calculados con ayuda del SIG (ARCGIS 9.1 y los softwares de Spatial Analysis y 3D Analysis) y empleando la siguiente ecuación:

$$\text{AMENAZA (A)} = \text{SMM} * (\text{DS} + \text{DP})$$

donde:

SMM: Susceptibilidad a los movimientos en masa

DS: Detonante sísmica

DP: Detonante precipitación

Los valores calculados en el SIG se evaluaron estadísticamente empleando cinco rangos en forma aritmética, luego se calculó la suma de las desviaciones al cuadrado (DESVI2) y se obtuvo los siguientes rangos (Cuadro 9.3):

En el Mapa 9 se presenta la distribución de grados de amenaza de los movimientos en masa, y en la Tabla 9.4 se describen las cinco zonas diferenciadas analizadas con presencia del Fenómeno El Niño de 1997-1998.

Cuadro 9.3
Rangos de valores calculados para las amenazas de los movimientos en masa

Rango de Valores Calculados	Grado de Amenaza
6 – 10	Muy baja
10 – 18	Baja
18 – 28	Moderada
28 – 36	Alta
36 - 50	Muy alta

Cuadro 9.4
Zonación de la amenaza en la región Amazonas con precipitaciones acumuladas
durante el fenómeno de El Niño 1997-1998

Grado de Amenaza	Características y Distribución
Muy alta	Áreas de susceptibilidad muy alta a alta, se localizan generalmente en el norte de la región, dentro de las cuencas Imaza, Nieva, Santiago, y al norte de las cuencas Marañón y Cenepa (distritos de Imaza, Nieva y Cenepa).
	Las aceleraciones sísmicas consideradas son muy altas y altas. La ocurrencia de precipitaciones pluviales está en el rango de 1 200 mm y mayores a 2 000 mm.
	La probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa detonados por lluvias excepcionales y sismos es muy alta. La influencia de anomalías climáticas (Fenómeno El Niño) es preponderante.
Alta	Áreas de alta a muy alta susceptibilidad, ubicadas principalmente en el sector sureste de la región, dentro de las cuencas Huallabamba, Mayo, Utcubamba, Imaza. También están localizadas en las cuencas del Alto Marañón, Cenepa y Santiago pero en área reducida. Los rangos de aceleración sísmica son muy altos, y las precipitaciones son variables y oscilan entre 600 y 2 000 mm.
	La probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa detonados por lluvias excepcionales y sismos es alta. La influencia de anomalías climáticas (Fenómeno El Niño) es importante.
Moderada	Distribución regular en la región, comprendiendo zonas de susceptibilidad moderada a muy alta. Se distribuyen principalmente en las cuencas del Alto Marañón (margen derecha del cauce principal), Santiago y Nieva. También se ubican en áreas de menor tamaño de las cuencas Cenepa, Imaza y Utcubamba.
	Se relacionan con áreas con precipitaciones pluviales mayores a 600 mm y la aceleración sísmica es alta a muy alta.
	La probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa detonados por lluvias excepcionales y sismos es moderada.
Baja	Su distribución areal se concentra principalmente al noreste de la cuenca del Utcubamba y dentro de las cuencas Santiago, Nieva y Huallabamba. El porcentaje de área es reducida en las cuencas Nieva y Huallabamba.
	Las precipitaciones en estas áreas tienen valores menores a 800 mm (provincias de Utcubamba y Rodríguez de Mendoza) y superiores a 1 600 mm (norte de la región).
	La probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa detonados por lluvias excepcionales y sismos es baja.
Muy Baja	Comprenden las partes bajas de los valles, especialmente en los tramos Bagua Grande-Pongo de Rentema (cuenca del Utcubamba) y Cahuide-Pongo de Manseriche (cuenca del Santiago). El porcentaje de área es muy reducido.
	Las precipitaciones en estas áreas tienen valores menores a 600 mm (provincias de Utcubamba y Rodríguez de Mendoza) y superiores a 1 600 mm (norte de la región).
	La probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa detonados por lluvias excepcionales y sismos es muy baja, pero pueden ser afectadas por procesos de erosión fluvial.

CAPÍTULO X

ZONAS CRÍTICAS

GENERALIDADES

Las zonas críticas son áreas o lugares que luego de la evaluación de las características geológicas-geotécnicas, tipo, frecuencia y daños producidos por los procesos naturales que causan desastres, entre otros factores, se consideran más proclives a ser afectadas por eventos de movimientos en masa o peligros geológicos.

El presente capítulo pone énfasis en las zonas o áreas consideradas como críticas, con peligros potenciales, muchos de ellos son recurrentes y pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales (Fenómeno de El Niño). Es necesario considerar estas áreas dentro de los planes o políticas regionales sobre prevención y atención de desastres.

La información fue obtenida de informes, artículos periodísticos, relatos orales de los mismos pobladores y observaciones de campo.

En estas zonas críticas se resalta las áreas o lugares expuestos al peligro (infraestructura y centros poblados), aquellas con peligro

potencial de generar desastres y que necesitan de obras de prevención y/o mitigación, y en algunos casos las medidas adoptadas necesitan ampliarse o mejorarse.

INVENTARIO DE LAS PRINCIPALES ZONAS CRÍTICAS

En la región Amazonas se han identificado un total de 105 zonas críticas (Cuadros 10.1 al 10.7). No se considera las zonas críticas que pudieran existir en las cuencas de los ríos Santiago y Cenepa, debido a que no se tuvo acceso para realizar trabajos de campo, por los problemas sociales que ocurren en esta área. Según el Gráfico 10.1, la mayor cantidad se ubica en la provincia de Utcubamba (25), seguida por las provincias de Chachapoyas (23), Bagua (19), Rodríguez de Mendoza (13), y finalmente las provincias de Luya (8) y Condorcanqui (4).

La mayor cantidad de zonas críticas se ubican entre Bagua Grande y río Nieva (tramo de la carretera Fernando Belaunde Terry). En las Tablas 10.1 al 10.7 se presenta un resumen de las zonas críticas identificadas durante los trabajos de campo. Para una

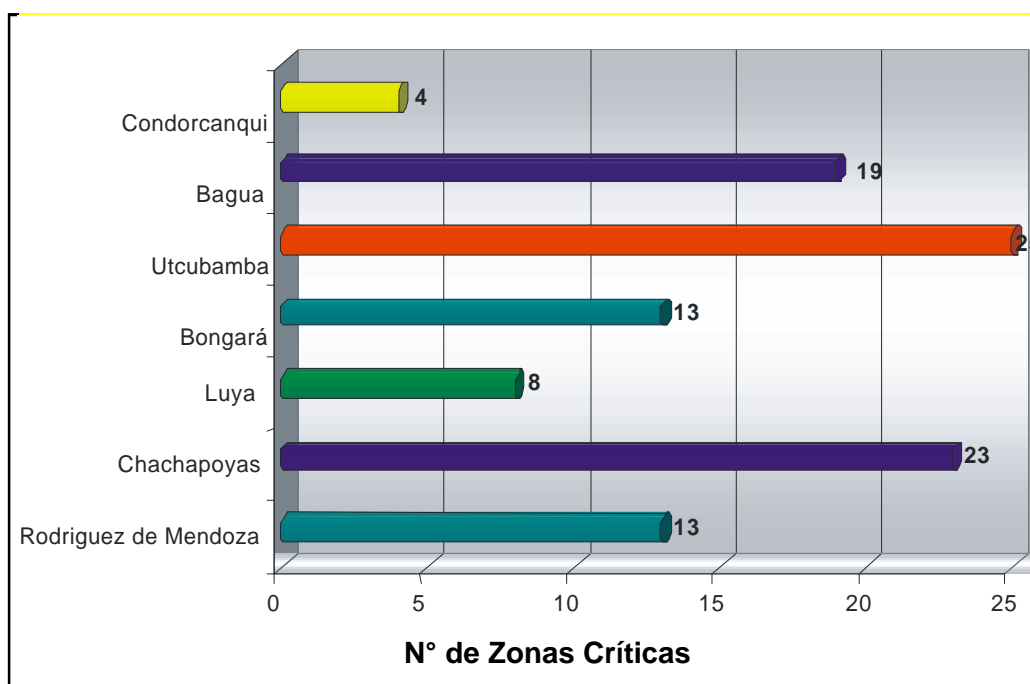


Gráfico 10.1: Distribución de zonas críticas por provincias

adecuada explicación se agrupan y describen por provincias y distritos. En la primera columna se menciona el área o sector, luego se hace una descripción de la zona crítica, seguido de la vulnerabilidad o daños ocasionados o probables (esperados),

finalmente se incluye las recomendaciones de las medidas de prevención o mitigación, según sea el caso. Las zonas críticas también se presentan en mapas (Figuras 10.1 al 10.7) y ejemplos que se muestran en las Fotos 10.1 al 10.36.



Foto 10.1.- Vivienda afectada por deslizamiento activo ubicada en el barrio San Juan del distrito de Omia.



Foto 10.2.- Talud del corte de la carretera susceptible a derrumbes, deslizamientos, ubicado cerca del puente Shihua.

Cuadro 10.1
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Rodríguez de Mendoza

Provincia de Rodríguez de Mendoza			
Sector	Descripción y observaciones geológicas	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Distrito: Chirimoto			
Chirimoto, Milpuc, Shocol (1)	Áreas susceptibles a inundaciones fluviales que se produce por el incremento del caudal y desborde del río Shocol, por obstrucción de los tragaderos (estructuras naturales de evacuación del caudal del río Shocol) debido a la colmatación con materia orgánica proveniente del excedente de la tala de árboles.	Las áreas afectadas, son viviendas construidas con muros de adobe y tapial, de los poblados de Chirimoyo, Milpuc y Shocol.	Continuar con la limpieza de los cauces de quebradas y del río Shocol. Buscar alternativas para regular el nivel máximo de almacenamiento de la laguna natural.
Distrito: Totorá			
Valle Huayabamba (2)	Áreas susceptibles a inundaciones fluviales que se produce por el incremento del caudal y desborde del río San Antonio y quebrada río grande. También existen evidencias de depósitos de flujos en las quebradas que drenan sus aguas al valle. Esto significa que podrían ocurrir flujos de detritos (huaycos).	Afectarían viviendas y cultivos ubicados en las márgenes de los cauces de quebradas que desembocan al valle.	En las zonas donde existen viviendas se debe construir canalatas de evacuación de aguas fluviales. Restringir el desarrollo de infraestructura urbana e industrial. Realizar un estudio al detalle para delimitar las áreas inundables.
Quebrada Santa Rosa (3)	Talud superior de carretera susceptible a la ocurrencia de derrumbes y caídas de rocas en una longitud discontinua de 600 m. El factor principal son las rocas muy meteorizadas y la pendiente fuerte, las rocas están compuestos de arenisca limolíticas.	Afecta el acceso por vía terrestre a los pobladores de Santa Rosa, Tolora y zonas aledañas.	Colocar señalizaciones. Hacer obras de drenaje para canalizar las aguas pluviales y reforestar las laderas de los cerros.
Distrito: Omía			
Barrio San Juan (4)	Deslizamiento antiguo. En el pie del deslizamiento se observan reactivaciones debido a las precipitaciones pluviales y saturación de agua en el terreno.	Puede afectar viviendas asentadas en el pie del deslizamiento.	Reubicar las viviendas y declarar el área como no habitable.
Omía (5)	Zona susceptible a la ocurrencia de deslizamiento, se observan pequeños deslizamientos activos y pequeños depósitos de flujos que pueden activarse con una fuerte precipitación pluvial.	Podría afectar algunas viviendas del poblado de Omía.	Reforestar laderas y construir canales de aguas pluviales.
Puente Shihua (6)	Derrumbes cuya forma de arranque es irregular y en tramos discontinuos en una longitud de 300 metros, también puede ocurrir caída de rocas y deslizamientos. Los materiales piemontanos existentes en talud de corte para carretera son inestables.	Afecta tramo de 300 m de carretera afirmada. Podría dejar temporalmente sin acceso al distrito de Omía y poblados aledaños.	Mejorar el talud de corte, realizar trabajos de desquinchado de rocas, ampliar el ancho de carretera y reforestar.
Mito (7)	Área susceptible a la ocurrencia de flujos de detritos (huaycos) excepcionales. En el área existe material de flujo de detritos (huayco antiguo) que forma un abanico, sobre el cual está asentada la población de Mito. También se observa que el material de flujo modificó el curso del río.	Pueden ser afectadas las viviendas ubicadas en el abanico dejado por flujos antiguos.	Preparar a las personas ante un posible desastre o reubicar las viviendas. Elaborar un plan de contingencia ante huaycos e inundaciones.

Provincia de Rodríguez de Mendoza			
Sector	Descripción y observaciones geológicas	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Distrito: San Nicolas			
Condorpuquio (8)	Derrumbes, cuya forma de arranque es irregular y en tramos discontinuos en un longitud de 300 m y altura promedio de 80 m, también puede ocurrir caída de rocas. Los materiales de piedemonte existentes en el talud de corte para la carretera son inestables.	Afecta tramo de 300 m de carretera afirmada. Podría dejar temporalmente sin acceso al distrito de San Nicolás.	Mejorar el talud de corte, realizar trabajos de desquinchado de rocas. Colocar señalizaciones en la carretera indicando como zona inestable.
Distrito: Huambo			
Rio Grande (9)	Áreas susceptibles a inundaciones fluviales en ambas márgenes del río. Las terrazas están cubiertas por abundante vegetación, cultivos de frutales y otros. Las crecidas ocasionales o extraordinarias del río sobrepasan el nivel de las terrazas, inundando ambas márgenes del río. Esta área es parte del valle de Huayabamba.	Pérdida de cultivos de guayaba, piña, maracuyá, naranja, pepino y otros.	Delimitar las áreas no aptas para cultivo. Reforestar el área con plantas nativas.
Distrito: Cochamal			
Puente Cochamal (10)	Áreas susceptibles a la ocurrencia de inundaciones fluviales. El incremento del nivel de agua proveniente de la quebrada Jacinta provocaría desborde y posterior inundación de viviendas.	Serían afectadas las viviendas ubicadas en las márgenes del cauce de quebrada.	Vigilar el cauce de la quebrada antes y durante el periodo lluvioso para evitar la colmatación con sedimento del cauce fluvial o la obstrucción del puente. Realizar trabajos de limpieza de cauce.
Shuco (11)	Áreas susceptibles a la ocurrencia de inundaciones fluviales. El incremento del nivel de agua proveniente de la quebrada Shucuyacu provocaría desborde y posterior inundación de las viviendas.	Serían afectadas las viviendas ubicadas en las márgenes del cauce de la quebrada.	Vigilar el cauce de la quebrada antes y durante el periodo lluvioso para evitar la colmatación con sedimento del cauce fluvial
Distrito: Longar			
Minicentral hidroeléctrica San Antonio (12)	Área susceptible a deslizamientos y flujos. En el área se presenta reactivación de deslizamiento: la longitud aproximada de la escarpa es 50 m. También se producen flujos de déritos que afectaron la minicentral hidroeléctrica.	Los flujos de déritos afectaron la casa de máquinas de la minicentral hidroeléctrica San Antonio	Reforestar la zona, colocar muro de contención. Mantener monitoreado el área. Reubicar torre de alta tensión ubicado en zona inestable.
Distrito: Mariscal Benavides			
Hualamita (13)	Zona susceptible a derrumbes en tramos discontinuos en una longitud de 700 m. Ocurren caída de rocas. El talud de corte de la carretera es ligeramente inestable.	Afecta un tramo de 700 m de la carretera (Rodríguez de Mendoza-Chachapoyas.	Mejorar el talud de corte, realizar trabajos de desquinchado y reforestación.

Cuadro 10.2
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Chachapoyas

Provincia de Chachapoyas			
Distrito: Balsas			
Sector	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños ocasionados	Recomendaciones
Carretera a Balsas, cerro Tambo Viejo (1)	Área susceptible a movimientos en masa. Ocurre erosión de laderas (cárcavas), por los cauces discurren pequeños flujos de detritos y lodo (huaycos) en forma periódica.	La profundización de la erosión afecta a la carretera afirmada Leimebamba-Balsas en una longitud de 400 m.	Reforestar las laderas, construir badenes y muros de contención.
Cerro Tambo Viejo (2)	El derrumbe y la erosión de laderas (cárcavas) activan pequeños flujos de detritos cuando ocurren fuertes precipitaciones pluviales.	La ocurrencia de estos eventos afecta en tramos discontinuos a la carretera afirmada Leimebamba-Balsas en un tramo de 4 500 m.	Reforestar las laderas, construir badenes y muros de contención.
Cerro Siete Pozas (3)	Sector donde se observa depósitos de avalancha de detritos, actualmente se observa cauce seco con material suelto que puede ser acarreado como flujo (huaycos).	Afectaría tramo de la carretera Leimebamba-Balsas.	Reforestar las laderas o cambiar el trazo de la carretera.
Cerro Siete Pozas (4)	Talud superior de carretera susceptible a la ocurrencia de caída de rocas sueltas, vuelcos y pequeños derrumbes, tramo discontinuo de 1 000 m.	Afectaría a los vehículos que transitan por este tramo de la carretera (Leimebamba-Balsas).	Realizar trabajos de desquinchado de rocas sueltas.
Distrito: Chuquibamba			
Quebrada Chambull (5)	Derrumbes y pequeños flujos de detritos (huaycos) ocurren en la margen izquierda de la quebrada Chambull, talud superior e inferior de la carretera afirmada. La causa para la ocurrencia de estos eventos es el corte de talud realizado para la construcción de la carretera y la deforestación.	Afecta el acceso al poblado de Chuquibamba y pueblos aledaños	Reforestar las laderas, construir badenes y muros de protección.
Distrito: Leimebamba			
Leimebamba (6)	La ciudad de Leimebamba está asentada sobre el abanico proluvial compuesto por depósitos de avalancha de detritos y roca caliza. Las rocas tienen diámetros que varían de 2 a 4 m aproximadamente. Existen filtraciones de aguas subterráneas que, según cuentan los pobladores, aparecieron desde 1980. Las filtraciones de agua podrían estar formando cavernas debido a la disolución de los carbonatos. El área también es susceptible a inundaciones fluviales temporales.	Afectaría parte de las viviendas de la zona urbana y un colegio.	Realizar un estudio detallado usando equipos de geofísica para descartar la formación de cavernas. Realizar talleres de capacitación. Elaborar un plan de emergencia ante huaycos e inundaciones.
Cerro San Cristóbal (7)	En el área se evidencia un deslizamiento traslacional antiguo; la masa deslizada está compuesta por roca caliza altamente fracturada. El corte de talud hecho para la construcción de carretera desestabilizó el área.	Afectó la construcción de la carretera al poblado de Yeso. La obra se encuentra paralizada.	Modificar trazo de la carretera y reforestar el talud con plantas nativas.



Foto 10.3.a.- Poblado de Leimebamba, se observa la construcción de un centro educativo y viviendas sobre depósitos de abanico proluvial. El río Pomacochas atraviesa el poblado



Foto 10.3.b.- Bloque de roca de 3 a 4 m de diámetro, forma parte del material proluvial (abanico) ubicado en la intersección de los ríos Pomacochas y Atuen, naciente del río Utcubamba.

Provincia de Chachapoyas			
Sector	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños ocasionados	Recomendaciones
Distrito: Levanto			
Carretera Maino Levanto (8)	Derumbes, cuya forma de arranque es irregular, en tramos discontinuos en una longitud de 500 m y altura promedio de 80 m, también se puede generar caída de rocas y pequeños flujos de detritos (huaycos). Influyen también el corte de talud para la carretera y la pendiente fuerte del terreno.	Afecta y afectaría a los vehículos que transitan por este tramo de carretera (Maino-Levanto).	Mejorar el talud de corte y realizar trabajos de desquinchado y reforestación. Realizar limpieza del cauce.
Quebrada Quipachacha (9)	Quebrada susceptible a la ocurrencia de flujos de detritos (huaycos), esto puede ocurrir durante las temporadas de precipitaciones pluviales altas. Se evidencia material suelto en las laderas superiores de la quebrada.	Afecta tramo de carretera afirmada y puede afectar terrenos de cultivo.	Mejorar la construcción del badén.
Distrito: Chachapoyas			
San Isidro (10)	Quebrada susceptible a la ocurrencia de flujos de detritos (huaycos) durante la temporada de precipitaciones pluviales intensas. Presencia de material suelto en las laderas superiores y el cauce de la quebrada Salaverry.	Afecta tramo de carretera afirmada. También puede afectar dos viviendas y terrenos de cultivo	Limpieza de cauce en forma periódica. Mantener en alerta a los habitantes de las viviendas en periodos de fuertes precipitaciones pluviales. Limpieza de cauce fluvial.
Pucacruz (11)	Deslizamiento rotacional Pucacruz, es uno de los antecedentes históricos más saltantes de la ocurrencia de movimientos en masa de gran magnitud en Chachapoyas. El evento ocurrió en 1975, presenta una escarpa que mide aproximadamente 450 m y el salto principal 40 m; presenta una topografía de forma irregular a escalonada. Es posible que los movimientos continúen y sean lentos. Bajo el deslizamiento Pucacruz se observan varias quebradas en las cuales están ocurriendo derrumbes y deslizamientos debido a la profundización y el ensanchamiento.	Afectó terrenos de cultivo y puede afectar futuras construcciones que se realicen en este lugar.	Es necesario realizar trabajos de monitoreo. Declarar el área como no habitable. Realizar trabajos de reforestación con especies nativas de la zona: consultar a especialistas en agronomía, ingeniería forestal, biología, etc., para realizar esta labor.
Calle Antonio Oviedo (12)	Antiguo hospital del IPSS ubicado en la calle Antonio Oviedo (urbanización Virgen Asunta) presenta problemas estructurales. Según información oral, el hospital se construyó en el año 1992 y seis meses después presentó asentamientos y agrietamientos en las paredes que determinaron que se declare inhabitable. Según lo observado en la zona, hay suelos arcillo-limosos de alta plasticidad, en los que se producen procesos lentos de repliación de suelo. La configuración del terreno en este sector es irregular, existe afloramiento de agua subterránea y formación de bofedales.	Afecta la infraestructura del antiguo hospital del IPSS.	Se debe monitorear el área. Realizar estudios para la zonificación de uso de suelos. Construir un sistema de drenaje para evitar la filtración de agua.
Barrio Triunfo Cuadra 1 (13)	Zona susceptible a la ocurrencia de deslizamientos hacia la cara libre del corte de talud. El corte fue hecho para sacar material de construcción para la carretera. Las viviendas ubicadas en la cresta del corte presentan fisuras hasta de 2 cm.	En caso de que se produzca un deslizamiento afectaría dos viviendas.	Reubicar las viviendas, reducir el talud y reforestar el área.

Provincia de Chachapoyas			
Sector	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños ocasionados	Recomendaciones
Distrito: Chachapoyas			
Desvío Leimebamba-Chachapoyas (14)	Se presume que en este sector haya ocurrido un deslizamiento, las evidencias encontradas en el corte para la construcción de carretera así lo demuestran. En la zona se observan asentamientos en la plataforma de la carretera, pequeños derrumbes discontinuos y deslizamientos.	Afecta y afectará la plataforma de la carretera asfaltada de acceso a la ciudad de Chachapoyas.	Estabilizar la ladera con plantas nativas y gaviones. Mantener monitoreado el tramo de la carretera.
Quebrada Santa Lucía (15)	Erosión de laderas y deslizamientos. Erosión en surcos y cárcavas con avance retrogresivo. También ocurren derrumbes y deslizamientos hacia su cara libre, los materiales sueltos pueden ser acarreados como flujos de detritos (huaycos).	Ante lluvias intensas pueden generarse flujos de lodo que puede afectar las viviendas ubicadas en la cuenca baja de Santa Lucía.	Se debe forestar las laderas superiores y el cauce de la quebrada. Área no apta para viviendas.
Quebrada Rondón (16)	Depósitos de material proluvial en forma de cono, consistente en bloques, bolonería y grava, interrumpe el tránsito normal hacia la provincia de Rodríguez de Mendoza. El cauce de la quebrada Rondón se encuentra colmatado de material detrítico, la causa es el tamaño de la alcantarilla.	La ocurrencia de un flujo de detritos (huaycos) puede cortar el paso del tránsito vehicular en la zona (Chachapoyas-Rodríguez de Mendoza).	Realizar trabajos de encauzamiento y limpieza del cauce de la quebrada. Elevar rasante de la carretera. Construir puente. Reforestar la cuenca alta de la quebrada.
Río Sonche (17)	Zona sujeta a caída de rocas y derrumbes, ubicado en la margen izquierda del río Sonche. El talud de corte hecho para el corte de la carretera está compuesto de rocas sedimentarias de tipo areniscas. Causas: Rocas fracturadas (acuíferos).	Afecta a la carretera Chachapoyas-Rodríguez de Mendoza, única vía para el transporte terrestre.	Mejorar el talud de corte, realizar trabajos de desquinchado de rocas. Colocar señalizaciones.





Foto 10.4.- Deslizamiento-flujo ubicado en la ruta de acceso a la ciudad de Chachapoyas, tramo del desvío Leimebamba-Chachapoyas.



Foto 10.6.- Talud rocoso muy escarpado y ligeramente fracturado, sector El Túnel, margen derecha del río Utcubamba.

Provincia de Chachapoyas			
Sector	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños ocasionados	Recomendaciones
Distrito: Huacas			
El Túnel (18)	Talud superior de carretera susceptible a la ocurrencia de caída de rocas sueltas, también puede ocurrir vuelcos y pequeños derrumbes, tramo discontinuo de 500 m. El macizo rocoso está compuesto de caliza por donde pasa un túnel de acceso para vehículos. Margen derecha del río Utcubamba.	Afectaría a los vehículos que transitan por este tramo de carretera (Pedro Ruiz-Chachapoyas).	Realizar trabajos de desquinchado de rocas sueltas. Ampliar el ancho y la altura del túnel, proteger el área haciendo uso de concreto lanzado (shotcret) o pernos de anclajes.
Distrito: San Francisco de Daguanas			
Pipus (19)	El área es susceptible a la ocurrencia de flujo de detritos (huaycos), provenientes de las quebradas Pipus y Chilchos. Los depósitos dejados por flujo de detritos excepcional (forma de abanico) están compuestos por material grueso en más del 50%, sobre el cual está asentado el poblado de Pipus. Según información de INDECI-Amazonas, en la cuenca alta de la quebrada Pipus, en marzo del 2002 se produjo un deslizamiento-flujo cuyo material quedó suspendido antes de llegar a la población.	Pueden ser afectadas 14 viviendas, un mercado y el local de la Policía Nacional de Pipus. Todos ubicados en el depósito de flujos de detritos en forma de abanico.	Reducir el tamaño de las rocas que han quedado suspendidas en la cuenca media. Reforestar la cuenca con plantas nativas para estabilizar laderas. Elaborar un plan de emergencia ante huaycos e inundaciones.
Quebrada Lejía (20)	Margen izquierda de la quebrada Lejía, área susceptible a la ocurrencia de derrumbes.	Afectó talud inferior de la carretera. Afectaría a los vehículos que transitan por este tramo de la carretera (Chachapoyas-Rodríguez de Mendoza).	Mejorar el talud de corte y señalizar el área como zona de peligro a derrumbes.
Cerro Malcamal (21)	Se presume que ocurrió un deslizamiento cuya longitud de escarpa mide aproximadamente 3 300 m, que modificó parcialmente el cauce del río Ventilla. En la actualidad el área es susceptible a la ocurrencia de deslizamientos en el cuerpo de la masa deslizada.	Afectaría 3 300 m de carretera (Pedro Ruiz-Chachapoyas).	Reforestar con plantas nativas para estabilizar laderas. Mantener monitoreado el área.
Distrito: Molinopampa			
El Molino (22)	Área susceptible a la ocurrencia de huaycos durante la temporada de precipitaciones pluviales. En el cauce del río Molino se está construyendo una alcantarilla para el paso vehicular, que puede servir como dique al colmatarse de material detrítico y producir flujos de detritos.	Afectaría las viviendas de la población El Molino y terrenos de cultivo.	Limpieza del cauce de río. Reforestar el área con plantas nativas. Mantener monitoreado el área durante las fuertes precipitaciones pluviales.
Chontabamba (23)	Zona crítica para la ocurrencia de flujos de detritos y erosión fluvial en la quebrada Darinche, sector Chontapampa	Afectaría el paso vehicular.	Limpieza del cauce del río en forma periódica. Reforestar con plantas nativas la cuenca del río Darinche. Construir nueva alcantarilla.



Foto 10.7.- Construcción de alcantarilla en el cauce del río Molino que podría colmatarse, represarse y generar huayco.



Foto 10.8.- Intersección de los ríos Mangalpa y Utcubamba, sector Nogalcucho, área susceptible a inundaciones y flujos de detritos.

Cuadro 10.3
Zonas por peligros geológicos de la provincia de Luya

Provincia de Luya				
Distrito: San Juan de Lopecancha				
Sector	Descripción y observaciones geológicas	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones	
Nogalcucho (1)	El área es susceptible a la ocurrencia de flujo de detritos (huaycos), inundación fluvial y erosión fluvial. La población de Nogalcucho está asentada sobre depósitos dejados por flujo de detritos excepcionales en la intersección de los ríos Mangalpa y Utcubamba.	Pueden ser afectadas 20 familias y un centro educativo.	Reforestar la cuenca con plantas nativas para estabilizar laderas. Elaborar un plan de emergencia ante huaycos e inundaciones o reubicar a la población.	
Distrito: Tingo				
Tingo (2)	El área es susceptible a la ocurrencia de flujo de detritos (huaycos) y inundación fluvial. La población de Tingo Viejo está asentada sobre depósitos dejados por flujo de detritos excepcionales en la intersección de los ríos Tingo y Utcubamba.	Según el diario El Comercio del día 2 de abril de 1993, la inundación de detritos destruyó 480 viviendas. Las familias fueron reubicadas.	Reubicar a las familias que retornaron a construir sus viviendas en el área afectada en el año 1993 o elaborar un plan de emergencia ante inundaciones y flujo de detritos (huaycos). Realizar trabajos de limpieza de cauce.	
Huala (3)	Se ha observado un deslizamiento en la margen derecha de la quebrada que represó totalmente el cauce de la quebrada Huiquilla, sector de Huala, a 1,5 km del poblado Choctamal.	El dique formado por el deslizamiento podría colapsar e iniciar un flujo de detritos (huayco).	Limpieza del cauce de quebrada y disminuir el nivel de agua de la laguna.	
	El deslizamiento es de tipo rotacional, la longitud de la escarpa es de 100 m aproximadamente, está parcialmente cubierto por vegetación natural.	Las zonas afectadas serían las viviendas ubicadas en las márgenes de la quebrada Huiquilla y río Tingo. El flujo podría llegar hasta la intersección del río Utcubamba.	Monitorear el deslizamiento y reforestar.	
	Causas: Lluvias intensas, deforestación de ladera, naturaleza del terreno incompetente y pendiente del terreno.		Elaborar un plan de emergencia ante huaycos e inundaciones o reubicar las viviendas que podrían ser afectadas (Choctamal y Tingo Viejo).	
	Para bajar el nivel de agua de la laguna, la población de Choctamal construyó una zanja sin asesoramiento técnico.			



Foto 10.9.- Represa formada por deslizamiento en el cauce de la quebrada Huiquilla, sector Huala.



Foto 10.10.- Derrumbes, erosión en surco y pequeños deslizamientos que afectan la carretera de acceso al valle turístico de Huaylla Belén.

Provincia de Luya			
Sector	Descripción y observaciones geológicas	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Distrito: Colcamar			
Belén (4)	Área susceptible a la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos ubicados en la margen derecha del valle Huaylla Belén. Causas: Lluvias intensas, deforestación de ladera, corte de talud para construcción de carretera, naturaleza del terreno incompetente y pendiente del terreno.	Afecta la carretera de acceso al valle turístico Huaylla Belén.	Reforestar con plantas nativas para estabilizar las laderas. Mantener monitoreado el área en periodo de lluvias.
Distrito: Lonya Chico			
Quebrada Yojamal (5)	Quebrada Yojamal, afectada por erosión en cárcava, deslizamientos, derrumbes y pequeños flujos de detritos (huaycos).	Pérdida de terrenos para cultivo.	Reforestar el área. No apta para construcción de viviendas.
Quebrada Soliahuayco (6)	Quebrada Soliahuayco, afectado por erosión en cárcava, deslizamientos, derrumbes y pequeños huaycos.	Pérdida de terrenos para cultivo.	Reforestar el área. No apta para construcción de viviendas.
Distrito: Santa Catalina			
Carretera a Santa Catalina (7)	Área susceptible a la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos y flujo de detritos (huaycos). Ubicada en la margen derecha de la quebrada Santa Catalina. Causas: Lluvias intensas, deforestación de ladera, corte de talud para construcción de carretera, naturaleza del terreno incompetente.	Afecta la carretera de acceso al distrito de Santa Catalina.	Reforestar con plantas nativas para estabilizar laderas. Construir un sistema de drenajes (cunetas).
Distrito: Jerónimo			
Quebrada Tingo (8)	Área susceptible a la ocurrencia de flujo de detritos (huaycos), ubicada entre las provincias de Luya y Bongará, kilómetro 378 de la carretera Fernando Belaunde Terry, margen izquierda del río Utcubamba.	Afectó y afectará el acceso por la carretera Fernando Belaunde Terry. Destruyó puente y viviendas.	Elevar rasante de carretera. Construir puente. Reforestar la cuenca alta de la quebrada. Reubicar fábrica de gaseosas.



Foto 10.11.- La quebrada Soliahuayco es afectada por erosión en cárcava, deslizamientos, derrumbes y se generan pequeños huaycos.



Foto 10.12.- Quebrada Tingo (carretera Fernando Belaunde Terry, kilómetro 278), área afectada por flujo de detritos. En el 2004 destruyó puente.

Cuadro 10.4
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Bongará

Provincia de Bongará				
Distrito: Chisquilla				
Sector	Descripción y observaciones geológicas	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones	
Puente Imaza (1)	Ocurrencia de erosión fluvial ocasionada por la corriente de agua del río Imaza.	Afecta a los estribos del puente Imaza en el sector de Chisquilla.	Construir puente nuevo.	
Distrito: Churuja				
Anexo Donce (2)	Torrentera por donde discurren flujos de detritos (huaycos) excepcionales. Sus nacientes se encuentran en el cerro Tioranta, se observa material suelto en el cauce de la quebrada. A pocos kilómetros de este lugar está el poblado de Churuja que podría ser afectado por inundación de detritos.	Puede afectar a las áreas agrícolas, 10 viviendas y la carretera de acceso a la ciudad de Chachapoyas. Según Velazco (2004), en la margen derecha de la quebrada Ushpachaca ocurrió un evento de movimiento en masa (marzo 1977) que destruyó 10 viviendas, fallecieron 7 personas y afectó la carretera y terrenos de cultivo.	Reubicar tres viviendas que podrían ser afectadas. Mantener la limpieza del cauce. Realizar trabajos de monitoreo.	
Distrito: San Carlos				
San Carlos (3)	Ciudad afectada por deslizamiento rotacional en mayo de 1998. Las causas fueron: filtraciones de agua, fuertes precipitaciones pluviales, comportamiento expansivo de suelos arcillosos.	En 1998 afectó 60 familias, destruyó 59 viviendas y 50 ha de cultivo.	Realizar trabajos de monitoreo constante. Continuar con los trabajos de reforestación.	
Distrito: Jazan				
Quebrada Rata (4)	Quebrada susceptible a la ocurrencia de flujos de detritos excepcionales, los flujos antiguos han formado depósitos en forma de abanicos donde están construidas tres viviendas.	Puede afectar terrenos de cultivo, tres viviendas ubicadas en el abanico proluvial de la quebrada.	Reubicar las viviendas	
Desvío Chosgón (5)	Área susceptible a la ocurrencia de derrumbes y flujo de detritos (huaycos). El punto de inicio sería el talud superior de la carretera.	Afectaría 1 500 m de la carretera (Fernando Belaunde Terry) en tramos discontinuos.	Reforestar con plantas nativas para estabilizar laderas.	
Quebrada Capachin (6)	Quebrada susceptible a la ocurrencia de flujos de detritos (huaycos), se observa material proluvial en el cauce de la quebrada. El tamaño de los bolones llega hasta 4 m de diámetro.	Afectaría el paso vehicular por la carretera Fernando Belaunde Terry.	Limpieza de cauce de quebrada en forma periódica. Reforestar con plantas nativas la cuenca alta.	
Pedro Ruiz (7)	Zona susceptible a la erosión fluvial e inundaciones, en la margen derecha del río Utcubamba.	Podrían ser afectadas las viviendas que se ubican en el borde de la terraza del río.	Las viviendas ubicadas en la ribera del río deben ser reubicadas tierra adentro. Realizar trabajos de defensa ribereña.	

Provincia de Bongará			
Sector	Descripción y observaciones geológicas	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Distrito: Shipasbamba			
Suyusbamba (8)	Área afectada por la erosión fluvial, ubicada entre las intersección Causas: Precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial y colmatación del cauce fluvial. es de las quebradas Jumbillayacu y Chido. También podrían ocurrir inundaciones fluviales y excepcionalmente flujos de detritos.	Podría afectar a la población de Suyusbamba	Elaborar un plan de emergencia ante huaycos e inundaciones fluviales. Limpieza de cauce de quebrada. Realizar trabajos de defensa ribereña.
Distrito: Florida			
Pomacocha (9)	Deslizamiento rotacional y reptación de suelos, ocasiona asentamiento de la carretera asfaltada en un tramo de 50 m.	Afecta tramo de 50 m de la carretera Fernando Belaunde Terry.	Reconstruir carretera y construir sistema de drenaje.
Puente Chido (10)	Área susceptible a la ocurrencia de deslizamiento. Se observa intensa deforestación del talud superior de la carretera.	Afectaría el paso vehicular por la carretera Fernando Belaunde Terry.	Reforestar las laderas superiores.
Distrito: Yambasbamba			
Quebrada Oso Perdido (11)	Quebrada susceptible a la ocurrencia de flujos excepcionales. Los flujos (huaycos) antiguos han formado depósitos en forma de abanicos.	Afectaría el paso vehicular por la carretera Fernando Belaunde Terry.	Limpieza del cauce de quebrada. Ampliar ancho de alcantarilla.
Nueva Esperanza (12)	Deslizamiento rotacional y reptación de suelos, ocasiona hundimiento en plataforma de carretera asfaltada en una longitud de 30 m.	Afecta tramo de 30 m de la carretera Fernando Belaunde Terry.	Reconstruir carretera. Construir un sistema de drenaje.
Km 370 al 371 (carretera F. Belaunde) (13)	Erosión fluvial ocasionada por la corriente de agua del río Nieva.	Afecta la plataforma de la carretera Fernando Belaunde Terry.	Limpieza de cauce de quebrada. Realizar trabajos de defensa ribereña.



Foto 10.13.- Pedro Ruiz, ocurrencia de erosión fluvial en la margen derecha del río Utcubamba. También podría ser afectada por inundaciones.



Foto 10.14.- Población de Suyusbamba, afectada por erosión fluvial, también podrían ocurrir inundaciones fluviales.



Foto 10.15.- Presencia de depósitos de flujos de detritos antiguos en ambas márgenes del cauce de la quebrada Oso Perdido.



Foto 10.16.- Población de Mayeta asentada en un antiguo depósito de flujo de detritos.

Cuadro 10.5.
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Utcubamba

Provincia de Utcubamba				
Distrito: Lonya Grande				
Sector	Descripción y observaciones geológicas	vulnerabilidad y daños ocasionados	Recomendaciones	
Quebrada Palaguas (1)	Quebradas Palahuas y Chumamal son susceptibles a la ocurrencia de flujo de detritos periódicos que bajan hacia el río Marañón.	Según cuentan los habitantes, el puente de paso a La Pirca fue afectado en el 2005 y el flujo arrastró a tres personas.	Levantar rasante de la carretera. Construir puente. Reforestar la cuenca alta de la quebrada.	
Distrito: Yamon				
Río Chinuña (2)	Quebrada susceptible a la ocurrencia de flujos de detritos (huaycos) e inundaciones fluviales. Actualmente el cauce de la quebrada se encuentra parcialmente colmatado por material de flujos antiguos.	Afectaría cultivos de fruta, arroz, cacao. Afectaría dos viviendas.	Limpieza de cauce de quebrada después de cada período de lluvias.	
Mayeta (3)	Área susceptible a la ocurrencia de flujos excepcionales provenientes de la quebrada Luce. Los flujos de detritos (huaycos) antiguos han formado depósitos en forma de abanicos donde está asentada la población de Mayeta.	Puede afectar las viviendas de la población Mayeta	Limpieza de cauce de quebrada. Elaborar un plan de emergencia ante huaycos e inundaciones fluviales.	
Distrito: Cumba				
Quebrada Guayaquil (4)	Área susceptible a la ocurrencia de flujos excepcionales provenientes de la quebrada Guayaquil. Los flujos de detritos (huaycos) antiguos han formado depósitos en forma de abanicos donde está asentada la población de La Viña.	Puede afectar a las viviendas de la población La Viña.	Limpieza de cauce de quebrada. Elaborar un plan de emergencia ante huaycos e inundaciones fluviales.	
Tagtago (5)	Área susceptible a la ocurrencia de flujos excepcionales e inundaciones fluviales provenientes de las quebradas Limones, Mojoncho y Llangago. Los flujos de detritos (huaycos) antiguos han formado depósitos de forma de abanicos donde está asentada la población de Tagtago.	Puede afectar a las viviendas de la población de Tagtago	Limpieza de cauce de quebradas. Elaborar un plan de emergencia ante huaycos e inundaciones fluviales.	
Quebrada Purga (6)	Área susceptible a la ocurrencia de flujos excepcionales e inundaciones fluviales provenientes de la quebrada Purga. Los flujos de detritos (huaycos) antiguos han formado depósitos en forma de abanicos donde está asentada la población del distrito de Cumba.	Puede afectar a las viviendas de la población del distrito de Cumba.	Limpieza de cauce de quebrada, reforestar la cuenca alta y media. Elaborar un plan de emergencia ante huaycos e inundaciones fluviales.	
Cerro Pan de Azúcar (7)	Deslizamiento traslacional en roca caliza, cuya longitud de escarpa es de 500 m aproximadamente, la separación en la zona de escarpa mide 3,7 m y tiene una profundidad de 10 m.	Podrían caer personas a la grieta dejada por el deslizamiento.	Cercar el área con mallas, colocar señales de peligro y monitoreo con GPS diferencial.	
El Limón, El Porvenir (8)	Deslizamiento rotacional que se activó en junio del 2001. Las posibles causas del evento fueron las filtraciones de agua subterránea, la karstificación de la roca caliza y la estratificación favorable a la pendiente del terreno.	Afectó 200 ha de cultivos de plátanos, café, maíz y otros productos de pan llevar.	Monitorear el deslizamiento con equipos de GPS diferencial.	



Foto 10.17.- Pontón afectado por flujo de detritos y erosión fluvial en la quebrada Palaguas.



Foto 10.18.- Viviendas de Tagtago asentadas en antiguo depósito de flujo de detritos provenientes de las quebradas Limones, Mojoncho y Llangugo.

Provincia de Utcumbamba			
Sector	Descripción y observaciones geológicas	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Distrito: Jamalca			
Mangunchal, Aseradero (9)	Quebradas Mangunchal-San José, tramo de carretera Fernando Belaunde Terry susceptible a la ocurrencia de huaycos provenientes de las quebradas Mangunchal, San José y Cereso. Además este tramo es susceptible a la ocurrencia de deslizamientos y erosión fluvial provocados por la corriente de agua del río Utcubamba.	Afectó a la plataforma de la carretera Fernando Belaunde Terry y a las viviendas del caserío Aseradero. La erosión fluvial y los deslizamientos podrían afectar las viviendas de los poblados de Aseradero y Pueblo Nuevo.	Realizar trabajos de defensa ribereña y limpieza del cauce de río. Estabilizar talud superior de carretera y reforestar con plantas nativas.
Quebrada Olón (10)	Margen derecha de la quebrada Olón susceptible a la ocurrencia de deslizamiento rotacional activo cuya longitud de escarpa supera los 250 metros.	Afectó tierras de cultivo, afecta carretera de acceso al distrito de Jamalca.	Monitorear el deslizamiento con equipos de GPS diferencial. Reforestar el área con plantas nativas.
Puente La Calera (11)	Área susceptible a la ocurrencia de flujos excepcionales e inundaciones fluviales provenientes de la quebrada Olón.	Afectaría el pase por la carretera Fernando Belaunde Terry.	Limpieza de cauce de quebrada.
El Salao (12)	Área sujeta a erosiones fluviales en una longitud de 1 000 m provocadas por la corriente de agua del río Utcubamba. Las viviendas de adobe ubicadas en la margen izquierda del río Utcubamba presentan fisuras en su estructura.	Afecta la plataforma de la carretera Fernando Belaunde Terry. Afectaría a las viviendas ubicadas en la margen izquierda del río Utcubamba.	Realizar trabajos de defensa ribereña y modificar trazo de la carretera. Reubicar viviendas ubicadas en la margen izquierda del cauce de río.
Quebrada Arenal (13)	Área sujeta a erosiones fluviales en una longitud de 800 m, provocadas por la corriente de agua del río Utcubamba; también podrían producirse derrumbes y deslizamientos discontinuos en la margen izquierda del río.	Afecta la plataforma de la carretera Fernando Belaunde Terry.	Realizar trabajos de defensa ribereña. Mantener monitoreado el área.
Naranjito (14)	Área susceptible a la ocurrencia de deslizamientos y erosión fluvial provocados por la corriente de agua del río Utcubamba.	Afectó la plataforma de la carretera Fernando Belaunde Terry en una longitud de 500 m.	Realizar trabajos de defensa ribereña. Construir variante de carretera.
Puerto Naranjito (15)	Área susceptible a la ocurrencia de derrumbes en el talud superior de la carretera Fernando Belaunde Terry. Hay viviendas ubicadas en la margen izquierda del cauce del río Utcubamba que podrían ser afectadas por los derrumbes ocasionados por la erosión fluvial.	Podrían ser afectadas 14 viviendas y la plataforma de la carretera Fernando Belaunde Terry.	Reubicar 14 viviendas. Mantener monitoreado el área. Realizar trabajos de defensa ribereña.



Foto 10.19.- Centro Poblado Aserradero después del desastre de marzo de 1998. La zona fue afectada por deslizamientos, inundación y erosión fluvial.



Foto 10.20.- Poblado de Aserradero asentado en la margen izquierda del río Utcubamba, imagen tomada antes del desastre. Foto: Alberto Bisbal - INDECI.



Foto 10.21.- El poblado de El Salao, ubicado en la margen izquierda del río Utcubamba, podría ser afectado por la erosión fluvial.



Foto 10.22.- Escarpa de deslizamiento que ocurrió en octubre del 2007 a un kilómetro de Naranjitos.
Foto: Julio C. Aguilar.



Foto 10.23.- Puerto Naranjitos, viviendas afectadas por derrumbes



Foto 10.24.- Deslizamiento rotacional elongado en la margen izquierda del río Utcubamba, cerca del puerto de Motupe, kilómetro 241.

Provincia de Utcumbamba			
Sector	Descripción y observaciones geológicas	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Distrito Bagua Grande			
Puerto Motupe (16)	Área susceptible a erosión fluvial y deslizamiento, también se pueden presentar derrumbes en la margen izquierda del río Utcumbamba.	Afecta y afectará plataforma de la carretera Fernando Belaunde Terry.	Construir variante de carretera. Realizar trabajos de defensa ribereña.
Santa Elena (17)	Área susceptible a la ocurrencia de deslizamiento y erosión, también se pueden presentar derrumbes en la margen izquierda del río Utcumbamba.	Afecta y afectará plataforma de la carretera Fernando Belaunde Terry.	Construir variante de carretera. Realizar trabajos de defensa ribereña.
Quebradas Toromocho-Nañáco (18)	Quebradas Toromocho-Nañáco, tramo de carretera Fernando Belaunde Terry susceptible a la ocurrencia de erosión fluvial y a la ocurrencia de flujos de detritos provenientes de las quebradas Toromocho y Nanáco. La erosión fluvial es provocada por la corriente de agua del río Utcumbamba. Además este tramo es susceptible a la ocurrencia de pequeños deslizamientos.	Afecta la plataforma de la carretera Fernando Belaunde Terry.	Buscar alternativas para detener la erosión o construir variante de carretera. Realizar trabajos de defensa ribereña.
Sector San Luis (19)	Sector San Luis, tramo de carretera Fernando Belaunde Terry susceptible a la ocurrencia de erosión fluvial provocada por la corriente de agua del río Utcumbamba. Además este tramo es susceptible a la ocurrencia de deslizamientos.	Afecta la plataforma de la carretera Fernando Belaunde Terry.	Buscar alternativas para detener la erosión o construir variante de carretera. Realizar trabajos de defensa ribereña.
Barrio San Luis (20)	Área susceptible a la ocurrencia de flujos excepcionales e inundaciones fluviales provenientes de la quebrada Ronquillo. Los flujos de detritos (huaycos) antiguos han formado depósitos en forma de abanicos donde está asentado el barrio San Luis.	Puede afectar a las viviendas del barrio San Luis.	Limpieza de cauce de quebradas y reforestar cuenca media y alta. Realizar trabajos de defensa ribereña. Elaborar un plan de emergencia ante huaycos e inundaciones fluviales.
Las Flores (21)	Área susceptible a la ocurrencia de flujos excepcionales e inundaciones fluviales provenientes de la quebrada Cachimayo.	Puede afectar a las viviendas de la población de Tagtago.	Limpieza de cauce de quebradas y reforestar cuenca media y alta. Realizar trabajos de defensa ribereña. Elaborar un plan de emergencia ante huaycos e inundaciones fluviales.
Bagua Grande (22)	Área sujeta a inundaciones fluviales. Causas: Terrazas bajas, dinámica fluvial del río Utcumbamba, precipitaciones pluviales intensas. El río en la actualidad ha migrado hacia la margen izquierda, dejando en este sector una gran playa de arena.	Afecto a viviendas y terrenos de cultivo de arroz ubicados en ambas margenes del río Utcumbamba.	No permitir el crecimiento de las ciudades de Bagua Grande, Bagua y Cajaro hacia la zona que va liberando el río, porque en cualquier época puede retomar su cauce.



Foto 10.25.- Plataforma de la carretera Fernando Belaunde Terry, sector San Luis, afectado por deslizamiento.



Foto 10.27.- Caverna, Cambiopitec.



Provincia de Utcumbamba			
Sector	Descripción y observaciones geológicas	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Distrito: El Milagro			
Pozo 2, El Milagro (23)	Terrazas fluviales sujetas a inundación. Causas: Terrazas bajas, dinámica fluvial del río Marañón, precipitaciones pluviales intensas.	Podría afectar la captación de agua para riego y el pozo de bombeo de agua para la Estación de Bombeo N.º 7 del Oleoducto Norperuano. También podría afectar la caseta de vigilancia.	En temporada de precipitaciones pluviales fuertes, la caseta de vigilancia ubicada en la estación de bombeo de agua debe ser reubicada. Buscar alternativas de reubicación para la captación y el pozo de bombeo de agua o realizar trabajos de defensa ribereña.
La Papaya (24)	Área susceptible a inundaciones fluviales. La zona presenta una superficie plana y río meándrico. Causas: Terrazas bajas, dinámica fluvial del río Marañón, precipitaciones pluviales intensas.	Afectó y afectaría cultivos de arroz, de los sectores de Papaya Alta y Media, Aviación, Zapote; incluso los sectores de Huarangopampa, Hacienda Limbo, Pueblo Nuevo y Esperanza.	Realizar trabajos de defensa ribereña.
Pongo de Rentema (25)	Área susceptible a inundación fluvial. La zona presenta una superficie plana y río ligeramente meándrico. Causas: Terrazas bajas, dinámica fluvial del río Marañón, precipitaciones pluviales intensas.	Provoca erosión fluvial, pérdida de terreno de cultivo.	Área no apta para cultivo y menos para vivienda. Realizar trabajos de defensa ribereña.

Cuadro 10.6
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Bagua

Provincia de Bagua			
Distrito: Copallin			
Sector	Descripción y observaciones geológicas	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Caverna Cambiopitec (1)	Zona turística muy visitada por la población de la región, susceptible a la ocurrencia de caída de rocas. Causas: Rocas fracturadas y pendiente del terreno.	Podría afectar a las personas que visitan la caverna.	Realizar estudios especializados de geotecnia.
Distrito: La Peca			
La Puntilla, Vista Hermosa (2)	Área susceptible a la ocurrencia de deslizamientos. La zona de Vista Hermosa también es considerada como área susceptible a la ocurrencia de deslizamientos. Causas: Substrato de mala calidad, pendiente del terreno y escasez de vegetación.	Afectaría a las viviendas del barrio del sector.	Reforestar las laderas. Construir viviendas con asesoramiento técnico. Monitoreo del área con GPS diferencial.
Distrito: Aramango			
Puerto Rentema (3)	Área susceptible a la ocurrencia de deslizamiento, erosión fluvial. Causas: Precipitaciones pluviales intensas, substrato muy meteorizado o mala calidad, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, deforestación de ladera y erosión fluvial en el pie de ladera por la corriente de agua del río Marañón.	El deslizamiento afectaría nueve viviendas asentadas en la margen derecha del río Marañón	Reubicar viviendas, reforestar laderas y monitorear el área puesto que existe un puente colgante.
El Porvenir (4)	Área susceptible a la ocurrencia de flujos excepcionales e inundaciones fluviales. Los flujos de detritos (huaycos) antiguos han formado depósitos de forma de abanicos donde se ha construido un puente.	Puede afectar al puente y carretera de acceso al poblado de El Porvenir.	Limpieza de cauce de quebradas, elevar rasante de carretera, ampliar el tamaño de puente.
Magdalena (5)	Área susceptible a la ocurrencia de deslizamiento, erosión fluvial. Causas: Precipitaciones pluviales intensas, substrato muy meteorizado o mala calidad, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, deforestación de ladera y erosión fluvial en el pie de ladera por la corriente de agua del río Marañón.	Puede afectar el acceso por la carretera Bagua-Nieva.	Realizar trabajos de reforestación. Realizar trabajos de defensa ribereña y sistema de drenaje.



Foto 10.28.- Vista panorámica del Barrio La Puntilla, Bagua Chico.



Foto 10.29.- Viviendas en el puerto Rentema, asentadas en la margen derecha del río Marañón, pueden ser afectadas por deslizamiento.

Provincia de Bagua			
Sector	Descripción y observaciones geológicas	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Distrito: Aramango			
Cerro Dinosaurios (6)	Área susceptible a la ocurrencia de deslizamiento, erosión fluvial y flujo de detritos. Causas: Precipitaciones pluviales intensas, substrato muy meteorizado o mala calidad, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, deforestación de ladera y erosión fluvial. En el pie de ladera por la corriente de agua del río.	Puede afectar el acceso por la carretera Bagua-Nieva.	Realizar trabajos de reforestación. Realizar trabajos de defensa ribereña y sistema drenaje. Construir badén o puente.
Salinas (7)	Área susceptible a la ocurrencia de flujos. Los flujos de detritos (huaycos) antiguos han formado depósitos en forma de abanicos	Puede afectar cultivos, torres de alta tensión y cinco viviendas.	Reubicar viviendas, reforestar la microcuenca.
La Libertad (8)	Área susceptible a la ocurrencia de deslizamiento y flujos de detritos. Los flujos se generan del cuerpo del deslizamiento antiguo. Causas: Precipitaciones pluviales intensas, substrato muy meteorizado o mala calidad, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, deforestación de ladera y material de remoción antiguo susceptible.	Afectó viviendas y cultivos en 1998. En junio del 2005, la ocurrencia de un flujo de detritos (huayco) destruyó seis viviendas.	Reubicar viviendas, reforestar laderas y monitorear el área.
Km 483 del Oleoducto Norperuano (9)	El área es susceptible a la ocurrencia de deslizamientos, flujos de detritos y erosiones fluviales. Causas: Precipitaciones pluviales intensas, substrato de mala calidad, naturaleza del suelo incompetente, material de remoción en masa antigua, pendiente del terreno, deforestación de ladera y cortes en el pie de ladera para construcción de carretera.	Afectaría las tuberías del oleoducto, la carretera de acceso a la provincia de Nieva.	Instruir a la población para que puedan identificar y alertar de cualquier anomalía en el terreno donde está tendida la tubería del oleoducto. Así se evitaría lo ocurrido en mayo del 2006. Mantener monitoreadas con GPS diferencial las zonas susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos
Tipuco (10)	Área susceptible a la ocurrencia de flujos excepcionales. Los materiales de flujos (huaycos) antiguos han formado depósitos en forma de abanicos donde se han construido siete viviendas.	Puede afectar cultivos y siete viviendas.	Reubicar viviendas, reforestar la microcuenca.
Muyoc (11)	Área susceptible a inundaciones fluviales y erosión. El poblado se ubica en la margen derecha del río Marañón.	Puede afectar a cinco viviendas.	Reubicar viviendas ubicadas en la margen derecha del cauce de río.
C.C. NN. Tutumberos (12)	Área susceptible a la ocurrencia de flujos de detritos excepcionales. Los flujos (huaycos) antiguos han formado depósitos en forma de abanicos donde se han construido cinco	Puede afectar cultivos y cinco viviendas.	Reforestar la microcuenca con plantas nativas. Elaborar un plan de emergencia ante huaycos.
Caserío Montenegro (13)	Deslizamiento rotacional activo con escarpas múltiples. Causas: Precipitaciones pluviales intensas, substrato muy meteorizado o mala calidad, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, deforestación de ladera y erosión fluvial en el pie de ladera por la corriente de agua del río Marañón.	Afecta la tubería del Oleoducto Norperuano.	Monitoreo permanente del deslizamiento.

Provincia de Bagua			
Sector	Descripción y observaciones geológicas	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Distrito: Aramango			
Soldado de Oliva (14)	Deslizamiento rotacional activo con una longitud de escarpa de 40 m. Causas: precipitaciones pluviales intensas; substrato muy meteorizado o mala calidad, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, deforestación de ladera.	Podría afectar la tubería del Oleoducto Norperuano.	Monitoreo permanente del deslizamiento. Realizar trabajos de estabilización de talud, y reforestación.
Soldado de Oliva (15)	Áreas sujetas a erosión en cárcava. Causas: precipitaciones pluviales intensas, corte de talud de carretera, deforestación intensa, terreno de pendiente fuerte.	Afecta carretera afirmada en el sector de Soldado de Oliva. Podría dejar sin acceso a las poblaciones que se encuentran en la ruta Bagua-Santa María de Nieva.	Reforestar la zona. Colocar muros de protección en las zonas inestables para evitar la erosión de la carretera. Colocar muros de protección en las zonas inestables para evitar la erosión de la carretera.
Distrito: Imaza			
Barrio Tubikai, Chiriaco (16)	Área predispuesta a inundaciones fluviales. Las terrazas tienen alturas hasta de 2 m. En tiempos de crecida las aguas podrían llegar a inundar hasta 1,50 m sobre el nivel de la terraza.	En la terraza (margen izquierda del río) están comenzando a construir viviendas que podrían ser afectadas por inundaciones fluviales.	Detener la expansión urbana en la margen izquierda del río. La zona no es apta para la construcción de viviendas. Realizar trabajos de defensa ribereña.
I.E. San José, Chiriaco (17)	Área predispuesta a inundaciones fluviales excepcionales. Las terrazas tienen alturas variables hasta de 1,50 m. En tiempos de crecida las aguas podrían llegar a inundar hasta 1,00 m sobre el nivel de la terraza.	En la terraza (margen derecha de río) se ubica una institución educativa de apoyo a la comunidad que podría ser afectada por las inundaciones fluviales.	Detener la expansión urbana hacia la margen derecha del río. La zona no es apta para la construcción de viviendas. Elaborar un plan de emergencia ante inundaciones.
Barrio La Bombonera, Imaza (18)	Área predispuesta a inundaciones fluviales excepcionales. Las terrazas tienen alturas variables hasta de 3 m. En tiempos de crecida las aguas llegan a inundar hasta 1,00 m sobre el nivel de la terraza.	La población de Imaza fue afectada por inundaciones fluviales (desborde de las aguas del río Marañón, quebradas Zurita y Tocas) en 1962, 1982 y 1998, inundando la parte baja como el mercado, loza deportiva y viviendas.	Construir defensas ribereñas en zonas críticas de desborde. Detener la expansión urbana hacia la margen del río
Nichinak (19)	Área susceptible a la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos y flujos de detritos (huaycos). Causas: Lluvias intensas, deforestación de ladera, corte de talud para construcción de carretera, naturaleza del terreno incompetente.	Afecta la carretera de acceso al distrito de Santa María de Nieva.	Reforestar con plantas nativas para estabilizar laderas. Construir un sistema de drenajes (cunetas). Monitorear el deslizamiento con GPS diferencial.



Foto 10.30.- Viviendas del sector Tipuco asentadas en depósitos de un antiguo flujo de detritos o huaycos.



Foto 10.31.- Población de Muyoc ubicada en la margen derecha del Marañón.



Foto 10.32.- Población de la Comunidad Nativa Tutumberos asentada en depósitos de un antiguo flujo de detritos o huaycos.



Foto 10.33.- Montenegro: Deslizamiento traslacional activo en el talud superior de la carretera.

Cuadro 10.7
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Condorcanqui

Provincia de Condorcanqui				
Distrito: Nlewa				
Sector	Descripción y observaciones geológicas	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones	
Paantan (1)	Área expuesta a inundaciones fluviales excepcionales. Las terrazas tienen alturas variables hasta de 3 m. En tiempos de crecida las aguas podrían llegar a inundar hasta 0,50 m sobre el nivel de la terraza.	En la margen izquierda del río Chingaos existe 100 viviendas, un puesto de salud y centros educativos que podrían ser afectados por inundaciones fluviales.	Detener la expansión urbana hacia la margen del río y efectuar limpieza del cauce. Elaborar un plan de emergencia ante inundaciones fluviales.	
Centro Poblado Uracusa (2)	Área expuesta a inundaciones fluviales a excepcionales. Las terrazas tienen alturas hasta de 1 m, en tiempos de crecida, las aguas llegan a inundar hasta 1,50 m sobre el nivel de la terraza.	En esta terraza se ubican viviendas, algunas de ellas están construidas sobre pilotes de madera o de cemento.	El área no es apta para la construcción de viviendas. Elaborar un plan de emergencia ante inundaciones fluviales.	
Caserío Tayunsa (3)	Área expuesta a inundaciones excepcionales. Las terrazas tienen alturas hasta de 3 m, en tiempos de crecida las aguas podrían llegar a inundar hasta 0,50 m sobre el nivel de la terraza.	En las terrazas se ubican viviendas, algunas de ellas están construidas sobre pilotes de madera.	Elaborar un plan de emergencia ante inundaciones.	
Barrio La Tuna (4)	Área expuesta a inundaciones. Las terrazas tienen alturas variables hasta de 3 m, en tiempos de crecida las aguas podrían llegar a inundar hasta 0,50 m sobre el nivel de la terraza. La zona es afectada desde 1978 (Velazco, 2004) en un área de 4 hectáreas.	En las terrazas se ubican viviendas, algunas de ellas están construidas sobre pilotes de madera. Existe la probabilidad de que 70 viviendas sean afectadas.	Estas áreas y los márgenes del cauce del río no son aptas para viviendas ni obras de infraestructura. Elaborar un plan de emergencia ante inundaciones fluviales.	



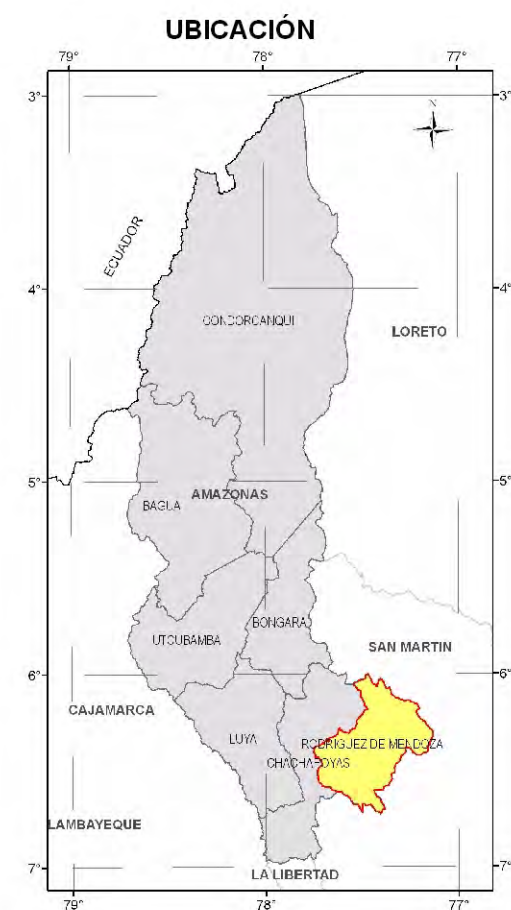
Foto 10.34.- Centro Poblado de Uracusa asentado en la margen derecha del río Marañón. Podría ser afectado por la erosión fluvial e inundaciones.



Foto 10.35.- Caserío Tayunsa ubicado en ambas márgenes del río Nieva.



Foto 10.36.- Población de Santa María de Nieva, asentada en la margen izquierda del río Nieva, susceptible a inundaciones fluviales.

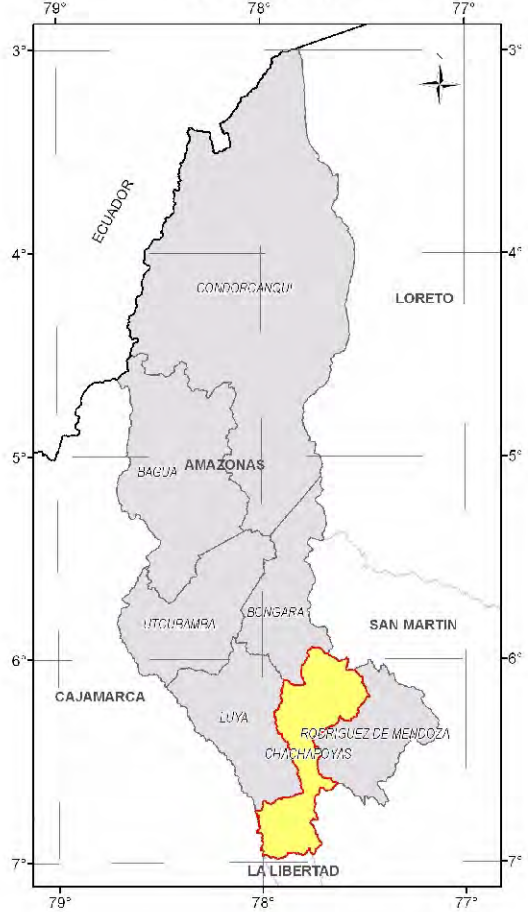


LISTADO DE ZONAS CRÍTICAS			
CÓDIGO	DISTRITO	PARAJE	PELIGRO
01	Chirimoto	Chirimoto, Milpuc, Schocol	Inundación fluvial
02	Totora	Valle Huayabamba	Inundación fluvial
03	Omia	Qda. Santa Rosa	Derrumbe
04		Barrio San Juan	Deslizamiento
05		Omia	Deslizamiento
06		Puente Shihua	Derrumbe
07	San Nicolás	Mito	Flujo
08		Condorpuquio	Derrumbe
09	Huambo	Río Grande	Inundación fluvial
10	Cochamal	Puente Cochamal	Inundación fluvial
11	Shuco	Shuco	Inundación fluvial
12	Longar	Minicentral hidroeléctrica San Antonio	Deslizamiento
13	Mariscal Benavides	Hualamita	Derrumbe





UBICACIÓN



LISTADO DE ZONAS CRÍTICAS

CÓDIGO	DISTRITO	PARAJE	PELIGRO
01	Balsas	Carretera a Balsas, Cerro Tambo viejo	Erosión en Cárcava
02		Cerro Tambo Viejo	Derrumbe
03		Cerro siete posas	Avalancha de rocas
04		Cerro siete posas	Caída de rocas
05	Chuquibamba	Qda. Chambull	Derrumbe
06	Leimebamba	Leimebamba	Avalancha de rocas
07		Cerro San Cristóbal	Deslizamiento
08	Levanto	Carretera Maino-Levanto	Derrumbe
09		Qda. Quipachacha	Flujo
10	Chachapoyas	San Isidro	Flujo
11		Pucacruz	Deslizamiento
12		Calle Antonio Oviedo	Hundimiento
13		Barrio Triunfo Cda. 1	Deslizamiento
14		Carretera desvío Leimebamba-Chachapoyas	Deslizamiento
15		Qda. Santa Lucía	Erosión en Cárcava
16		Qda. Rondon	Flujo
17	Huancas	Río Sonche	Caída de rocas
18		El Túnel	Caída de rocas
19	S. F. de Daguas	Pipus	Flujo
20		Qda. Lessia	Derrumbe
21	Molinopampa	Cerro Malcamal	Deslizamiento
22		El Molino	Flujo
23		Chontabamba	Flujo

Sector Energía y Minas
Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

INGEMMET

ZONAS CRÍTICAS
PROVINCIA DE CHACHAPOYAS

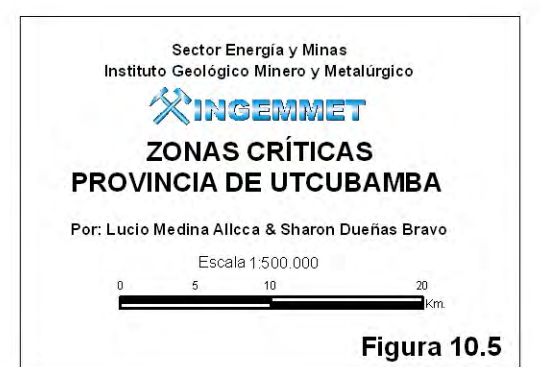
Por: Lucio Medina Alicca & Sharon Dueñas Bravo

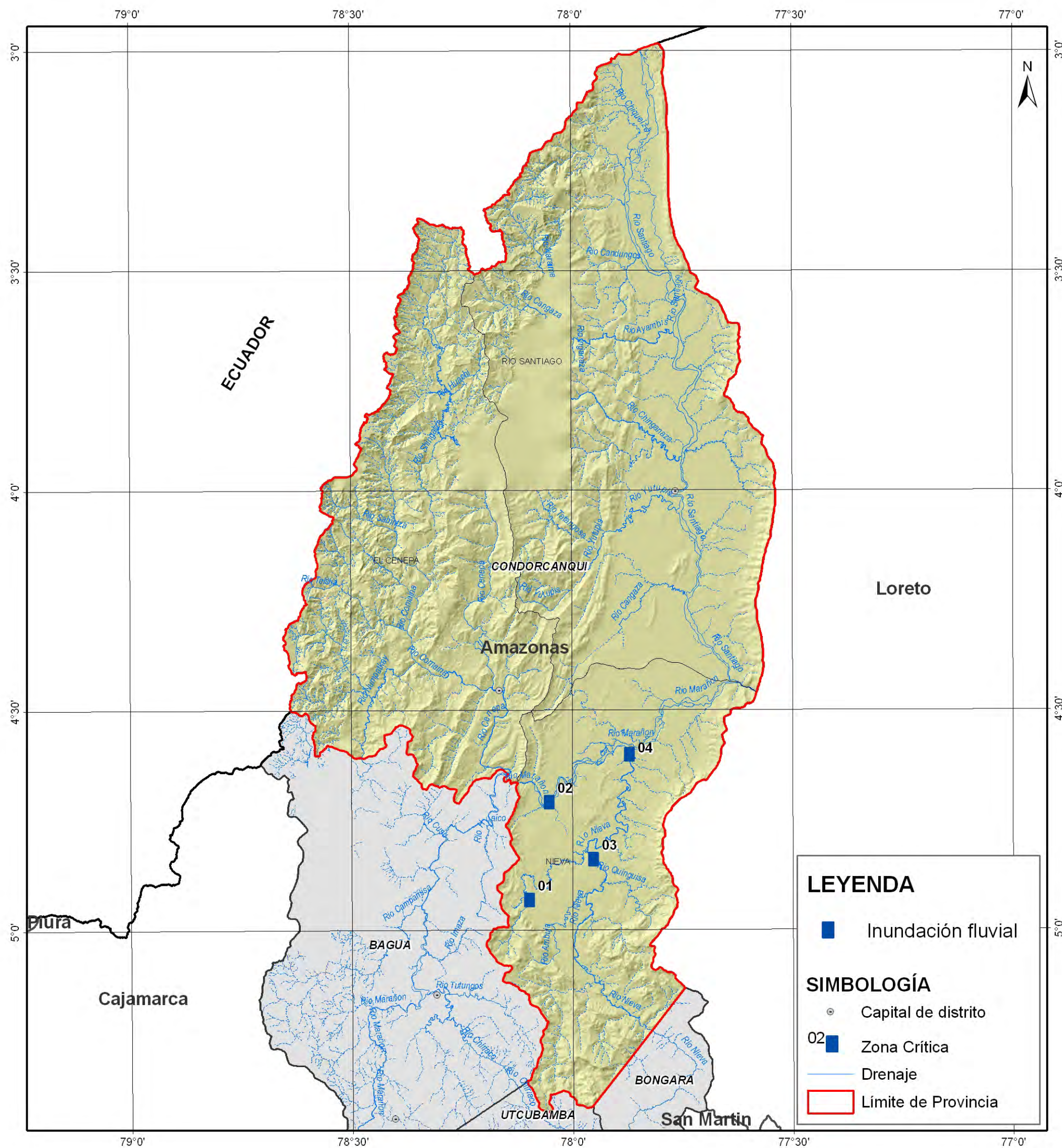
Escala 1:500.000

Figura 10.2



LISTADO DE ZONAS CRÍTICAS			
CÓDIGO	DISTRITO	PARAJE	PELIGRO
01	Lonya Grande	Qda. Palaguas	Flujo
02	Yamón	Rio Chinuña	Flujo
03		Mayeta	Flujo
04	Cumba	Qda. Guayaquil.	Flujo
05		Tagtago	Flujo
06		Qda. Purga	Flujo
07	Cumba	Cerro Pan de Azúcar	Deslizamiento
08		El Limón, El Porvenir	Deslizamiento
09		Magunchal	Deslizamiento
10	Jamalca	Qda. Olón	Deslizamiento
11		Puente la Caldera	Flujo
12		El Salao	Erosión fluvial
13		Qda. Arenal	Erosión fluvial
14		Naranjitos	Deslizamiento
15	Bagua Grande	Puerto Naranjitos	Derrumbe
16		Puerto Motupe.	Erosión fluvial
17		Santa Elena.	Deslizamiento
18		Qda. Toromocho-Naññaco	Erosión fluvial
19		Sector San Luis.	Erosión fluvial
20	Bagua Grande	Barrio San Luis	Flujo
21		Las Flores	Flujo
22		Bagua Grande	Inundación fluvial
23	El Milagro	Pozo 2, El Milagro	Inundación fluvial
24		La Papaya.	Inundación fluvial
25		Pongo de Rentema	Inundación fluvial





LISTADO DE ZONAS CRÍTICAS			
CÓDIGO	DISTRITO	PARAJE	PELIGRO
01	Nieva	Paantan	Inundación fluvial
02		Centro Poblado Uracusa	Inundación fluvial
03		Caserio Tayunsa	Inundación fluvial
04		Barrio La Tuna	Inundación fluvial



Figura 10.7

CAPÍTULO XI

ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE PELIGROS GEOLÓGICOS

GENERALIDADES

Este capítulo muestra los factores que influyen en la inestabilidad de las laderas. Estos pueden ser naturales o antrópicos.

Factores naturales: Ligados a las condiciones intrínsecas del terreno como: tipo de litología (suelo o formaciones superficiales, substrato rocoso), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales, movimientos sísmicos, entre otros.

- La litología que caracteriza al substrato puede estar dominada por fracturamientos, que resultan de esfuerzos y otros procesos; además, si el macizo rocoso está meteorizado, la roca es de mala calidad. Por otro lado, la alternancia de rocas con diferente competencia, como por ejemplo los conglomerados o las areniscas intercalados con limonitas (formación Inguillpata), puede generar movimientos en masa (intercalación de rocas fuertes y rocas débiles).
- Los suelos o depósitos superficiales como los coluviales y residuales cubren las laderas con ángulos de 5 a 35°; se presentan poco compactados, son susceptibles a la generación de fenómenos de movimiento en masa, por ejemplo, cuando se realizan cortes de talud (construcción de caminos, canales y otros). Existen también depósitos de tipo aluviales que al ser erosionados pueden generar derrumbes y deslizamientos.
- Las pendientes naturales del terreno pueden ser desde muy bajas (< 5°) en fondos de valles, terrazas y terrenos planos ondulados; o tener valores bajos (2-20°) en laderas con pendiente baja en colinas y montañas, y pendientes medias a muy altas (> 20°) en laderas de montañas, acantilados y escarpas de valles. Las zonas donde se presentan la mayor cantidad de movimientos en masa son las últimas.
- Las lluvias de gran intensidad —sean de corta, moderada o de larga duración— se infiltran y ocasionan el incremento de la presión intersticial; así el peso unitario de los materiales humedecidos incrementa el grado de inestabilidad de los materiales de las laderas. La región se caracteriza por ser de tipo lluviosa, y en tiempos excepcionales se registra hasta 8 000 mm anuales. Cuando se presentan lluvias muy intensas en la región los terrenos o suelos pierden estabilidad y se generan fenómenos de movimientos en masa.
- Las aguas de escorrentía originan erosión de fondo y lateral, así como desestabilización de las márgenes; ocurren también

desprendimientos que incrementan material suelo en los lechos de las quebradas y valles, los cuales generan los flujos o huaycos cuando hay lluvias fuertes.

Factores antrópicos: Relacionados a las actividades realizadas por el hombre (la agricultura, el pastoreo, la ocupación antrópica, la construcción de carreteras, entre otros).

- Cuando se construyen viviendas o se habilitan áreas donde hay cultivos, el suelo se altera y pierde su perfil.
- La deforestación se origina por la demanda de áreas de terreno cultivable y la extracción de madera, ocasionando la pérdida de cobertura natural de los suelos que proveía protección.
- Modificación de los taludes por la construcción de carreteras que permiten la comunicación con las diferentes comunidades que se encuentran en la zona.
- Durante la construcción de carreteras, campamentos, oficinas, etc., se modifica y se pierde el perfil del suelo, así como la vegetación y el drenaje superficial.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y/O CORRECTIVAS

Para el desarrollo de esta sección se ha considerado como base la información del Instituto Geominero de España *Manual de ingeniería de taludes (1987)* y del estudio realizado por INGEMMET (2000).

En esta sección se dan algunas propuestas generales de solución para la región, con la finalidad de minimizar las ocurrencias de deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, flujos, procesos de erosiones de laderas, entre otros, y también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

Medidas para deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas

Las medidas correctivas se pueden realizar en: 1) taludes en construcción, 2) laderas que tienen pendientes fuertes y es necesaria su estabilización, 3) para estabilizar fenómenos de rotura, sobretodo aquellos que pueden trabajarse a nivel de construcción. Para definir la solución ideal es necesario valorar diferentes parámetros, sean de tipo constructivo o económico.

a) Corrección por modificación de la geometría del talud

Cuando un talud es inestable o su estabilidad es precaria se puede modificar su geometría con la finalidad de obtener una nueva disposición que resulte estable. Esta modificación busca lograr al menos uno de los dos efectos siguientes:

- Disminuir las fuerzas que tienden al movimiento de la masa.
- Aumentar la resistencia al corte del terreno mediante el incremento de las tensiones normales en zonas convenientes de la superficie de rotura.

Lo primero se consigue reduciendo el volumen de la parte superior del deslizamiento y lo segundo incrementando el volumen en el pie del mismo.

Las acciones que pueden realizarse sobre la geometría de un talud para mejorar su estabilidad son las siguientes:

Eliminar la masa inestable o potencialmente inestable. Esta es una solución drástica que se aplica en casos extremos, comprobando que la nueva configuración no es inestable.

Eliminar el material de la parte superior (descabezamiento) de la masa potencialmente deslizante. En esta área el peso del material contribuye más al deslizamiento y presenta una menor resistencia, dado que la parte superior de la superficie de deslizamiento presenta una máxima inclinación. Por ello la eliminación de escasas cantidades de material produce aumentos importantes del factor de seguridad.

Construcción de escolleras en el pie del talud. Puede efectuarse en combinación con el descabezamiento del talud o como medida independiente (Figuras 11.1 y 11.2).

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

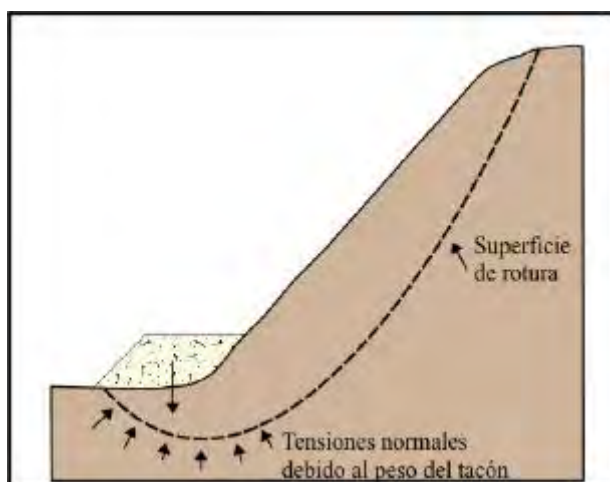


Figura 11.1. Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno (tomado de INGEMMET, 2000).

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 pues en caso contrario su efecto estabilizador puede verse disminuido, especialmente si el relleno se apoya sobre material arcilloso. Puede ser necesario colocar un material con funciones de filtro entre el relleno drenante y el material del talud, para ello puede recurrirse al empleo de membranas geotextiles.

Tratamiento de taludes con escalonamiento (Figura 11.3), es una medida que puede emplearse tanto cuando un talud está comprometido por un deslizamiento o antes de que este se produzca. Su uso es aconsejable porque facilita el proceso constructivo y las operaciones del talud, retiene las caídas de fragmentos de roca —indeseables en todos los casos— y si se coloca en ellos zanjas de drenaje entonces se evacuará las aguas de escorrentía, disminuyendo su efecto erosivo y el aumento de las presiones intersticiales.

Este escalonamiento se suele disponer en taludes en roca, sobretodo cuando es fácilmente meteorizable y cuando es importante evitar las caídas de fragmentos de roca, como es el caso de los taludes ubicados junto a vías de transporte.

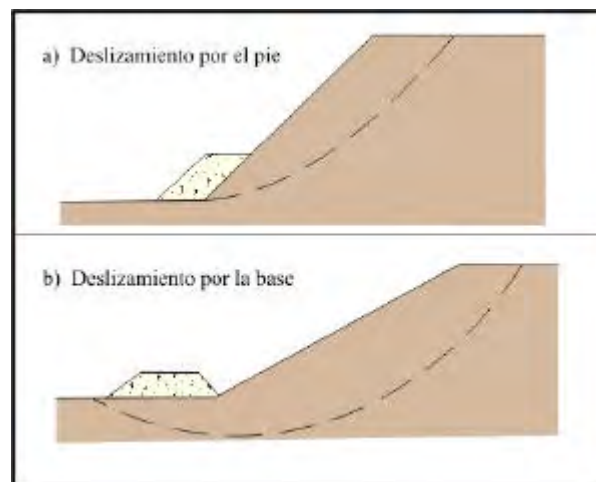


Figura 11.2. Colocación de escollera (tomado de INGEMMET, 2000).

b) Corrección por drenaje

Este tipo de corrección se efectúa con el objeto de reducir las presiones intersticiales que actúan sobre la superficie de deslizamiento (sea potencial o existente), lo que aumenta su resistencia y disminuye el peso total, y por tanto las fuerzas desestabilizadoras.

Las medidas de drenaje son de dos tipos:

Drenaje superficial. Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, evitándose su infiltración (Figura 11.4).

Las aguas de escorrentía se evacuan por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no. El cálculo de la sección debe hacerse con los métodos hidrológicos.

Drenaje profundo. La finalidad es deprimir el nivel freático con las consiguientes disminuciones de las presiones intersticiales. Para su uso es necesario conocer previamente las características hidrogeológicas del terreno (Figura 11.5).

Se clasifican en los siguientes grupos:

b.1) Drenes horizontales. Perforados desde la superficie del talud, llamados también drenes californianos. Consisten en taladros de pequeño diámetro, aproximadamente horizontales, entre 5° y 10° , que parten de la superficie del talud y que están generalmente contenidos en una sección transversal del mismo (Figuras 11.5 y 11.6).

Sus ventajas son:

- Su instalación es rápida y sencilla.
- El drenaje se realiza por gravedad.
- Requieren poco mantenimiento.
- Es un sistema flexible que puede readaptarse a la geología del área.
- Sus desventajas son:
- Su área de influencia es limitada y menor que en el caso de otros métodos de drenaje profundo.
- La seguridad del talud hasta su instalación puede ser precaria.

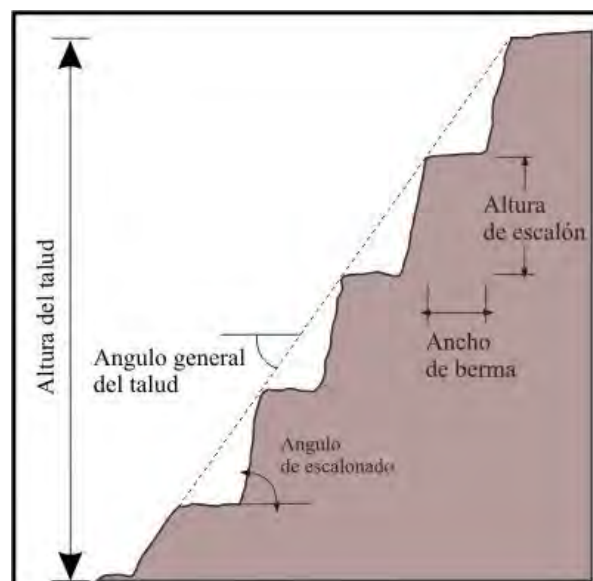


Figura 11.3. Esquema de un talud con bermas intermedias (tomado de INGEMMET, 2000).

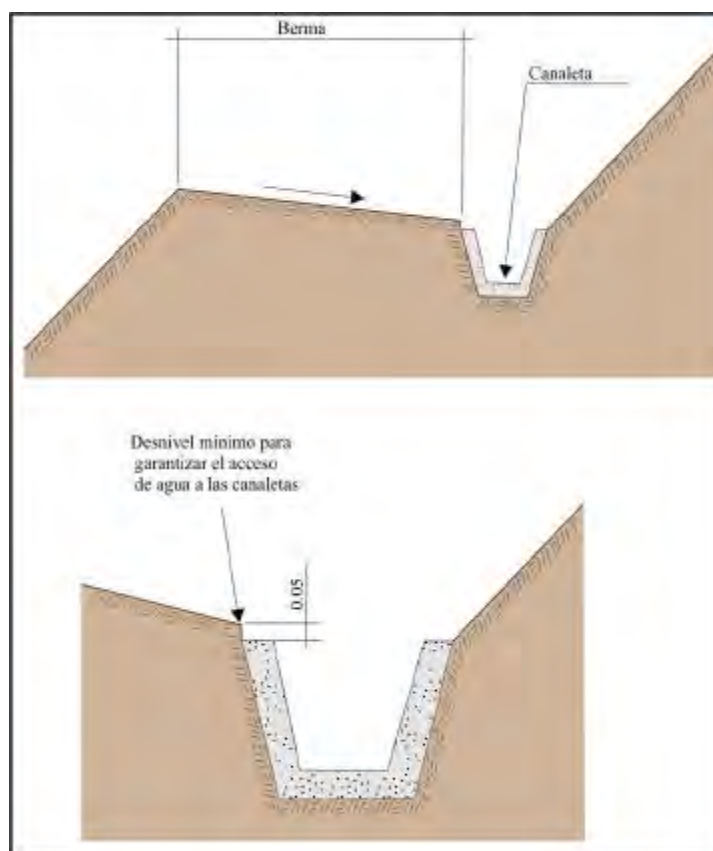


Figura 11.4. Detalle de una canaleta de drenaje superficial (tomado de INGEMMET, 2000).

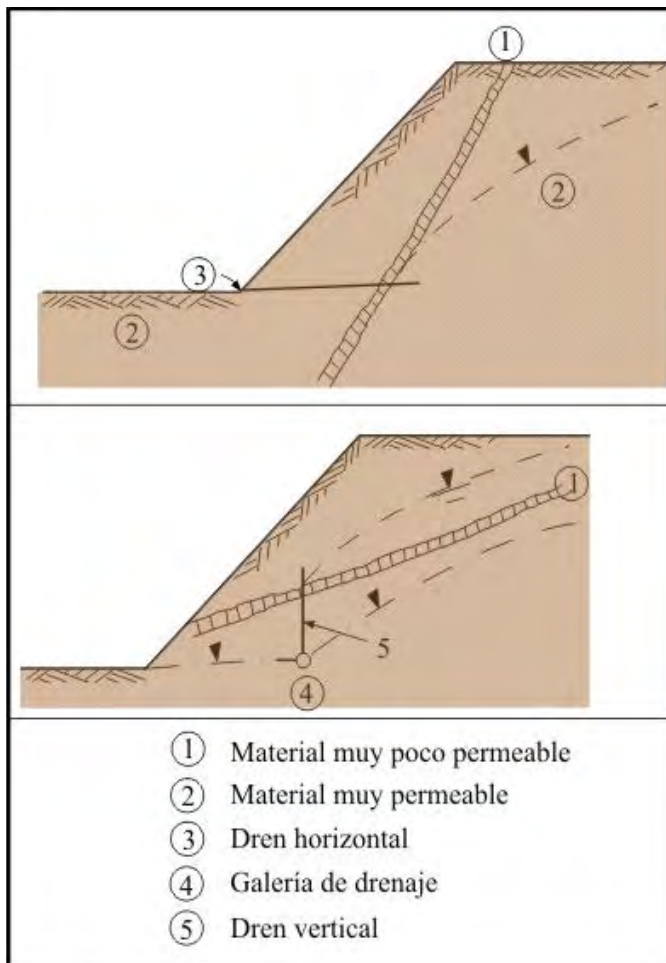


Figura 11.5. Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos (tomado de INGEMMET, 2000).

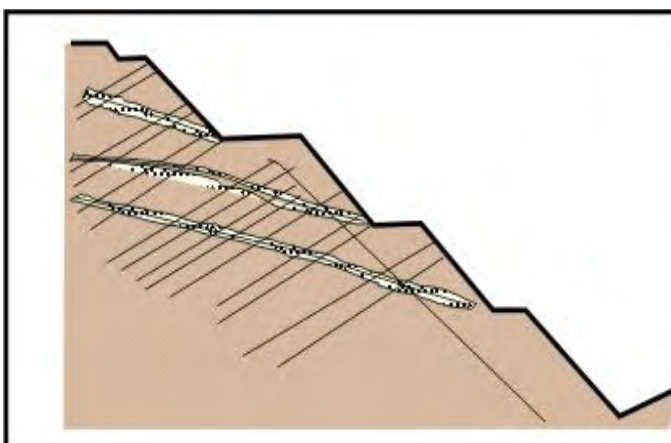


Figura 11.6. Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos (López García, 1984)

b.2) *Galerías de drenaje*, ubicadas generalmente paralelas al talud y a bastante profundidad.

Son galerías excavadas en el terreno a una distancia considerable de la superficie. Constituye un sistema bastante efectivo pero muy caro, por lo que su uso solo es recomendable en situaciones críticas y en taludes de gran altura. Para aumentar su radio de acción es necesario instalar drenes perforados desde la galería, aumentando así su radio de acción y la efectividad del sistema de drenaje (Figuras 11.7 y 11.8).

Dentro de sus ventajas se cuentan las siguientes:

- Tienen mayor capacidad drenante debido a su gran sección transversal.
- Son apropiadas para operaciones a largo plazo dado que el drenaje se realiza por gravedad.
- Sirven para determinar la calidad del terreno.
- No afectan a la superficie del terreno.
- Son apropiadas para zonas de climas fríos debido a que se ubican a gran profundidad.

b.3) *Zanjas con relleno drenante*, dispuestas en la superficie del talud o al pie de él. Consisten en zanjas rellenas de material drenante, excavadas en el talud o más allá del pie del mismo y cuya acción drenante se limita a profundidades pequeñas (Figura 11.9).

Pueden ser de dos tipos:

Zanjas de talud: Son las que siguen la línea de máxima pendiente del talud y son aplicables cuando los deslizamientos están situados a poca profundidad (Figura 11.10).

Zanjas horizontales: Son paralelas al talud y se sitúan al pie del mismo.

Son útiles los drenes en forma de «espina de pescado» (Figura 11.11), que combinan una zanja drenante según la línea de máxima pendiente con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas críticas debe tener buena vigilancia.

c) Corrección por elementos resistentes

c.1) *Anclajes*. Los anclajes son armaduras metálicas, alojadas en taladros perforados desde el talud y cementadas (Figura 11.12), que se emplean como medida estabilizadora de taludes tanto en roca como en terreno suelto. La longitud de los anclajes varía entre 10 y 100 m y el diámetro de la perforación entre 75 y 125 mm.

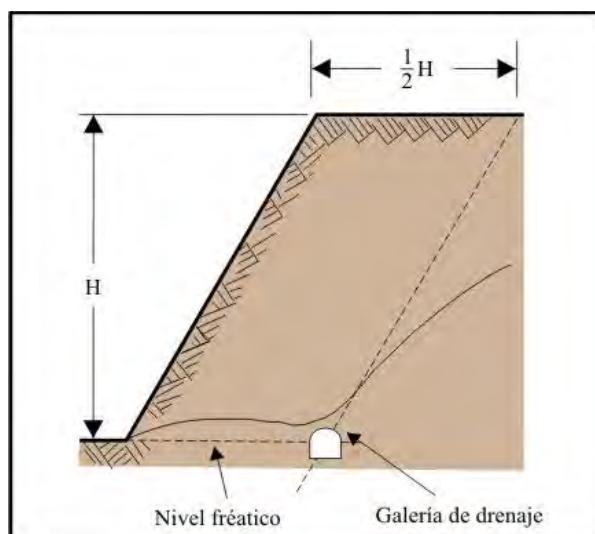


Figura 11.7. Posición óptima de una galería de drenaje (Hoek y Bray, 1997).

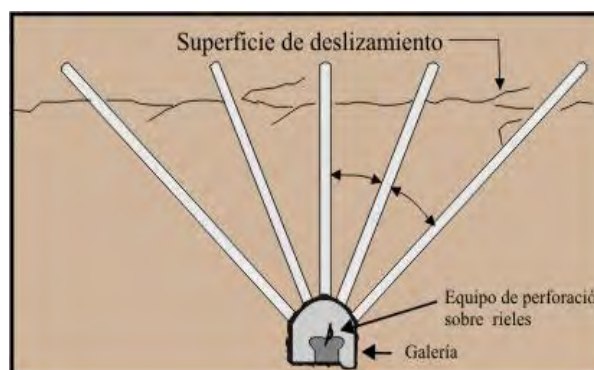


Figura 11.8. Drenaje de superficie de deslizamiento desde una galería de drenaje (tomado de INGEMMET, 2000).

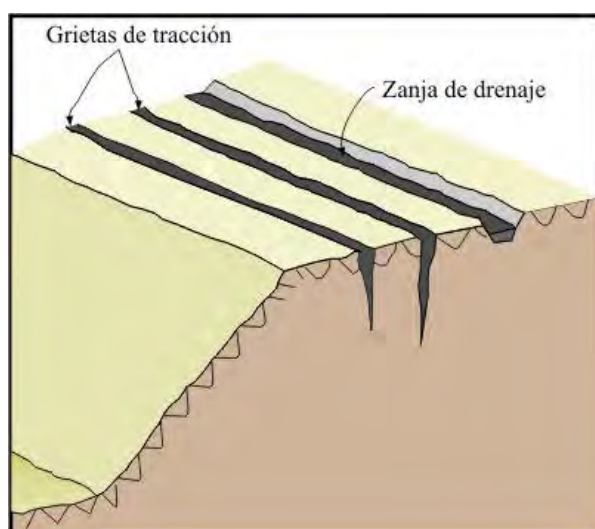


Figura 11.9. Disposición de zanjas de drenaje en un talud (tomado de INGEMMET, 2000).

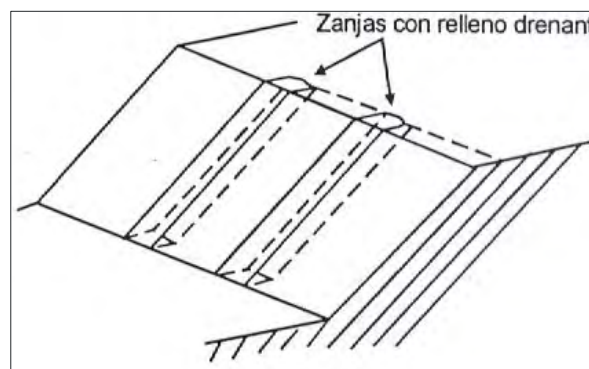


Figura 11.10. Zanjas de talud (tomado de INGEMMET, 2000).

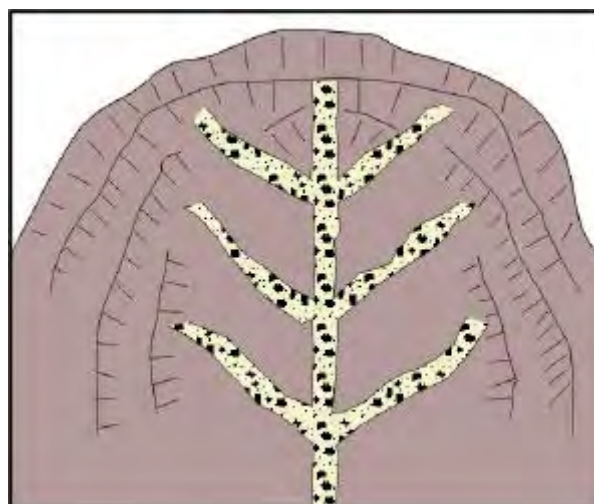


Figura 11.11. Drenaje tipo espina de pescado (tomado de INGEMMET, 2000).

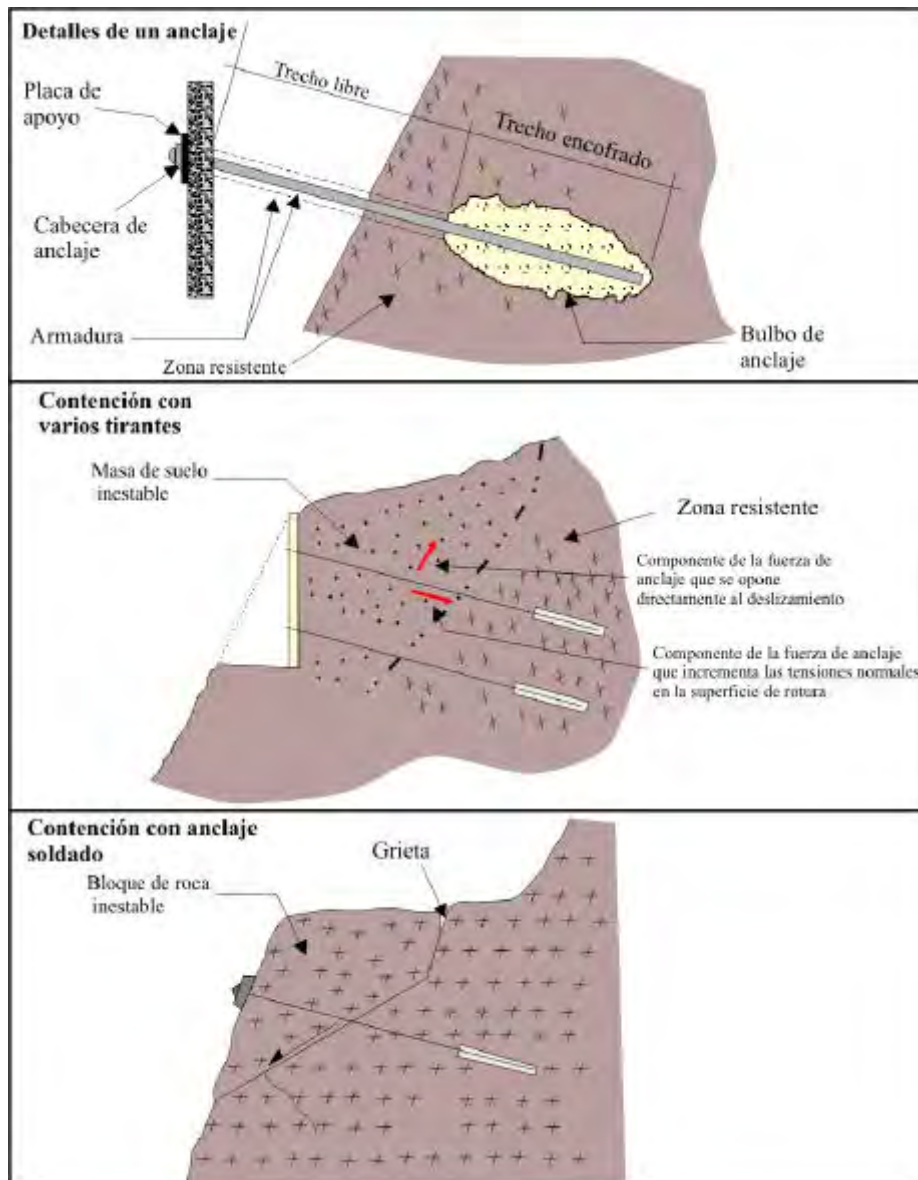


Figura 11.12. Detalles de un anclaje y ejemplos de aplicación (tomado de INGEMMET, 2000).

Son elementos que trabajan a tracción y que favorecen la estabilidad del talud de dos formas:

- Proporcionan una fuerza contraria al movimiento de la masa deslizante.
- Producen un incremento de las tensiones normales en la superficie de rotura existente o potencial, lo que provoca un aumento de la resistencia al deslizamiento en dicha superficie.
- En un anclaje se distinguen tres partes fundamentales:
- Zona de anclaje: Es la parte solidaria al terreno, encargada de transferir los esfuerzos al mismo.
- Zona libre: Es la parte en que la armadura se encuentra independizada del terreno que la rodea, de forma que pueda deformarse con total libertad al ponerse en tensión.

- Cabeza: Es la zona de unión de la armadura con la placa de apoyo.

Cuando se proyecta instalar anclajes en un talud es necesario poseer información detallada sobre las características geológicas y resistentes del terreno.

La elección del tipo de anclaje (activo, pasivo o mixto; bulones o cables) debe regirse de acuerdo a criterios técnicos.

Es importante tener en cuenta la situación de la zona de anclaje que debe estar incluida en terreno estable o, lo que es lo mismo, toda su longitud debe quedar detrás de la posible superficie de rotura.

Además, se recomienda entre anclajes una separación por razones constructivas de 2 y 5 m. La orientación de los anclajes en planta y alzado debe establecerse buscando la mayor eficacia y economía; por razones constructivas es recomendable que desciendan a partir de la cabeza con una inclinación del orden de 10 o 15°. La dirección más económica depende de diversos factores, entre ellos la posición de la roca que se desea estabilizar.

c.2) **Muros.** Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (Figura 11.13).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (Figura 11.14). Esta forma de actuar puede tener varios inconvenientes. En primer lugar, la construcción del muro exige cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Por otra parte, el muro no puede ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo.

Una contención solo puede sostener una longitud determinada de deslizamiento ya que en caso contrario el deslizamiento sobrepasa al muro. Cuando quieran sujetarse deslizamientos más largos, debe recurrirse a un sistema de muros o a otros de los procedimientos expuestos.

Por todo ello, en taludes con signos evidentes de inestabilidad puede ser más apropiado realizar el muro con objeto de retener un relleno estabilizador.

En desmontes y terraplenes en los que la falta de espacio impone taludes casi verticales, el empleo de muros resulta casi obligado. Este es un caso frecuente en la construcción de vías de transporte. En ocasiones, como en el caso de un desmonte en una ladera, puede resultar más económica la construcción de un muro frente al coste de sobre excavación requerido si aquel no se realiza. La construcción de un muro es generalmente una operación cara. A pesar de ello, los muros se emplean con frecuencia pues en muchos casos son la única solución viable.

Los muros se pueden clasificar en tres grupos (Figura 11.15):

- **Muros de sostenimiento:** Se construyen separados del terreno natural y se rellenan posteriormente.
- **Muros de contención:** Generalmente van excavados y se construyen para contener un terreno que sería probablemente inestable sin la acción del muro.
- **Muros de revestimiento:** Su misión consiste esencialmente en proteger el terreno de la erosión y meteorización además de proporcionar un peso estabilizador.

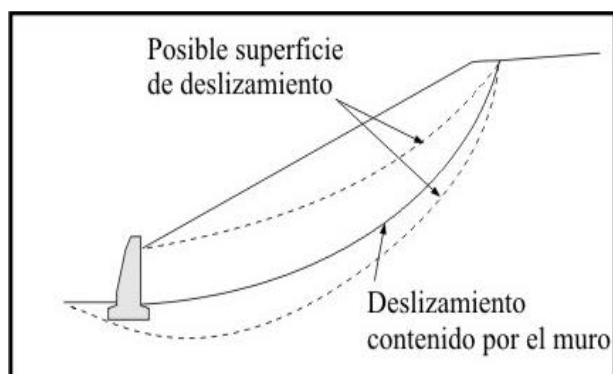


Figura 11.13. Contención de un deslizamiento mediante un muro (tomado de INGEMMET, 2000).

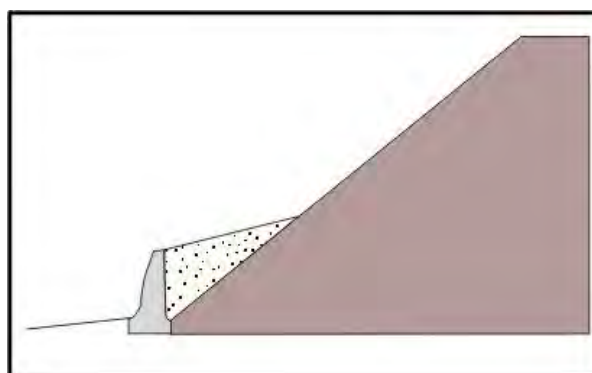


Figura 11.14. Relleno estabilizador sostenido por el muro (tomado de INGEMMET, 2000).

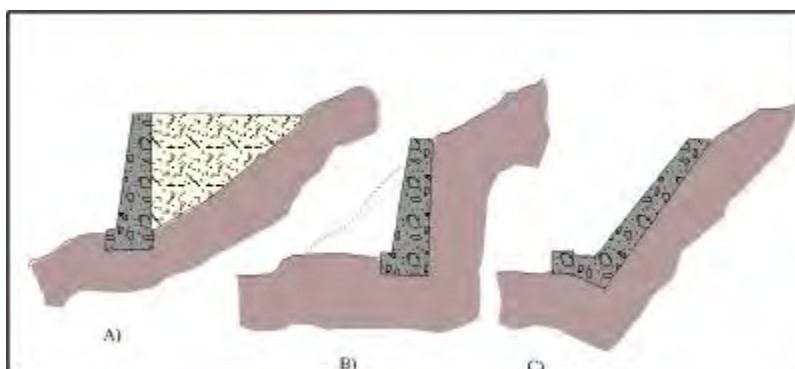


Figura 11.15. a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento (tomado de INGEMMET, 2000).

Cuando se proyecta un muro deberán determinarse las cargas a las que va a estar sometido y su distribución, lo que permitirá planificar una estructura capaz de resistirlas.

Las comprobaciones que deben efectuarse en un caso típico son las siguientes:

- Estabilidad general del sistema muro-terreno al deslizamiento; la estabilidad general del muro incluye la estabilidad al vuelco y al deslizamiento.
- Resistencia del terreno del cimiento.
- Ausencia de tracciones en la base del muro.
- Resistencia estructural: Se ha de comprobar que las tensiones máximas en el muro no sobrepasen los valores admisibles.

Tipos de muros

Muros de gravedad: Son los muros más antiguos, son elementos pasivos en los que el peso propio es la acción estabilizadora fundamental (Figuras 11.16, 11.17 y 11.18).

Se construyen de hormigón en masa, pero también existen de ladrillo o mampostería y se emplean para prevenir o detener deslizamientos de pequeño tamaño. Sus grandes ventajas son su facilidad constructiva y el bajo costo.

Muros aligerados. Son muros de hormigón armado y existen dos tipos fundamentales:

a) **Muros en L.** Son aquellos en los que 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 (Figuras 11.19 y 11.20).

La relación H/B está comprendida generalmente entre 1,5 y 2 y la longitud de zarpa B' suele ser un tercio de B. La presión sobre el cimiento es menor que en los muros de gravedad, por lo que son adecuados para cimentaciones malas. Los esfuerzos sobre cada una de las partes del muro (pantalla vertical, talón y zarpa) se calculan suponiendo que se comportan como vigas en voladizo.

b) **Muros de gaviones.** Los gaviones son elementos con forma de prisma rectangular que consisten en un relleno granular constituido por fragmentos de roca no degradable (caliza, andesita, granitos, etc.), retenido por una malla de alambre metálico galvanizado (Figura 11.21).

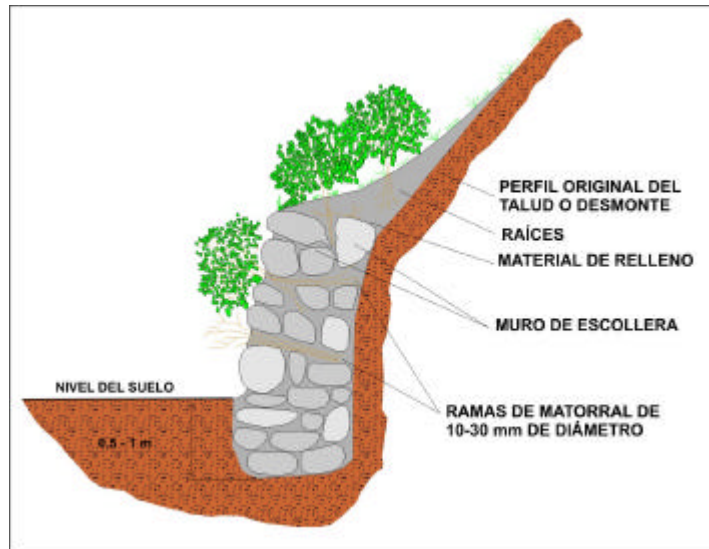


Figura 11.16.a. Muros de gravedad de piedra seca.

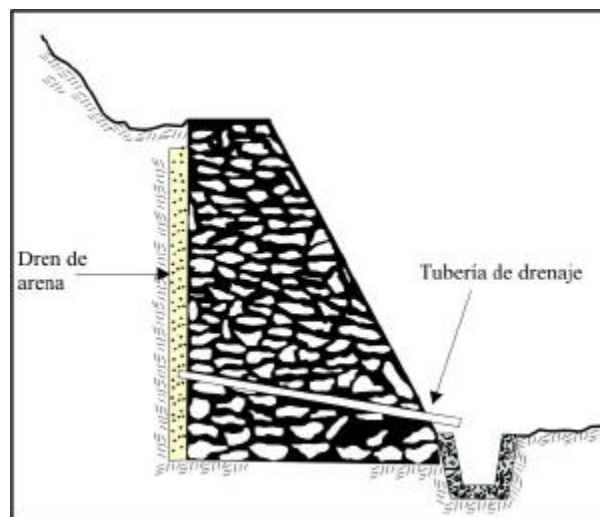


Figura 11.16.b. Muros de gravedad de piedra argamasa (tomado de INGEMMET, 2000).

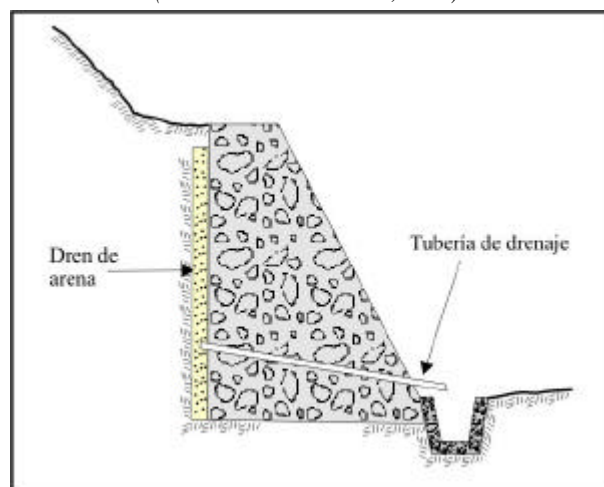
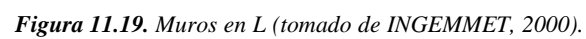
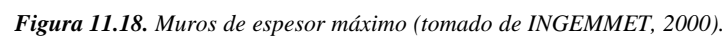


Figura 11.17. Muros de gravedad de concreto ciclópe (tomado de INGEMMET, 2000).



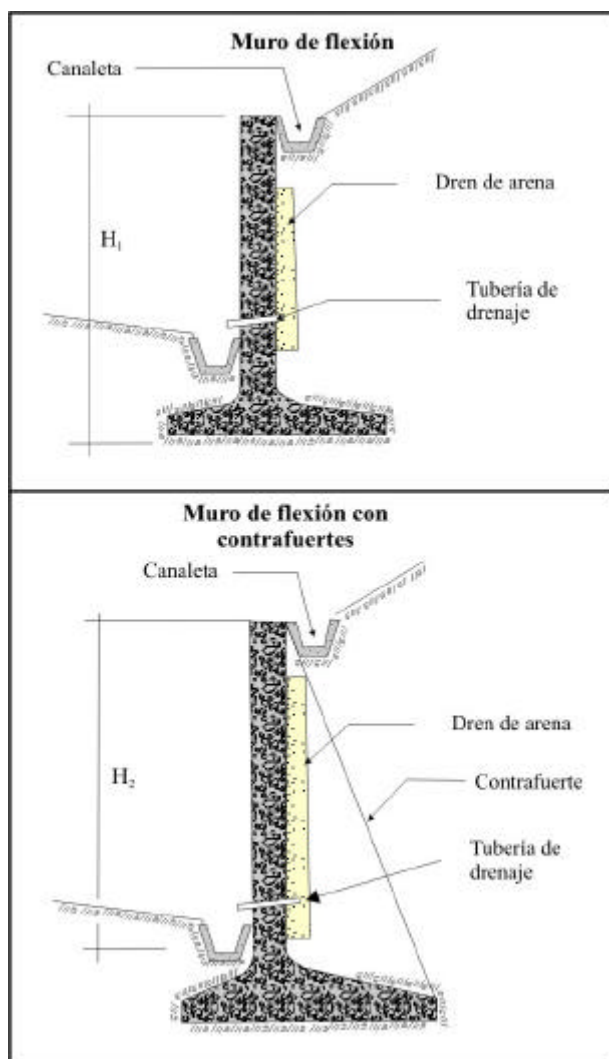


Figura 11.20. Muros de concreto armado tipo flexión (tomado de INGEMMET, 2000).

Los muros de gaviones trabajan fundamentalmente por gravedad. Generalmente se colocan en alturas bajas, aunque algunas veces se colocan en alturas medianas (hasta 25 m de alto y 10 m de ancho) y funcionan satisfactoriamente. La relación entre la altura del muro y el ancho de la base del mismo es muy variable, y suele estar comprendida entre 1,7 a 2,4.

Las ventajas que presenta son:

- Instalación rápida y sencilla.
- Son estructuras flexibles que admiten asentamientos diferenciales del terreno.
- No tienen problemas de drenaje ya que son muy permeables.

Los empujes sobre el muro y su estabilidad al vuelco y deslizamiento se calculan de igual forma que en el caso de un muro de gravedad.

C.3) Pilotes

Las pantallas de pilotes (Figura 11.22) consisten en alineaciones de estos elementos, siendo el espacio entre dos adyacentes lo suficientemente pequeño como para conseguir un sostenimiento relativamente continuo.

Su empleo en taludes tiene dos aspectos fundamentales:

- Como sostenimiento de taludes excavados tiene la gran ventaja de que pueden instalarse antes de la excavación.
- Como medida estabilizadora de deslizamientos existentes o potenciales se instalan cerca del pie del talud y —frente a los muros de contención— requieren muy poca excavación y no afectan significativamente el talud durante su construcción.

Los pilotes presentan el inconveniente de tener un costo elevado. En la estabilización de taludes se emplean generalmente pilotes perforados o de extracción. Los pilotes hincados o de desplazamiento se emplean únicamente para estabilizar los deslizamientos superficiales.

Los pilotes se oponen al deslizamiento mediante la transmisión de esfuerzos a las capas inferiores estables. Por lo tanto, las pantallas de pilotes tienen su principal aplicación en aquellos casos en que existe, a una profundidad no excesiva, un estrato de material estable y competente. Los pilotes empleados en taludes suelen ser de hormigón armado. Cuando los esfuerzos a los que van a ser sometidos son de gran magnitud se puede aumentar su capacidad portante mediante el empleo de secciones combinadas: cilindros metálicos rellenos de hormigón y reforzados con perfiles metálicos, o con grupos de cables y barras de alta resistencia e inyectados a presión. En algunas ocasiones se emplean pilotes pretensados. El diámetro de los pilotes que se emplean en taludes varía entre 40 y 120 cm.

C.4) Muros pantalla

Son muros enterrados de hormigón armado, hormigonados in situ. Su acción estabilizadora ante los deslizamientos existentes o potenciales es muy similar a la de las pantallas de pilotes (Figura 11.23). A diferencia de estas, los muros pantalla constituyen elementos continuos.

Como medida estabilizadora de taludes tiene su máxima aplicación frente a las pantallas de pilotes cuando el material inestable y el sustrato son de fácil excavación.

Para construir un muro pantalla se excava una trinchera sin entibación, cuyas paredes se mantienen estables gracias a la utilización de lodos bentoníticos con los que se rellenan las zanjas a medida que se extrae el detritus de la excavación. Una vez colocados los tubos junta o tubos de encofrado, cuya misión es

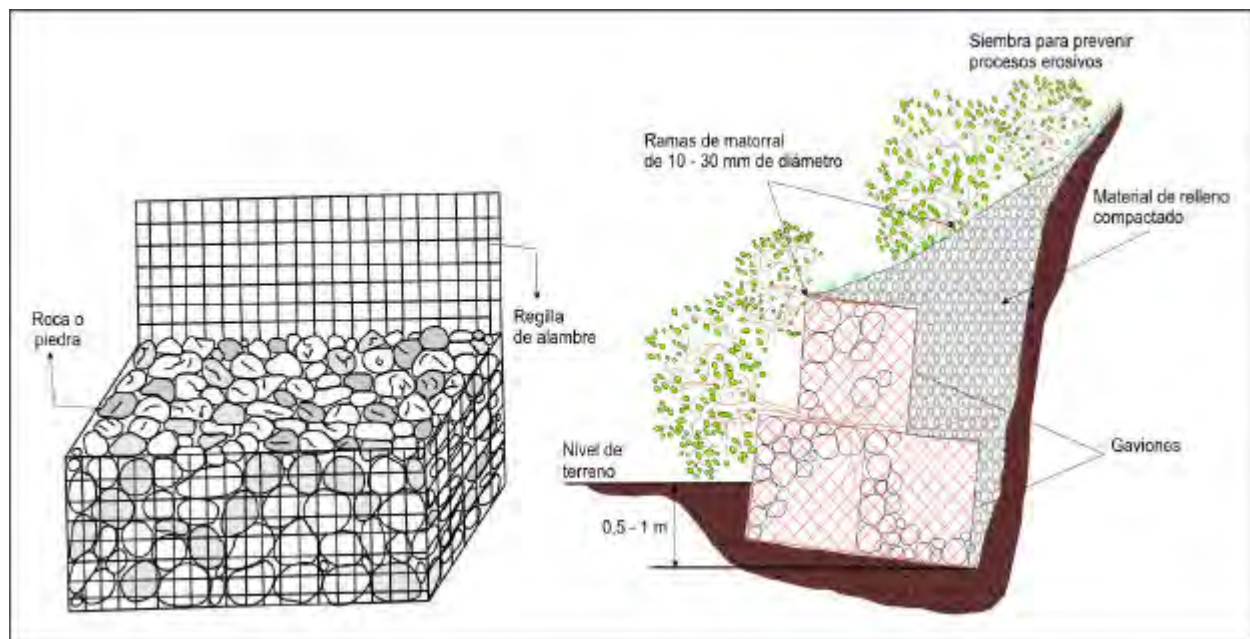


Figura 11.21. Muro de gavión.

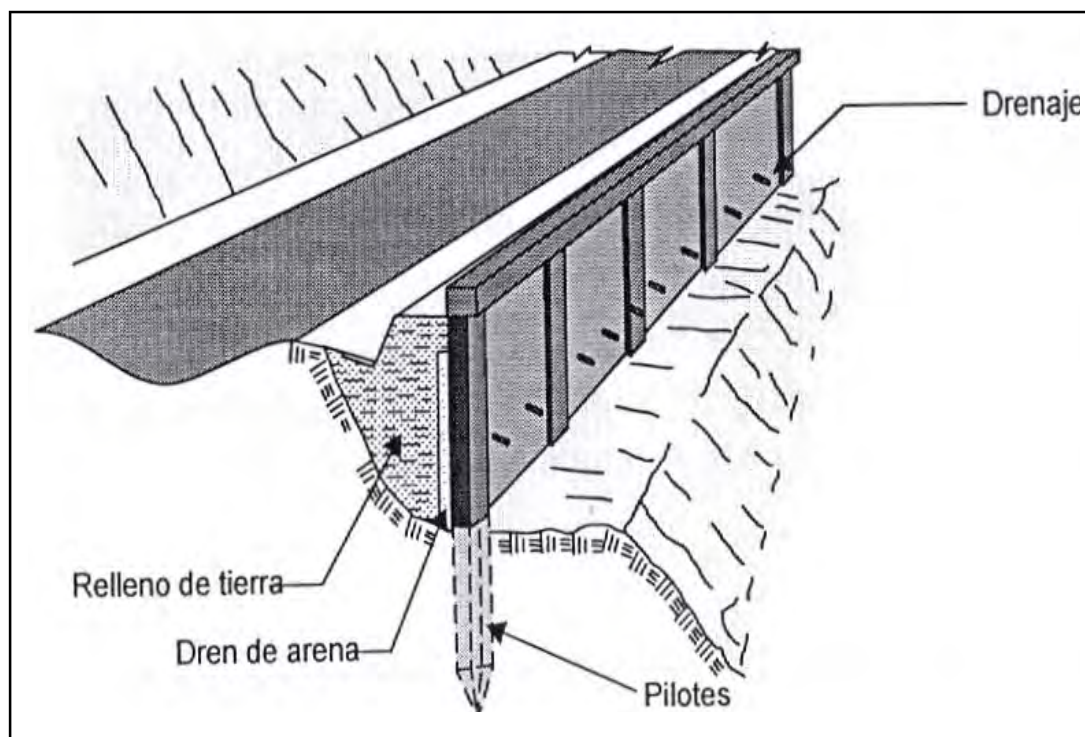


Figura 11.22. Ejemplo de muros con pilotes (tomado de INGEMMET, 2000).

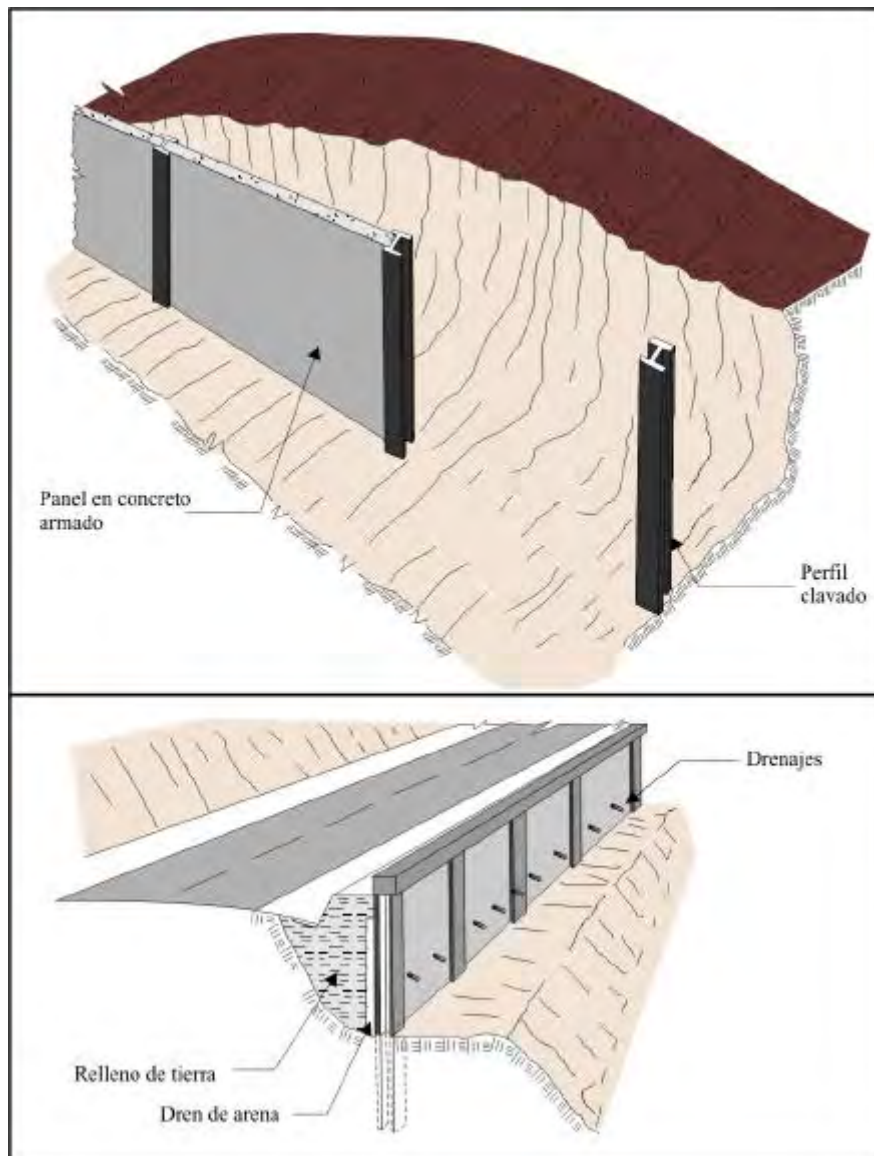


Figura 11.23. Ejemplo de muros de pantalla (tomado de INGEMMET, 2000).

conseguir una buena junta de hormigonado, y una vez instalada la armadura, se procede al hormigonado a través de un conducto que llega hasta el fondo de la zanja. El hormigón va relleno la excavación, y al mismo tiempo desplaza al lodo.

El tamaño del muro depende de las características de la maquinaria y puede alcanzar una profundidad hasta de 40 m. Existen fundamentalmente dos técnicas para la ejecución de la excavación: la excavación con cuchara bivalva y la perforación con circulación inversa.

d) Correcciones superficiales

Las medidas de corrección superficiales se aplican en la superficie de un talud de manera que afectan solo a las capas más superficiales del terreno y tienen fundamentalmente los siguientes fines:

- 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.
- Aumentar la seguridad del talud frente a pequeñas roturas superficiales.

Los principales métodos empleados son:

d.1) Mallas de alambre metálico

Se cubre con ellas 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.

Las mallas de fierro galvanizado retienen los fragmentos sueltos de rocas y conducen los trozos desprendidos hacia una zanja en el pie del talud. Son apropiados cuando el tamaño de roca a caer se encuentra entre 0,60 y 1,00 m.

La malla se puede fijar al talud de varias maneras: siempre en la parte superior del talud o en bermas intermedias. Como sistemas de fijación pueden emplearse bulones, postes introducidos en bloques de hormigón que pueden a su vez ir anclados o simplemente un peso muerto en la parte superior del talud. Durante la instalación se prepara una longitud de malla suficiente para cubrir el talud, con una longitud adicional que es necesaria para la fijación de la malla.

La malla se transporta en rollos hasta el talud, se fija en su parte superior y se desenrolla dejándola caer simplemente, fijándola en la superficie del talud; en la parte final de la malla se suele dejar un metro por encima de la zanja de acumulación de piedras.

d.2) Sembrado de taludes

Mantener una cobertura vegetal en un talud produce indudables efectos beneficiosos, entre los cuales destacan los siguientes:

- Las plantaciones evitan la erosión superficial tanto hídrica como eólica, que puede ocasionar la ruina del talud en el largo plazo.
- La absorción de agua por las raíces de las plantas produce un drenaje de las capas superficiales del terreno.
- Las raíces de las plantas aumentan la resistencia al esfuerzo cortante en la zona del suelo que ocupan.

Para sembrar en taludes se emplean hierbas, arbustos y árboles, privilegiando especies capaces de adaptarse a las condiciones a las que van a estar sometidos (climas, tipo de suelo, presencia de agua, etc.); suelen convenir especies de raíces profundas y de alto grado de transpiración, lo que indica un mayor consumo de agua. Generalmente la colonización vegetal de un talud se hace por etapas, comenzando por la hierba y terminando por los árboles. Es conveniente no dejar un talud muy plano, sino con salientes que sirvan de soporte, así cuando más tendido sea un talud resultará más fácil que retenga la humedad. Para mantener una cubierta vegetal es más favorable un terraplén que un desmonte.

Los suelos arenosos y areno - arcillosos son ventajosos para un

rápido crecimiento de la hierba. Las arcillas duras son inadecuadas a menos que se añadan aditivos o se are el terreno. Cuando la proporción de limo más arcilla es superior al 20% se puede esperar un crecimiento satisfactorio, pero si es inferior al 5% el establecimiento y mantenimiento de la hierba resultarán difíciles.

Para zonas de flujos y cárcavas

Las erosiones en cárcavas generan abundantes materiales sueltos que son llevados a los cauces de las quebradas. Muchos de estos cauces tienen suficiente material como para la generación de flujos. Para el control físico del avance de cárcavas se propone un conjunto de medidas, principalmente de orden artesanal, entre las que destacan:

- El desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (Figuras 11.24, 11.25, 11.26 y 11.27).
- Zanjas de infiltración articuladas de acuerdo a las condiciones climáticas de la región.
- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ella (Figuras 11.24 y 11.28), y de esta manera asegurar su estabilidad, así como la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas.
- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles 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. También se recomienda que las plantaciones se ubiquen al lado superior de las zanjas de infiltración, con el objetivo de captar el agua y controlar la erosión.
- Evitar el sobrepastoreo, ya que deteriora y destruye la cobertura vegetal. Se debe realizar un manejo de las zonas de pastos mediante el repoblamiento de pastos nativos, empleando sistemas de pastoreo rotativo y sostenible, y finalmente evitar la quema de pajonales.
- Zanjas de infiltración articuladas de acuerdo a las condiciones climáticas de las cuencas.

OTRAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA DESLIZAMIENTOS Y CÁRCAVAS

El proceso de deslizamientos y cárcavas ocurre esencialmente de forma natural pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso; asimismo por el socavamiento del río al pie de deslizamientos, la utilización de canales sin revestir, etc. Algunas, medidas que se proponen para el manejo de estas zonas son:

- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos.

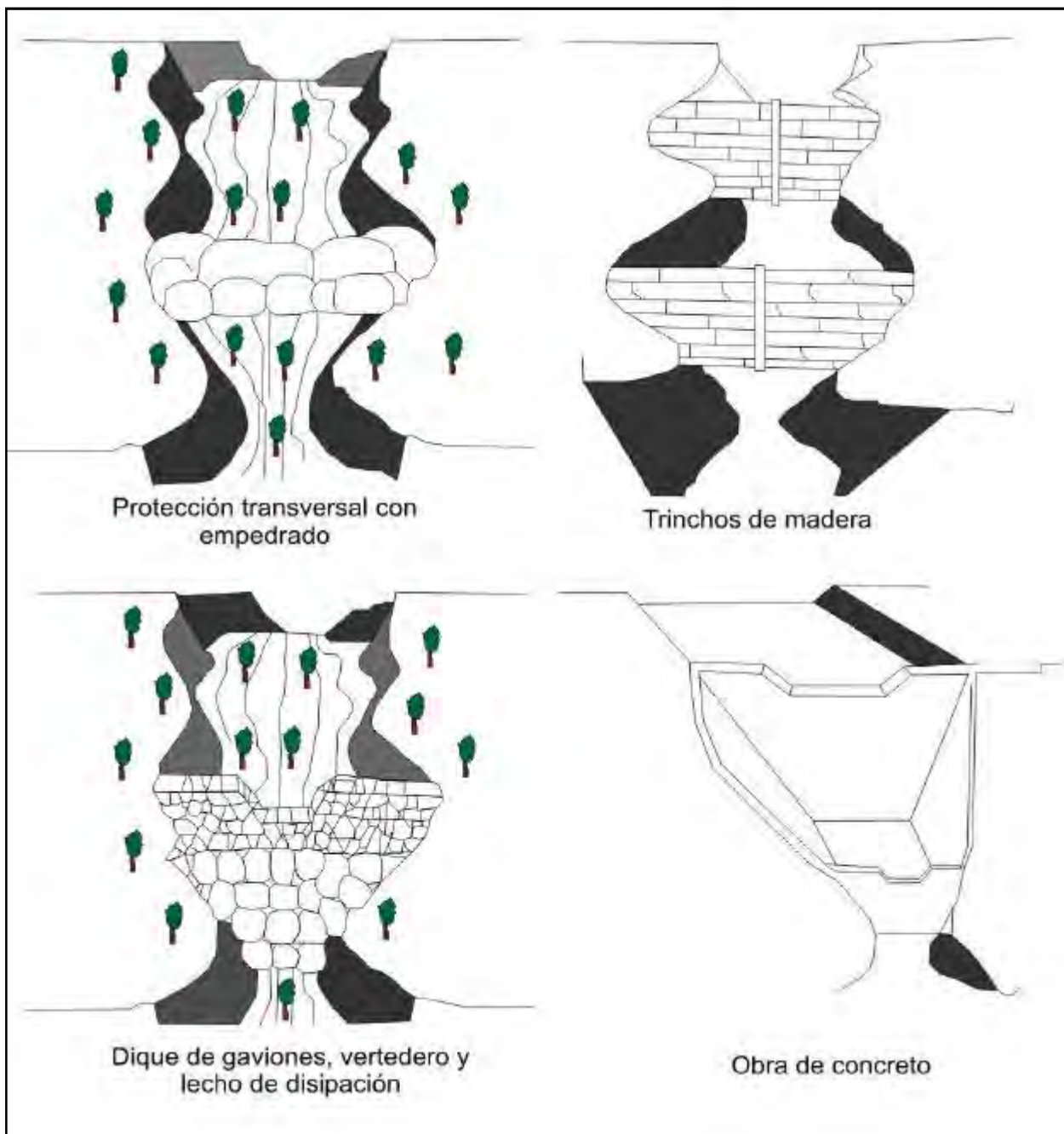


Figura 11.24. Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas.

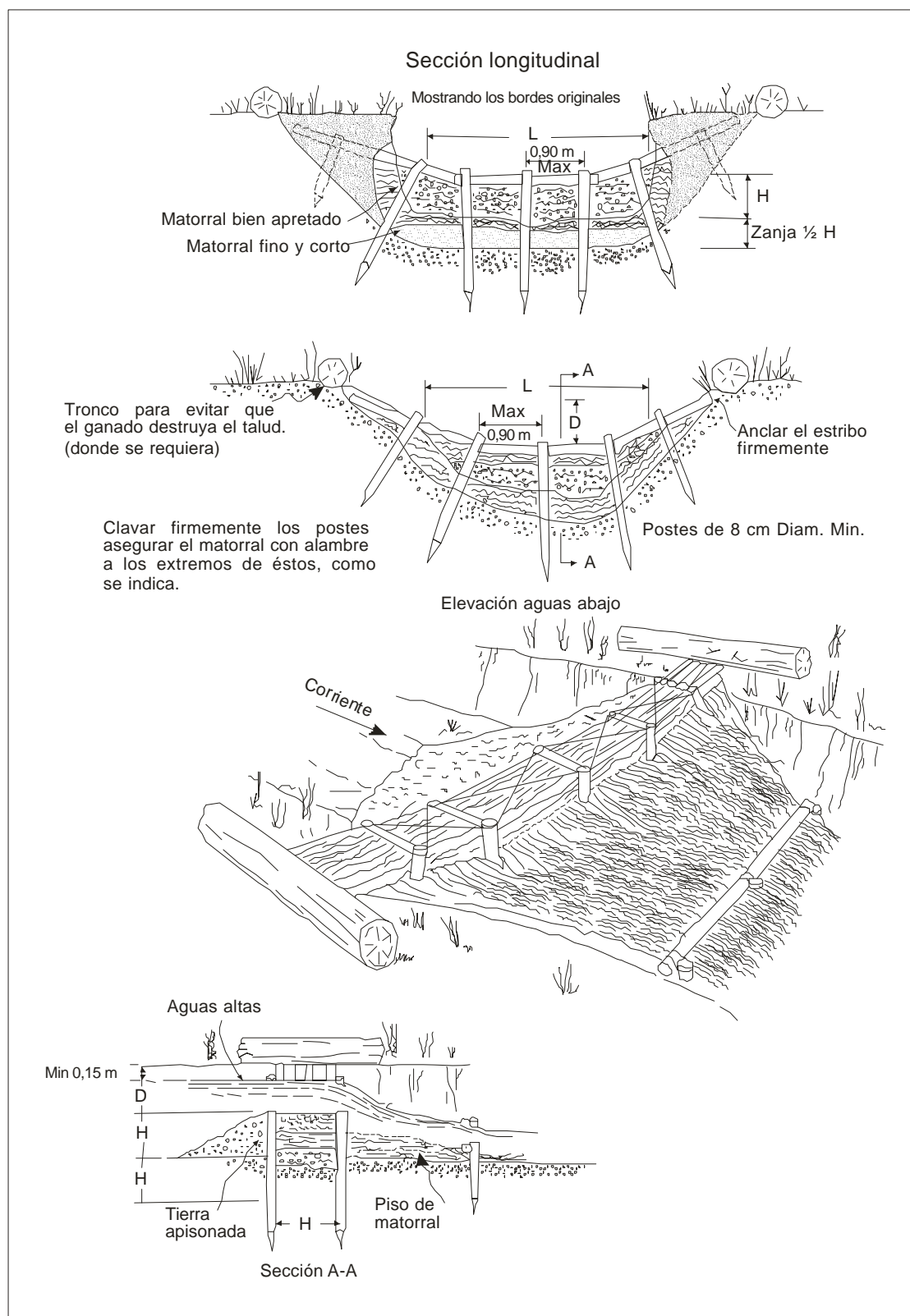


Figura 11.25. Trincho de matorral tipo doble hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964).

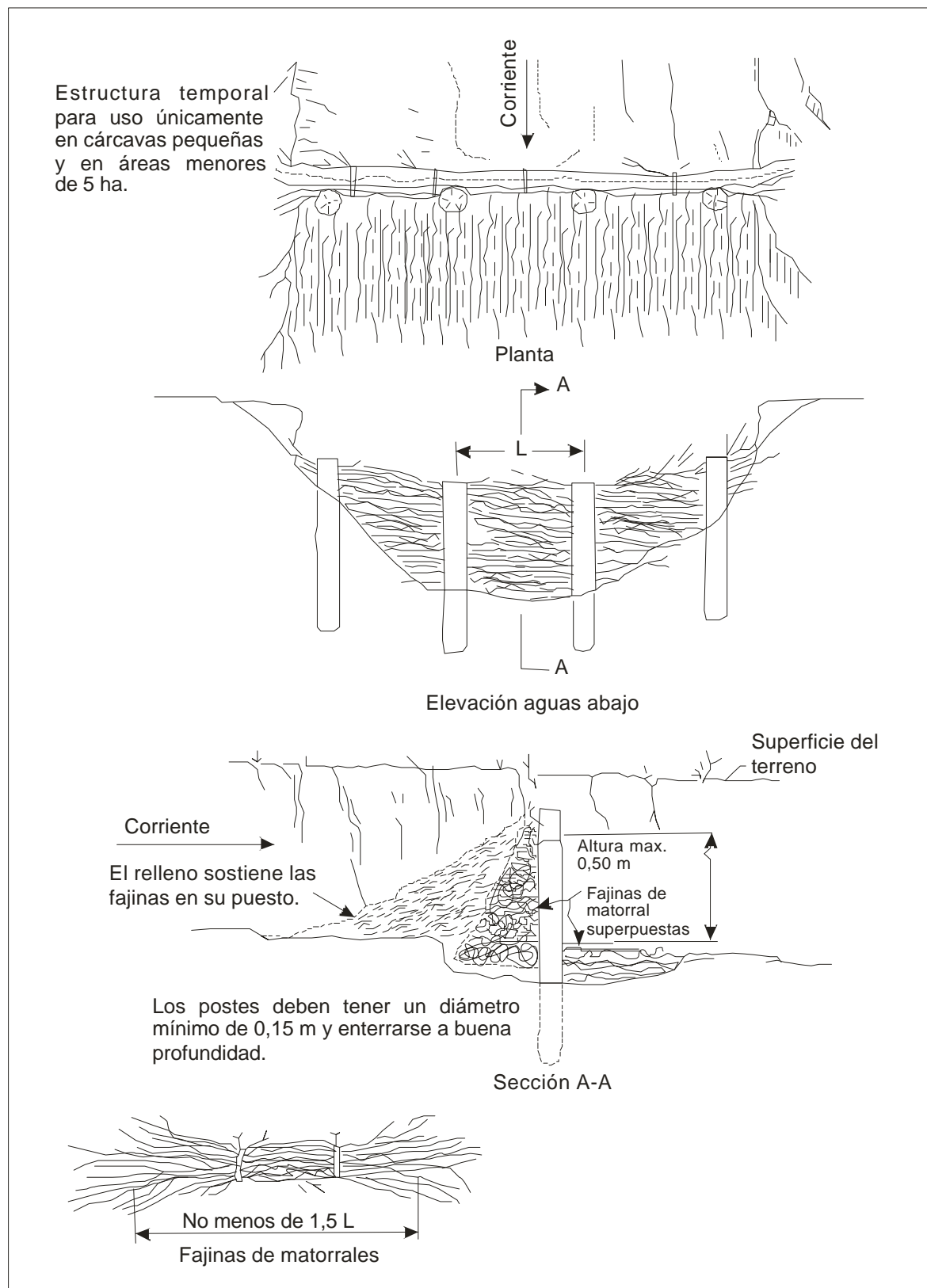


Figura 11.26. Trincho de matorral tipo una hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964).

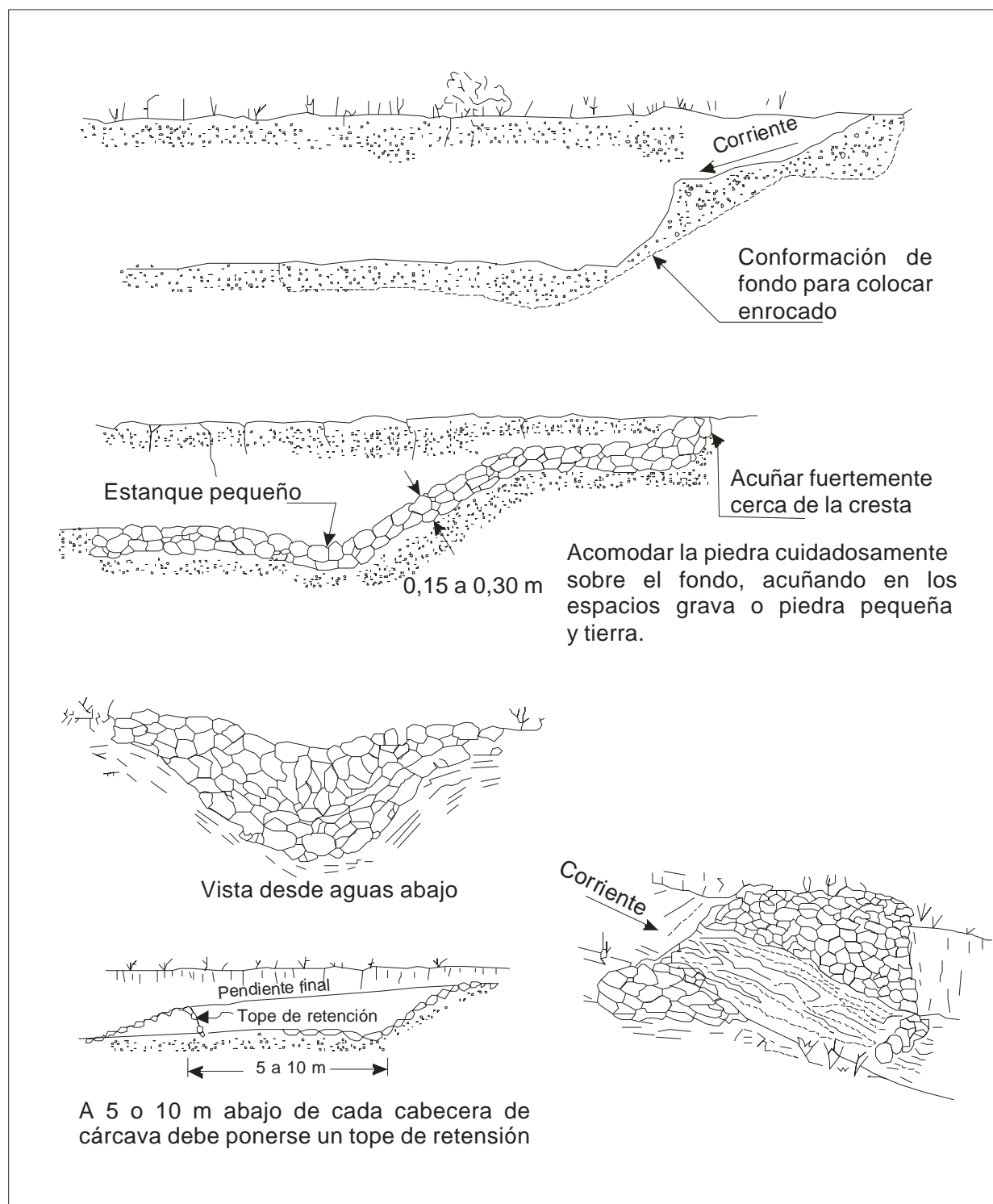


Figura 11.27. Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina (adaptado de Valderrama et al., 1964).

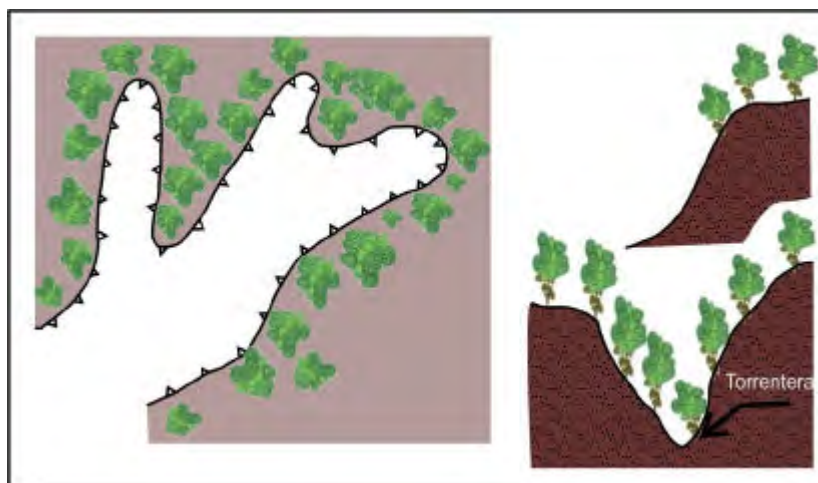


Figura 11.28. Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

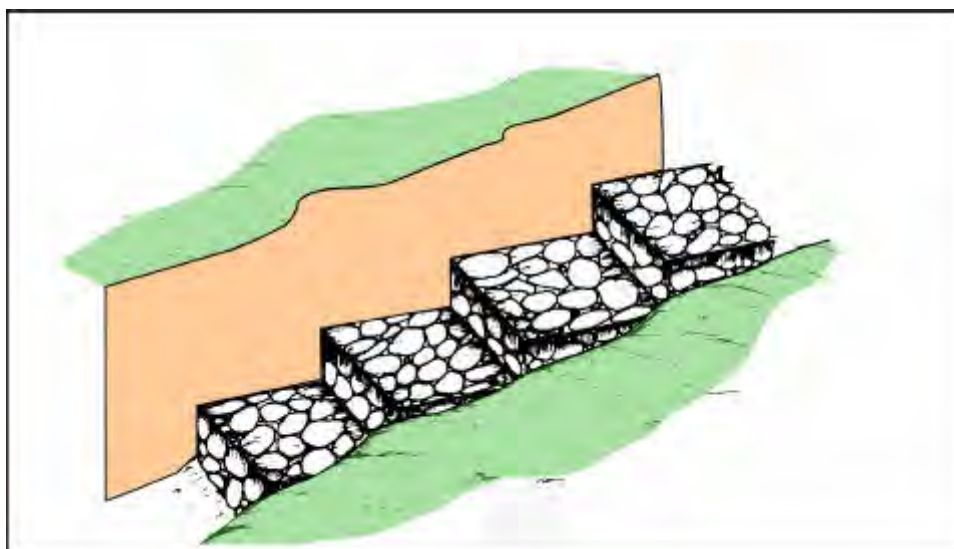


Figura 11.29. Protección del lecho de la quebrada con muros escalonados (andenes), utilizando bloques de roca o concreto armado.

- Los canales deben ser revestidos para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- El sistema de cultivo debe ser por surcos en contorno y conectados al sistema de drenaje, para una evacuación rápida del agua.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que esto favorece a la infiltración y saturación del terreno.
- La remoción de la tierra para realizar el cultivo debe ser superficial pues una remoción más profunda realizada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.
- En la cuenca alta se debe favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de las masas deslizantes; no obstante este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- Los tramos de carretera que cruzan cauces de quebradas, en donde se producen deslizamientos, deben de ser protegidos por medio de gaviones para evitar los efectos de los huaycos y el socavamiento producido por avenidas en las quebradas. Los gaviones deben ser contruidos teniendo en cuenta los caudales máximos de las quebradas y deben ser cimentados a una profundidad de 1 m como mínimo.
- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal natural conformada por pastos, malezas y arbustos.

CONCLUSIONES

1. El trabajo de inventario permitió identificar 1 452 ocurrencias de peligros geológicos y peligros geohidrológicos, de los cuales 882 han sido comprobados en trabajos de campo, mientras que los 570 restantes por interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales. La mayor cantidad de ocurrencias corresponden a los deslizamientos (31%), flujos (28%) y caídas (caídas de roca y derrumbes, 19%), le siguen los peligros geohidrológicos (inundaciones y erosiones fluviales, 8%), los movimientos complejos (7%), reptaciones de suelos (2%) y otros peligros (erosión de ladera y hundimientos, 5%).
2. La distribución porcentual de ocurrencias de peligros naturales identificados en la región según origen es como sigue: 87% de las ocurrencias corresponden a los peligros geológicos (movimientos en masa), 8% a los peligros geohidrológicos y 5% a otros peligros.
3. Del total de ocurrencias, 1 261 corresponden a movimientos en masa que se distribuyen de la siguiente manera: deslizamientos (36%), flujos (32%) y caídas (21%), seguidos por los movimientos complejos (8%) y reptaciones de suelo (2%).
4. El peso de los factores condicionantes considerados en el análisis de susceptibilidad a los movimientos en masa fueron: litología (30%), pendientes (40%), geomorfología (10%), hidrogeología (10%) y cobertura vegetal y uso de suelo (10%). El mapa de susceptibilidad a movimientos en masa muestra un alto y muy alto grado de susceptibilidad. Los sectores donde las condiciones del terreno son muy favorables para generar movimientos en masa están relacionados a áreas donde ocurrieron deslizamientos en el pasado o recientemente, o se han reactivado antiguos movimientos por modificaciones de sus taludes, ya sea como deslizamientos, derrumbes o movimientos complejos. Los peligros geológicos inventariados se ubican en las zonas de muy alta y alta susceptibilidad a los movimientos en masa, lo cual valida el mapa.
5. El mapa de susceptibilidad a inundaciones y erosiones fluviales muestra que las áreas de alta susceptibilidad corresponden a la llanura de inundación, periódica a ocasional, de los ríos Marañón, Imaza, Santiago, Nieva, Cenepa, Utcubamba y algunos tributarios, como el caso de los ríos Shingatza, Ampara, Cucaza, Candungos, Ayambis, Huambis, Chinganaza, Tatangosa, Putushin, Conanya, Conaica, entre otros.
6. En la región Amazonas se han identificado un total de 105 zonas críticas, la mayor cantidad se ubican en la provincia de Utcubamba (25), seguidas por las provincias de Chachapoyas (23), Bagua (19), Rodríguez de Mendoza (13), y finalmente las provincias de Luya (8) y Condorcanqui (4).
7. La mayor cantidad de zonas críticas se ubican en el tramo de la carretera Fernando Belaunde Terry, entre Bagua Grande y río Nieva. Este tramo es afectado principalmente por eventos de erosión fluvial, deslizamientos, flujos y derrumbes.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario que las autoridades locales tengan en cuenta dentro de sus gestiones el diseño e implementación de un adecuado plan de reforestación para las zonas afectadas por movimientos en masa.
(PRONAMACH, Ministerio de Agricultura, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, entre otros).
2. Es necesario realizar trabajos de encauzamiento y limpieza de los cauces en las zonas donde se hayan producido flujos de detritos (huaycos) de manera excepcional, los cuales actualmente se encuentran secos.
3. Muchas de las estructuras construidas como medidas de prevención y/o mitigación en zonas críticas resultan insuficientes y necesitan ser ampliadas y mejoradas. Esto es competencia de los gobiernos locales, regionales e instituciones públicas
4. Las medidas planteadas en los Cuadros 10.1 al 10.7 son de carácter orientativo y es recomendable la realización de estudios especializados.
5. Antes de que se asiente un poblado o cuando se planifique una expansión urbana, es necesario realizar un estudio geológico-geotécnico que permitirá una zonificación del área a poblar.
6. Es fundamental que las autoridades regionales y los representantes de los gobiernos locales difundan los resultados de este trabajo entre la población, con el fin de contribuir con la creación de una cultura de prevención de desastres.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, V. & MENDOZA, D. (2002) - Aproximación a un modelo de susceptibilidad a movimientos de masa en el eje cafetero, Colombia. *Tesis Ingeniero Civil, Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Cali*, 214 p.
- ALVA, J.E.; GIESECKE, A. & RÍOS, R. (1990) - El Terremoto de Rioja del 29 de mayo de 1990, *informe inédito*. Lima: CERESIS.
- ARISTIZÁBAL, E. & YOKOTA, S. (2006) - *Geomorfología aplicada a la ocurrencia de deslizamientos en el valle de Aburra*. Dyna, Revista de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Colombia, (149): 5-16.
- ASTROMÍA (2005) - La erosión de la superficie terrestre (en línea). Lleida (España): AstroMía. (Consulta: febrero 2008). Disponible en Internet: <<http://www.astromia.com/tierraluna/erosion.htm>>
- AYALA, F.J. (1990) - Análisis de los conceptos fundamentales de riesgos y aplicación a la definición de tipos de mapas de riesgos geológicos. *Boletín Geológico y Minero*, 101(3): 456-467.
- BARTOLOMÉ, M. (1978) - *Estudios de las variables en la investigación en la educación*. En: Arnau, J., ed. Métodos de investigación en las ciencias humanas. Barcelona: Omega, p. 103-138.
- BERNAL, I. & TÁVERA, H. (2002) - Geodinámica, sismicidad y energía sísmica en Perú. Lima: Instituto Geofísico del Perú, 63 p.
- BRABB, E.E. (1984) - Innovative approaches to landslide hazard and risk mapping. En: *International Symposium on Landslides*, 4. Toronto, 1984. Proceedings. Toronto: Canadian Geotechnical Society, vol. 1, p. 307-323.
- CABOS, D. (2002) - Evaluación de riesgo de la vivienda propiedad de la Srta. Enith Calderón García. Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Sub Región de Defensa Civil Amazonas, Informe de Evaluación de Riesgo N° 08 UPSRDCA.
- CABOS, D. (2002) - Evaluación de riesgo de los centros poblados: Tacta, Coshac y Limatambo. Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Sub Región de Defensa Civil Amazonas, Informe de Evaluación de Riesgo N° 01 UPSRDCA.
- CABOS, D. (2002) - Evaluación de riesgo del Centro Poblado de Pipus. Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Sub Región de Defensa Civil Amazonas, Informe de Evaluación de Riesgo N° 07 UPSRDCA.
- CABOS, D. (2003) - Evaluación de riesgo del barrio La Laguna, sector Lajapata del distrito de Chachapoyas. Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Dirección de Defensa Civil Amazonas, Informe de Evaluación de Riesgo N° 08 UPDDCA.
- CABOS, D. (2003) - Evaluación de riesgo del distrito de Chirimot. Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Dirección de Defensa Civil Amazonas, Informe de Evaluación de Riesgo N° 02 UPDDCA.
- CABOS, D. (2003) - Evaluación de riesgo del distrito de Luya. Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Dirección de Defensa Civil Amazonas, Informe de Evaluación de Riesgo N° 04 UPDDCA.
- CABOS, D. (2004) - Evaluación de riesgo por deslizamiento de tierras en el distrito de Churuja, provincia de Bongará. Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Dirección Regional de Defensa Civil Amazonas, Informe Evaluación de Riesgo N° 08 UPDRDC-A.
- CAHILL, T.A. & ISACKS, B.L. (1991) - Seismicity and shape of the subducted Nazca plate. *Journal of Geophysical Research*, 97(B12): 17503-17529.
- CASAVARDE, L. & VARGAS, J. (1980) - Zonificación sísmica del Perú. Lima: Pont. Univ. Católica del Perú, 32 p., PUC Serie Difusión, trabajo presentado en el II Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismo Resistente, Lima, 1980.
- CASTRO, W. (2006) - Geomorfología. En: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Zonificación ecológica y económica de la Región Amazonas. Iquitos: IIA, 76 p.
- CERRÓN, F.; GALLOSO, A. & CHUMPITAZ, M. (1998) - Geología de los cuadrángulos de Uracusa y Cachiyacu. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 117, 213 p.
- COROMINAS, J. (1988) - Criterios para la confección de mapas de peligrosidad de movimientos de ladera. En: Ayala,

- F.J.; Durán, J.J. & Peinado, T., eds. Riesgos Geológicos, Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, p. 193-201.
- DÁVILA, S. (1998) - Inspecciones de riesgos geológicos en el distrito de Churuja, *informe inédito*. Lima: INGEMMET.
- DÁVILA, S. (1998) - Inspecciones de riesgos geológicos en el distrito de San Carlos, *informe inédito*. Lima: INGEMMET, Dirección de Geotecnia.
- DUQUE, E.G. & ESCOBAR, C.E (2001) - Manual de geología para ingenieros (en línea). (Consulta: abril 2009). Disponible en Web: <<http://www.geocities.com/manualgeo>>
- ENCARNACIÓN, F. & ZÁRATE, R. (2006) – Vegetación. En: *Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Zonificación ecológica y económica de la Región Amazonas*. Iquitos: IIAP, 44 p.
- FOOKES, P.G.; LEE, E.M. & GRIFFITHS, J.S. (2007) - Engineering geomorphology: theory and practice. Boca Raton, FL: CRC Press, 281 p.
- GONZÁLEZ, A. & MILLÁN, J. (1999) - Procedimiento para la evaluación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa en Santafé de Bogotá-Colombia. En: *Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica*, 11, Foz de Iguazu, Brasil 1999, Memorias. Brasília: Associação Brasileira de Mecânica dos Suelos e Engenharia Geotécnica.
- HUACO, P., et al. (1990) - Intensidades regulares asociadas al sismo del 30 de mayo de 1990 en el departamento de San Martín. Lima: Instituto Geofísico del Perú.
- HUAMÁN, C.A. (1988) - Estudio de rehabilitación geológico ingenieril del valle Shocol (distritos de Limabamba, Totorá, Milpuc y Chirimoto), provincia de Rodríguez de Mendoza, departamento de Amazonas. *Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica*, Lima, 80 p.
- HUNGR, O., et al. (2001) - A review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental & Engineering Geoscience*, 7(3): 221-238.
- INSTITUTO DE DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE (1998) - Principales ríos de la vertiente del Amazonas (en línea). Lima: IDMA. (Consulta: febrero del 2008). Disponible en Internet: <<http://www.geocities.com/RainForest/Vines/6274/afluente.htm>>
- INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (2001) - Geomorfología y susceptibilidad a la inundación del valle fluvial del Magdalena: Sector Barrancabermeja – Bocas de Ceniza (en línea). Bogotá: IDEAM, Subdirección de Geomorfología y Suelos, 68 p. (Consulta: junio 2008). Disponible en Web: <<http://www.ideam.gov.co/publica/RioMagdalena/geomagdalena2.pdf>>
- INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ-IGP (2005) Centro Nacional de Datos Geofísicos -Datos de Intensidades Sísmicas.
- INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (2000) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N° 1. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ing. Geológica, 23, 330 p.
- INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO. DIRECCIÓN DE GEOTECNIA (1986) - Estudio geológico-geotécnico para la seguridad física del Km. 408 Oleoducto Nor-Peruano. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Dirección de Geotecnia, 51 p. Convenio INGEMMET – PETROPERU.
- INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (2003) - Atlas de peligros naturales del Perú. Lima: INDECI, 327 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (2007) - Censo Nacional 2005: X de Población y V de Vivienda (en línea). Lima: INEI. (Consulta: 9 de enero 2008). Disponible en Internet: <<http://www.inei.gob.pe>>
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NATURALES (2007) - Áreas Naturales Protegidas: Mapa del SINANPE (en línea). Lima: INRENA. (Consulta: 10 de enero del 2008). Disponible en Internet: <http://www.inrena.gob.pe/ianp/ianp_sistema_sinanpe_mapa.htm>
- KEEFER D.K. (1984) - Landslides caused by earthquakes. *Geological Society of America Bulletin*, 95(4): 406-421.
- KUROIWA, J. (2002) - Reducción de desastres: viviendo en armonía con la naturaleza. Lima: Quebecor World Peru, 429 p.
- LEUREYRO, J.; MACHARÉ, J. & SÉBRIER, M. (1991) - Actualización del mapa neotectónico del Perú a escala 1:2'000,000. En: *Congreso Peruano de Geología*, 7, Lima, 1991, Resúmenes extendidos. Lima: Sociedad Geológica del Perú, t. 1, p. 23-28.
- LIMACHI, L. (2006) - Socioeconomía. En: *Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Zonificación ecológica y económica de la Región Amazonas*. Iquitos: IIAP, 45 p.
- 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, Agosto 1997, Resúmenes extendidos. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 467-470
- MAYORGA, R. (2005) - Determinación de umbrales de lluvia detonante de deslizamientos en Colombia. *Revista*

- Meteorología Colombiana (en línea), 7, Resumen. (Consulta: febrero 2008). Disponible en Internet: <<http://www.geociencias.unal.edu.co/geociencias/met/met7art17.html>>
- MCGUIRE, R.K. (1976) - Fortran computer program for seismic risk analysis. U.S. Geological Survey, Open-File Report 76-0067, p. 68.
- MORA, S. & VAHRSON, W.G. (1993) - Determinación a priori de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos. Revista Tecnología ICE, 3(1): 32-42
- NÚÑEZ, S. & MEDINA, L. (2008) - Riesgos geológicos en la Región Ucayali. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 37, 161 p.
- OJEDA, J., et al. (2002) - Evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa: Guía metodológica. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- PERÚ. MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO (2007) - Proyecto Fortalecimiento Integral del Turismo en el Perú - MINCETUR – AECI 2002-2006 (en línea). (Consulta: 9 de enero del 2008). Disponible en Internet: <http://www.mincetur.gob.pe/TURISMO/Producto_turistico/Fit/fitperu_educacion.htm>
- PERÚ. MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO (2007) - Región Amazonas. En: Perú. MINCETUR, Información de las regiones del Perú, información de base de las regiones del Perú (en línea). (Consulta: 3 de enero del 2008). Disponible en Internet: <<http://www.mincetur.gob.pe/newweb/Portals/0/AMAZONAS.pdf>>
- PLAN DE ACCIÓN REGIONAL PARA CENTRO AMERICA (2000) - Desarrollo de una metodología para la identificación de amenazas y riesgos a deslizamientos en la cuenca del río San Juan, República Dominicana (en línea). Santo Domingo: RAPCA, 41 p. (Consulta: julio 2008), disponible en Internet: <<http://www.snet.gob.sv/Documentos/rapca/rd/estudio.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.
- QUISPE SIVANA, L. (1996) - Geología de los cuadrángulos de Puesto Llave y Río Comaina. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 64, 120 p.
- QUISPE SIVANA, L. & ZÁRATE, H. (1999) - Geología de los cuadrángulos de Río Naraima, Río Machinaza y Jiménez Banda. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 135, 136 p.
- QUISPE SIVANA, L.; ZULOAGA, A. & PAZ, M. (1997) - Geología de los cuadrángulos de Teniente Pinglo, Santa María de Nieva, Puerto Alegre y Puerto América. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 99, 185 p.
- REINOSA, I.A. (2001) - Proyecto: inventario y diagnóstico de los recursos hídricos e hidrobiológicos de la Provincia de Condorcanqui. Santa María de Nieva: CTAR Amazonas, Gerencia Sub Regional Condorcanqui.
- ROJAS, L.M. (2002) - Evaluación de riesgo de los centros poblados de Imaza y Chiriaco. Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Sub Región de Defensa Civil Amazonas, Informe de Evaluación de Riesgo N° 04 UPSRDCA/O.E.R.
- ROJAS, L.M. (2002) - Evaluación de riesgos del distrito de Leymebamba. Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Sub Región de Defensa Civil Amazonas, Informe de Evaluación de Riesgo N° 05 UPSRDCA/O.E.R.
- ROJAS, L.M. (2002) - Evaluación de riesgos en la ciudad de Mendoza. Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Sub Región de Defensa Civil Amazonas, Informe de Evaluación de Riesgo N° 03 UPSRDCA/O.E.R.
- ROJAS, L.M. (2002) - Evaluación de riesgos en Lonya Grande. Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Sub Región de Defensa Civil Amazonas, Informe de Evaluación de Riesgo N° 01 UPSRDCA/O.E.R.
- SÁNCHEZ, A. (1995) - Geología de los cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolívar. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 56, 287 p.
- SÉBRIER M., et al. (1982) - Observaciones acerca de la neotectónica del Perú. Lima: Instituto Geofísico del Perú, 107 p.
- SERVICIO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN CAPACITACIÓN E INVESTIGACIÓN PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN (2003) - Norma Técnica de Edificación E. 030 Diseño Sismoresistente. Lima: SENCICO, 36 p. También disponible en Internet: <<http://www.sencico.gob.pe/gin/NORMAS%20PDF/Norma%20de%20diseño%20Sismorresistente.pdf>>
- 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 Ing. Geológica, 3, 130 p.
- SOETERS, R. & VAN WESTEN, C.J. (1996) - Slope instability recognition, analysis and zonation. En: Turner, A.K. & Schuster, R.L., eds. Landslides: investigation and mitigation. Washington, DC: Transportation Research Board, National Research Council, p. 129-177, Special Report 247.

- SUÁREZ, J. (1998) - Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. *Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Universidad Industrial de Santander*, 548 p.
- TAVERA, H. & BUFORN, E. (1998) - Sismicidad y sismotectónica de Perú. En: Udías, A. & Buforn, E., eds. Sismicidad y sismotectónica de América del Centro y Sur. *Madrid: Univ. Complutense*, p. 187-219, *Física de la Tierra*, 10.
- TAVERA, H. y BUFORN, E. (2001) *Source mechanism of Earthquakes in Peru. Journal Seismology* 5: 519-539.
- TORRES, R., et al. (1990) - Terremoto de Rioja 29 de mayo de 1990: Informe preliminar de las misiones de evaluación. *Lima: Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID)*, 16 p., 38 fotos. También disponible en Internet: <<http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc10530/doc10530.htm>>
- VARGAS, J. (2006) - *Clima*. En: *Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana*, Zonificación ecológica y económica de la Región Amazonas. *Iquitos: IIAP*, 38 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*, p. 11-33, *Special Report* 176.
- VARNES, D.J. (1984) - *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. Paris: *UNESCO, Commission on Landslides on the IAEG, Natural Hazards Series*, 3.
- VELAZCO, R. (2004) - Evaluación de riesgo de inundación por desborde del río Grande en la localidad de Longar e inundación de la localidad de Shucus por desborde de la quebrada Shucusyacu, Rodríguez de Mendoza. *Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Dirección Regional de Defensa Civil Amazonas, Informe de Evaluación de Riesgo N° 07 UPDRDC-A*.
- VELAZCO, R. (2004) - Evaluación de riesgo de inundación por desborde del río Utcubamba del Anexo Shipamarca-Colcamar-Luya. *Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Dirección Regional de Defensa Civil Amazonas, Informe de Evaluación de Riesgo N° 14 UPDRDC-A*.
- VELAZCO, R. (2004) - Evaluación de riesgo de inundaciones de las localidades de La Curva y Nazareth por fenómeno erosivo del río Chiriaco-Bagua. *Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Dirección Regional de Defensa Civil Amazonas, Informe de Evaluación de Riesgo N° 12 UPDRDC-A*.
- VELAZCO, R. (2004) - Evaluación de riesgo de inundaciones por desborde de quebradas en la localidad de Omia, Rodríguez de Mendoza. *Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Dirección Regional de Defensa Civil Amazonas, Informe de Evaluación de Riesgo N° 06 UPDRDC-A*.
- VELAZCO, R. (2004) - Evaluación de riesgo de inundaciones por desborde del río Nieva y deslizamiento de tierras en la localidad de Villa de Santa María de Nieva. *Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Dirección Regional de Defensa Civil Amazonas, Informe de Evaluación de Riesgo N° 10 UPDRDC-A*.
- VELAZCO, R. (2004) - Evaluación de riesgo por desborde de las quebradas Gachi y Hualamita en la localidad de Lamud-Luya. *Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Dirección Regional de Defensa Civil Amazonas, Informe de Evaluación de Riesgo N° 16 UPDRDC-A*.
- VELAZCO, R. (2004) - Evaluación de riesgo por deslizamiento de tierras en los barrios Amazonas y Buena Vista, San Carlos-Bongará. *Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Dirección Regional de Defensa Civil Amazonas, Informe de Evaluación de Riesgo N° 17 UPDRDC-A*.
- VELAZCO, R. (2004) - Evaluación de riesgo por deslizamiento de tierras en el anexo Cocha Colcamar. *Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Dirección Regional de Defensa Civil Amazonas, Informe de Evaluación de Riesgo N° 13 UPDRDC-A*.
- VELAZCO, R. (2005) - Evaluación de riesgo del Sector Vista Hermosa, Bagua. *Bagua: Instituto Nacional de Defensa Civil, Dirección Regional de Defensa Civil Amazonas, Informe de Evaluación de Riesgo N° 01 UPDRDC-A*.
- VÍLCHEZ, M. (2007) - Reconocimiento de peligros geológicos en la zona El Carrizal sector Tushpuna y Villa El Molino-Chachapoyas, *informe técnico geoambiental*. Lima: *Instituto Geológico Minero y Metalúrgico*.
- VILLOTA, H. (2005) - Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. 2. ed. Bogotá: *Instituto Geográfico Agustín Codazzi*, 210 p.
- WILSON, J.J. (1966) - Reconocimiento geológico del área de Tingorbamba (valle del Utcubamba). Servicio de Geología y Minería, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ing. Geológica, 2, p. 97-102.
- ZAMUDIO, Y. & TAVERA, H. (2004) - *Análisis temporal de la actividad sísmica en el sur del Perú y sus implicancias tectónicas*. En: *Congreso Peruano de Geología*, 12, Lima, 2004, Resúmenes extendidos, Lima: *Sociedad Geológica del Perú*, p. 328-331.
- ZAVALA, B. & VÍLCHEZ, M. (2006) - *Estudio de riesgos geológicos en la Región Huánuco*. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 34, 174 p.

ANEXOS

ANEXO I. Principales áreas afectadas por caídas

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Estimación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Cavernas Cambiopitec, Copallín, Bagua	Substrato de mala calidad, rocas muy fracturadas o diaclasadas, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, deforestación.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Caída de roca desde una altura de 20 m, se produce en talud rocoso fracturado compuesto de caliza, podrían caer bloques aislados con diámetros menores a 5 m.	Actualmente la caverna es visitada por colegiales y turistas de la región que podrían ser afectados.
Tangarizto, Aramango, Bagua	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, cortes en el pie de ladera, deforestación.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Zona de derrumbe, con rotura tipo cuña, con zona de arranque discontinuo e irregular, longitud de arranque de 100 m y de 20 a 40 m de altura.	Afecta tramo de la carretera afirmada, en una longitud aproximada de 100 m.
Caserío La Unión, Imaza, Bagua	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, precipitaciones pluviales intensas, cortes en el pie de ladera, deforestación.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Zona de derrumbe, forma de arranque irregular y discontinuo, longitud de arranque 40 m y de 10 a 20 m de altura. En la margen izquierda de este evento ocurre replación de suelos.	Afectaría tramo de carretera afirmada en una longitud de 40 m.
Progresiva 408 Oleoducto Norperuano, Imaza, Bagua	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas, cortes en el pie de ladera, deforestación y la falta de un adecuado sistema de drenaje en la plataforma.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Derrumbe, con rotura tipo planar, forma de la zona de arranque regular y discontinua, con longitud de arranque de 300 m, y 20 a 80 m de altura. El evento ocurrió en diciembre de 1989.	Afectó 100 m del talud inferior de la plataforma del oleoducto.
Michinak, Imaza, Bagua	Substrato de mala calidad, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, cortes en el pie de ladera, deforestación.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Zona de derrumbe, forma de arranque irregular y discontinuo en una longitud de 1 800 m y de altura variable de 30 a 40 m	Afectaría tramo de carretera afirmada en una longitud de 1 800 m
Desvío Chosgon, Jazan, Bongará	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, cortes en el pie de ladera.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Zona de derrumbe, se pueden presentar con escarpa irregular y discontinua, en una longitud de 400 m y altura de 1 900 m.	Podría afectar 400 m de carretera asfaltada en tramos discontinuos.

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Estimación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Kilómetro 302, Cuispes, Bongará	Substrato de mala calidad, alternancia de rocas de diferente competencia, rocas muy fracturadas o diaclasadas, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, cortes en el pie de ladera, deforestación.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Zona de derrumbes y caída de rocas se produce en talud rocoso fracturado, rotura tipo cuña y planar, la escarpa de arranque es irregular discontinua con longitud de 500 m y altura de 20 a 40 m. Además, en el área ocurrió un derrumbe de 50 m en el talud inferior de la carretera Fernando Belaunde Terry.	Afectaría 700 m de carretera asfaltada en tramos discontinuos.
Kilómetro 316, Florida, Bongará	Substrato de mala calidad, rocas muy fracturadas o diaclasadas, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, cortes en el pie de ladera, deforestación.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto		Los bloques de roca que caen del talud superior de la carretera podrían afectar a los vehículos que pasan. El derrumbe afectó la plataforma de la carretera en una longitud de 50 m.
A 200 m del Peaje de Pedro Ruiz, Shipasbamba, Bongará.	Substrato de mala calidad, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial, cortes en el pie de ladera, deforestación.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Derrumbes podrían ocurrir en talud rocoso fracturado. Longitud de arranque de 500 m y altura de 20 a 50 m, en tramos discontinuos. También se puede producir erosión fluvial en el talud inferior de la carretera.	Podría afectar la plataforma de la carretera asfaltada.
Quebrada Atuen, Leimebamba, Chachapoyas	Substrato de mala calidad, rocas muy fracturadas o diaclasadas, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, deforestación.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	Derrumbe, se produce en talud rocoso fracturado de manera irregular y continua, longitud de arranque de 300 m.	Afectó la cobertura vegetal de la zona en una longitud de 300 m
Nueva Esperanza, La Jalca, Chachapoyas	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial, deforestación.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Derrumbes podrían ocurrir en talud superior de carretera, longitud de arranque de 200 m. El talud inferior de la carretera podría ser afectado por la erosión fluvial.	Podría afectar 200 m de carretera afirmada en tramos discontinuos.

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Estimación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Quebrada Lessia, S. F. de Daguas, Chachapoyas	Substrato de mala calidad, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, cortes en el pie de ladera.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Derumbe en roca, forma de la escarpa regular, con longitud de arranque de 35 m y 40 m de altura aproximadamente, presencia de bloques aislados de 1,5 m de diámetro, por la cresta del derumbe pasa una carretera.	Afectó 40 m de talud inferior de carretera afirmada.
Hualamita, Mariscal Castilla, Chachapoyas	Alternancia de rocas de diferente competencia, rocas muy fracturadas o diclasadas, pendiente del terreno, morfología, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, cortes en el pie de ladera.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Caída de rocas, se produce en talud rocoso fracturado con longitud de arranque de 100 m y una altura de 40 m. Se presenta bloques aislados.	Podría afectar a los vehículos que pasan por la zona.
Carretera Maino-Levanto, San Isidro de Maino, Chachapoyas	Substrato de mala calidad, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, cortes en el pie de ladera.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	Derumbe, se produce en talud rocoso, la forma de arranque es irregular y discontinua. También se originan caída de rocas.	Podría afectar tramo de la carretera afirmada en una longitud de 100 m.
Rio Sonche, Chachapoyas, Chachapoyas	Substrato de mala calidad, orientación desfavorable de discontinuidades, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas, cortes en el pie de ladera.	Grado de peligro = Muy alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Muy alto	Caída de rocas, puede ocurrir en talud rocoso fracturado compuesto de calizas cuya estratificación es favorable al talud, la longitud de arranque es de 250 m y altura de 80 m.	Podría afectar a los vehículos que pasan por la zona.
Quebrada Huiscabamba, Sonche, Chachapoyas	Substrato de mala calidad, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Derumbes, se produce en talud rocoso compuesto de areniscas, la zona de arranque es irregular y discontinua, longitud 250 m, existe la presencia de erosión en cárcava.	Afecta la estabilidad del talud del área.
Nueva Esperanza, Nieva, Condorcanqui	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, cortes en el pie de ladera, deforestación.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Bajo Riesgo estimado = Bajo	Zona de derrumbes, forma de arranque irregular y discontinuo, con longitud de arranque de 300 m y 20 a 40 m de altura.	Podría afectar 300 m de carretera afirmada en tramos discontinuos.

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Estimación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Centro Arqueológico Karajja, Luya, Luya	Substrato de mala calidad, alternancia de rocas de diferente competencia, rocas muy fracturadas o diaclasadas, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Caída de rocas, se produce en talud rocoso fracturado, con roturas tipo cuña, presenta una longitud de arranque de 300 m y una altura de 80 m	Afectaría el talud donde se encuentran los sarcófagos de Karajja.
Carretera a Santa Catalina, Santa Catalina, Luya	Substrato de mala calidad, alternancia de rocas de diferente competencia, rocas muy fracturadas, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, cortes en el pie de ladera.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Derumbe con escarpa de arranque irregular y discontinuo, ocurre en talud rocoso fracturado en una longitud de 1 000 m y altura 10 m, depósitos de bloques aislados y canchales o talus de déritos.	Podría afectar 1000 m de carretera afirmada en tramos discontinuos.
Belén, Colcamar, Luya	Substrato de mala calidad, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Derumbe, ocurre en talud de corte para carretera, escarpa de arranque irregular y discontinuo, longitud de arranque de 800 m y altura de 4 a 6 m. Presenta depósitos tipo canchales. Se observa erosión laminar y cárcava en el talud superior de carretera.	Podría afectar 800 m de carretera afirmada en tramos discontinuos.
Carretera a Yeso, S. F. del Yeso, Luya	Substrato de mala calidad, rocas muy fracturadas o diaclasadas, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, morfología, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, deforestación.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Derumbe, se produce en talud rocoso fracturado, la zona de arranque es irregular y discontinua con longitud de 40 m y altura 30 m.	Paralizó la construcción de carretera entre Leimebamba y S. F. del Yeso.
El Tingo, Lonya Chico, Luya	Substrato de mala calidad, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Bajo Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Bajo	Zona de derrumbes en talud superior de carretera, la forma de arranque es irregular y discontinuo con longitud de 100 m y altura 4 m.	Afectaría 100 m de carretera afirmada en tramos discontinuos
Puente El Progreso, Lamud, Luya	Pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Zona de caída de rocas, en talud rocoso fracturado, con roturas tipo cuña, longitud de arranque de 250 m y altura 150 m.	Podría afectar a los vehículos que pasan por la zona.

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Estimación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Quebrada Santa Rosa, Totorá, Rodríguez de Mendoza	Substrato de mala calidad, rocas muy fracturadas o diaclasadas, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Zona de derrumbes, arranque irregular y discontinuo en talud rocoso fracturado inestable, longitud de arranque de 600 m y altura 10 m.	Afecta de manera discontinua 600 m de carretera.
Puente Shihua, Omia, Rodríguez de Mendoza	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Zona de derrumbes en talud superior de carretera, tramos discontinuos, rotura tipo planar, longitud de arranque 300 m y altura de 5 a 10 m, presencia de bloques aislados menores de 0,70 m.	Podría afectar 300 m de carretera afirmada.
Condorpuquio, San Nicolás, Rodríguez de Mendoza	Substrato de mala calidad, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Muy alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Muy alto	Zona de derrumbe en talud rocoso inestable, arranque irregular y discontinuo con longitud de 300 m y altura 80 m. También podrían ocurrir caída de rocas.	Afectan 300m de carretera en tramos discontinuos.
Puerto Choros, Cumba, Utcubamba	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, deforestación.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Derrumbes, se produce en corte de talud para carretera, zona de arranque irregular y discontinuo, longitud de arranque de 400 m y altura 10 a 15 m, forma depósitos tipo canchales.	Afecta 400 metros de carretera en tramos discontinuos.
Puerto Naranjitos, Jamalca, Utcubamba	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, deforestación.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Zona de derrumbes, arranque irregular y discontinuo, longitud 500 m y altura aproximada de 40 m.	Afectaría de manera discontinua 500 m de carretera asfaltada, también podría afectar a 14 viviendas.

ANEXO II. Principales áreas afectadas por deslizamientos

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Estimación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Guadalupe, La Peca, Bagua	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, morfología, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Bajo Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Bajo	Deslizamiento rotacional antiguo de escarpa única, irregular y discontinua, con longitud de escarpa de 150 m y desnivel entre escarpa y pie de 200 m, en el talud inferior de la carretera se producen pequeños derrumbes.	Afectaría tres o cuatro viviendas asentadas en la masa deslizada.
La Puntilla, La Peca, Bagua	Substrato de mala calidad, pendiente del terreno, morfología, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Muy alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	Deslizamiento rotacional activo de escarpas múltiples, longitud de escarpa principal 30 m. El tipo de roca está compuesto de limolitas y limoarcillitas intercaladas con areniscas semicompactas.	Afectaría la plataforma deportiva del barrio La Puntilla.
Magdalena, Aramango, Bagua	Substrato de mala calidad, pendiente del terreno, morfología, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento rotacional de escarpa única, irregular y continua, con longitud de escarpa de 800 m y desnivel entre escarpa y pie de 700 m. En la masa deslizada se observa abundante erosión en cárcava.	En caso de ocurrir reactivación, podría afectar al pueblo de Magdalena y al oleoducto.
Progresiva 483 del Oleoducto Norperuano (San Antonio), Aramango, Bagua	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, deforestación de laderas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento rotacional activo de escarpas sucesivas irregulares y continuas, con longitud de escarpa de 550 m y saltos principales de 50 m.	El deslizamiento destruyó 270 m de tubería del sistema de agua potable de la localidad de San Isidro.
La Viña, Aramango, Bagua	Substrato de mala calidad, naturaleza del suelo incompetente, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Deslizamiento rotacional, de escarpas sucesivas, irregulares y continuas, con longitud de escarpa de 200 m y desnivel entre escarpa y pie de 350 m.	Afectó cultivos de café.

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Estimación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Soldado de Oliva, Aramango, Bagua	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, cortes en el pie de ladera o talud.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento traslacional activo de escarpas irregulares y discontinuas, con longitud de escarpa de 30 a 40 m y 40 m de altura.	Podría afectar la tubería del oleoducto. Asimismo, ocurren pequeños derrumbes que afectan a la carretera.
Caserío Montenegro, Aramango, Bagua	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, cortes en el pie de ladera o talud.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Deslizamiento traslacional activo, de escarpas sucesivas, irregulares y discontinuas, con longitud de escarpa de 100 m y desnivel entre escarpa y pie de 90 m. En el talud superior de la carretera se producen derrumbes. En el área también se observa erosión en cárcavas.	Afecta 100 m de carretera afirmada.
Comunidad Indígena Vichanak, Imaza, Bagua	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Deslizamiento rotacional con escarpa elongada y discontinua. Dejó descubierto el tubo del oleoducto en una longitud aproximada de 150 m	Afectó la tubería del oleoducto. Podría afectar dos viviendas que se encuentran al pie del deslizamiento.
Quebrada Copashin, Jazán, Bagua	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento rotacional de escarpas sucesivas, irregulares, semicirculares y discontinuas, con longitud de escarpa de 350 m y desnivel entre escarpa y pie de 900 m. En caso de reactivarse, podría aportar material a la quebrada Copashin y provocar flujo. Al pie del deslizamiento ocurren pequeños derrumbes.	Afectaría la plataforma de la carretera asfaltada.
Malliza Rimache, Churuja, Bongará	Substrato de mala calidad, alternancia de rocas de diferente competencia, naturaleza del suelo incompetente, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento rotacional activo con escarpas múltiples, forma de arranque es irregular y continuo. También se observa depósitos de flujos. En el talud inferior de la carretera podría ocurrir erosión fluvial.	Podría afectar siete viviendas y un tramo de la carretera de acceso a la ciudad de Chachapoyas.

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Estimación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Kilómetro 316 + 900 (carretera Fernando Belaunde Terry), Florida, Bongará	Substrato de mala calidad, naturaleza del suelo incompetente, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Deslizamiento rotacional antiguo, de escarpa única, semicircular y continua, con longitud de escarpa de 100 m y desnivel entre escarpa y pie de 150 m, con saltos principales de 30 m. Frente al deslizamiento se produce movimiento complejo, deslizamiento-flujo de pequeñas dimensiones, siendo su estado inactivo.	Podría afectar tramo de la carretera asfaltada.
Kilómetro 328 + 900 (carretera Fernando Belaunde Terry), Florida, Bongará	Substrato de mala calidad, alternancia de rocas de diferente competencia, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, cortes en el pie de ladera o talud.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento rotacional activo, de escarpa única, semicircular y continua, con longitud de escarpa de 100 m y desnivel entre escarpa y pie de 120 m	Afecta plataforma de la carretera asfaltada, en ella se producen leves hundimientos y agrietamientos.
San Carlos, San Carlos, Bongará	Substrato de mala calidad, alternancia de rocas de diferente competencia, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, ocupación inadecuada del suelo por el hombre, mal sistema de riego, uso inadecuado del agua de escorrenfía.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento rotacional activo, de escarpas múltiples, irregulares y discontinuas, con longitud de escarpa de 700 m.	Han sido afectadas 50 familias que fueron reubicadas. En la actualidad solo quedan cuatro familias con viviendas ubicadas en el cuerpo del deslizamiento.
Nueva Esperanza, Yambrasbamba, Bongará	Naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, cortes en el pie de ladera o talud.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento rotacional activo, de escarpa única, semicircular y continua, con longitud de escarpa de 20 m, y desnivel entre escarpa y pie de 30 m. En los alrededores ocurre reptación de suelos.	Afecta 20 m de carretera asfaltada.

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Estimación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Carretera Molinopampa-Chontabamba, San Francisco de Daguas, Chachapoyas	Pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas, deforestación de laderas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Deslizamiento rotacional antiguo con escarpa única y continua, longitud de escarpa de 2 300 m y desnivel entre escarpa y pie de 1 300 m. En la masa deslizada ocurre erosión en cárcavas, también ocurren derrumbes y caída de rocas que tienen hasta 2 m de diámetro.	Afectó carretera afirmada en una longitud de 2 300 m. La masa deslizada posiblemente represó el río Ventilla
Pipus, San Francisco de Daguas, Chachapoyas	Substrato de mala calidad, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Deslizamiento rotacional activo de escarpa única y semicircular, con longitud de escarpa de 70 m y desnivel entre escarpa y pie de 100 m. En el cuerpo del deslizamiento ocurre erosión en cárcavas que afecta la carretera.	Afectaría 70 m de carretera afirmada.
Cerro Tapulli, San Francisco de Daguas, Chachapoyas	Substrato de mala calidad, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento rotacional activo de escarpas múltiples semicirculares y elongadas, con longitud de escarpa de 600 m y desnivel entre escarpa y pie de 1 400 m.	Afecta tramo de la carretera
San Juan De Sonche, Sonche, Chachapoyas	Substrato de mala calidad, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	Deslizamiento rotacional antiguo de escarpas sucesivas, con longitud de escarpa de 1 000 m y desnivel entre escarpa y pie de 1 650 m.	En caso de reactivarse podría afectar al pueblo de Sonche que está asentado en el cuerpo del deslizamiento.
Carretera desvío Leimebamba-Chachapoyas, Chachapoyas, Chachapoyas	Material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Deslizamiento rotacional antiguo de escarpas sucesivas irregulares y discontinuas, con longitud de escarpa de 800 m y desnivel entre escarpa y pie de 1500 m. En la ladera de la carretera, se presentan reactivaciones, se observa evidencias del flujo no canalizado que produjo el deslizamiento.	En caso de reactivarse podría afectar de manera discontinua la plataforma de la carretera que muestra agrietamientos.

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Estimación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Pucacruz, Chachapoyas, Chachapoyas	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Deslizamiento rotacional activo; de escarpas sucesivas o escalonadas, irregulares, semicirculares, continuas; longitud de escarpa de 450 m, salto de la escarpa principal 40 m y desnivel entre escarpa y pie de 200 m.	Afectó terrenos de cultivo. En la escarpa del deslizamiento ocurren pequeños derrumbes discontinuos que afectan la carretera afirmada de acceso a la ciudad de Chachapoyas
Barrio San Juan, Omía, Rodríguez de Mendoza.	Substrato de mala calidad, rocas muy fracturadas o diaclasadas, material de remoción antiguo, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Deslizamiento traslacional antiguo, longitud aproximada de escarpa 100 m, desnivel entre escarpa y pie de 20 a 30 m. En el cuerpo del deslizamiento se observa reactivaciones.	En el pie del deslizamiento se encuentra la vivienda del señor Sebastián López, debe ser reubicada.
El Limón (Porvenir), Cumba, Utcubamba	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, deforestación de laderas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento rotacional activo de escarpas múltiples; longitud de escarpa de 500 m y saltos de 3 m. Presencia de agrietamientos longitudinales y transversales, con separación de 40 cm hasta 1 m. Existe una grieta de 20 m de ancho en la que se observa reforestación natural, tiene 30 m de profundidad y está rellena por depósitos fluviales.	Afectó 200 hectáreas de tierras de cultivo.
Cerro Pan de Azúcar, Cumba, Utcubamba	Pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, deforestación de laderas y estratificación favorable al talud.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Deslizamiento traslacional activo de escarpa única y elongada; presenta agrietamiento de 500 m de longitud, 10 m de profundidad, y 3 a 7 m de separación.	Podrían caer personas a la grieta dejada por el deslizamiento.
El Sauce, Cumba, Utcubamba	Substrato de mala calidad, rocas muy fracturadas o diaclasadas, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, deforestación de laderas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Megadeslizamiento de escarpa única, irregular y continua, longitud de escarpa de 2 000 m y desnivel entre escarpa y pie de 3 200 m.	Modificó la morfología del área.

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Estimación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Quebrada Olón, Jamalca, Utcubamba	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Deslizamiento rotacional activo, escarpas sucesivas, irregulares y discontinuas, longitud de escarpa principal 250 m y desnivel entre escarpa y pie de 700 m. Presencia de agrietamientos longitudinales. En la masa deslizada ocurre erosión en cárcava.	Afecta la carretera de acceso al distrito de Jamalca.
Magunchal, Utcubamba, Jamalca	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, morfología, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento rotacional activo; de escarpas sucesivas, irregulares, semicirculares y discontinuas; con longitud de escarpa de 500 m, desnivel entre escarpa y pie de 100 m. Ocurren derrumbes y deslizamientos debido a la erosión fluvial.	Afectó la plataforma de la carretera Fernando Belaunde Terry en una longitud aproximada de 500 m.
Cerro Santa Isabel, Cajamaro, Utcubamba	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, mal sistema de riego, uso inadecuado de agua de escurritia.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Deslizamiento rotacional activo de escarpas sucesivas y discontinuas, longitud de escarpa de 1 100 m, desnivel entre escarpa y pie de 500 m, presenta salto principal de 10 m. Presencia de erosión en cárcava en la masa deslizada.	Afectaría cultivos de arroz, también podría represar el río Utcubamba.
Sector Santa Elena (kilómetro 238), Bagua Grande, Utcubamba	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento rotacional, de escarpas irregulares y discontinuas, longitud de escarpa de 750 m. En el talud inferior de la carretera ocurre erosión fluvial.	Afecta a la plataforma de la carretera Fernando Belaunde Terry.
Naranjito, Jamalca, Utcubamba	Substrato de mala calidad, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento rotacional activo, de escarpas múltiples, irregulares y discontinuas, con longitud de escarpa de 250 m, saltos principales de 3 m. En el pie del deslizamiento ocurre erosión fluvial.	Afecta a la plataforma de la carretera Fernando Belaunde Terry. Podría afectar cables de alta tensión.
Santa Isabel, Bagua Grande, Utcubamba	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, deforestación de laderas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento rotacional activo, de escarpas múltiples, semicirculares y discontinuas, con longitud de escarpa de 300 m y desnivel entre escarpa y pie de 500 m.	Si continúa el deslizamiento en forma retrogresiva afectaría al caserio de Santa Isabel.

ANEXO III. Principales áreas afectadas por flujos

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Calificación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daos Ocasionados o Probables
Típico, Aramango, Bagua	Substrato de mala calidad, alternancia de rocas de diferente competencia, naturaleza del suelo incompetente, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	Depósitos de flujo de detritos en forma de abanico, está compuesto de material grueso y heterogéneo. En los taludes de las quebradas ocurre erosión laminar y en cárcava.	Podría afectar siete viviendas del caserío Típico.
Tutumberos, Aramango, Bagua	Naturaleza del suelo incompetente, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas y deforestación.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Depósitos de flujo de detritos en forma de abanico. En el talud superior de la carretera ocurren derrumbes.	Podría afectar a la población de la comunidad nativa Tutumberos.
Quebrada Copashin, Jazán, Bongará	Substrato de mala calidad, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, cortes en el pie de ladera.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Flujo de detritos canalizado, con depósitos a manera de chorreras, presenta material fino y homogéneo, con 80% de gravas y 20% de arenas. Ocurren derrumbes en la quebrada, en donde existe una pequeña cascada.	Podría afectar a la plataforma de la carretera Fernando Belaunde Terry, al colmatarse con material detrítico el cauce de río.
Anexo Donze, Churuja, Bongará	Substrato de mala calidad, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Depósitos de flujo de detritos en forma de abanico, está compuesto por material fino y homogéneo, con 20% de bloques, 70% de gravas y 10% de arenas. Se observa erosión en cárcava en los taludes de los cerros.	Podrían ser afectadas tres viviendas y la carretera de acceso a la ciudad de Chachapoyas.
Quebrada Oso Perdido, Yambrasbamba, Bongará	Substrato de mala calidad, alternancia de rocas de diferente competencia, naturaleza del suelo incompetente, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial, cortes en el pie de ladera.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Depósitos de flujo compuesto por material fino y heterogéneo, con 20% de bloques, 20% de gravas y 60% de arenas. El cauce del río podría colmatarse de sedimento y provocar inundaciones.	Podría afectar la plataforma de la carretera Fernando Belaunde Terry.
Puente Chacanto, Balsas, Chachapoyas	Material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Depósitos de flujo de detritos en forma de abanico, esta conformado por bloques de roca en matriz de gravas y limos.	Afectaría 15 viviendas y un puesto policial.

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Calificación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
El Molino, Chachapoyas, Amazonas	Pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Depósitos de flujo de detritos, tipo chorreras, compuesto de material grueso con 80% de gravas y 20% de arenas. En el cauce del río se está construyendo una alcantarilla que podría servir de represa si se tapa.	Podría afectar al criadero de truchas y a la población de Molinopampa.
Chontabamba, Molinopampa, Chachapoyas	Substrato de mala calidad, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Flujo de detritos canalizado, tipo chorreras, compuesto de material grueso y homogéneo, con 30% de bloques, 60% de gravas y 10% de arenas. En las márgenes del río ocurren derrumbes y erosiones fluviales.	El flujo afectó viviendas en la margen derecha del cauce. La erosión fluvial podría afectar al puente.
Pipus, San Francisco de Daguas, Chachapoyas	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Depósitos de escombreras, contiene material grueso 40%, gravas 30% y arenas 30%.	Podría afectar más de 10 viviendas del poblado de Pipus.
San Isidro, Chachapoyas, Chachapoyas	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Depósitos de flujo de detritos en forma de abanico, compuesta por material grueso y bloques de roca. 10% de bloques, 60% de gravas y 30% de arenas. En el abanico se encuentra asentado el caserío de San Isidro.	Podría afectar a las viviendas del caserío.
Quebrada Quipachacha, Levanto, Chachapoyas	Material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Depósitos de flujo de detritos en forma de abanico, compuesto por material grueso y heterogéneo, los bloques aislados son menores de 1 m.	Afectaría un tramo de la carretera afirmada.
Quebrada Rondón, Chachapoyas, Chachapoyas	Substrato de mala calidad, naturaleza del suelo incompetente, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Muy alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	Flujo de detritos canalizado, a manera de chorreras, con material grueso y heterogéneo (calizas, areniscas, cantos rodados, limolitas, etc.), con 60% de bloques de hasta 4 m de diámetro. 20% de gravas y 20% de arena. Se observa erosión de ladera en la cuenca alta de la quebrada.	El flujo afecta a la carretera afirmada.

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Calificación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daos Ocasionados o Probables
Anexo Tingo, Tingo, Luya	Naturaleza del suelo incompetente, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Muy alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	Depósitos de flujo (aluvión) en forma de abanico, el material está compuesto por 20% de bloques, 50% de gravas, 30% de arenas. Presenta bloques de roca de 0,50 a 0,80 cm de diámetro.	El área fue afectada en el año de 1993, después de ese evento la población fue reubicada. Se destruyó casi el 100% de las viviendas y tierras de cultivo. Según el diario El Comercio (2 de abril de 1993), el flujo destruyó 480 viviendas.
Quebrada Tingo (kilómetro 278, carretera Fernando Belaunde Terry), San Jerónimo, Luya	Naturaleza del suelo incompetente, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Flujo de detritos canalizado, depósitos en abanico, material grueso y homogéneo, con 70% de bloques, 20% de gravas, 10% de arenas. Tamaño del material menor de 2 m de diámetro, existe erosión en cárcavas.	Según cuentan los pobladores, el evento desastroso ocurrido en el 2004 destruyó totalmente 40 viviendas y un puente.
Quebrada Rata, San Jerónimo, Luya	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Depósitos de flujo de detritos en forma de abanico, compuesto por material fino y homogéneo, con 10% de bloques, 80% de gravas y 10% de arenas. En el abanico se encuentran ubicadas tres viviendas.	Afectaría tres viviendas.
Mito, San Nicolás, Rodríguez de Mendoza	Substrato de mala calidad, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Muy alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	Depósitos de flujo de detritos en forma de abanico.	Afectaría cuatro viviendas asentadas en el abanico y tierras de cultivos.
Mayeta, Yamón, Utcubamba	Material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Depósitos de flujo de detritos en forma de abanico, compuesto por materiales finos y heterogéneos.	Puede afectar más de 50 viviendas y tierras de cultivo.
Quebrada Huayaquil, Cumba, Utcubamba	Substrato de mala calidad, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Depósitos de flujo de detritos en forma de abanico.	Podría afectar a cuatro viviendas y tierras de cultivo.

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Calificación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Quebrada Purga, Cumba, Utcubamba	Alternancia de rocas de diferente competencia, naturaleza del suelo incompetente, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Depósitos de flujo de detritos en forma de abánico, material grueso y heterogéneo. La altura del flujo fluctúa entre 3 a 5 m.	Afectaría 500 m de la carretera, tierras de cultivo y viviendas del poblado de Cumba.
Tagatgo, Cumba, Utcubamba	Material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Depósitos de flujo de detritos en forma de abánico, material grueso, con 70% de bloques y 30% de gravas.	Afectó puente, tierras de cultivos de plátanos, limón, etc.
Quebrada Palaguas, Lonya Grande, Utcubamba	Substrato de mala calidad, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	Flujo de detritos canalizado en forma de chorreras, compuesto por material grueso, tamaño de los bloques hasta 3 m de diámetro.	Ocurre erosión fluvial que debilita talud. Afectó puente.
Puente La Caldera, Jamalca, Utcubamba	Naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	Depósitos de flujo de detritos en forma de abánico, material grueso y homogéneo, con 60% de bloques, 30% de gravas y 10% de arenas. En la parte media de la cuenca ocurren derrumbes y deslizamientos.	Afectó cuatro viviendas. En el abánico existen ocho viviendas que podrían ser afectadas.

ANEXO IV. Principales áreas afectadas por inundaciones

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Calificación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Chirimoyo, Milpuc, Rodríguez de Mendoza	Pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Muy alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	Inundación fluvial en terrazas bajas debido al incremento del caudal y desborde del río Shocol por obstrucción de los tragaderos, debido a la tala de árboles. El agua alcanza alturas de 2,5 m.	Afectaría aproximadamente 21 a 35 viviendas de los poblados de Milpuc, Chirimoyo y Zocio. Pérdida de 17 ha de tierra de cultivos de pan llevar, pastos, frutales, etc.
Rio Grande, Huambo, Rodríguez de Mendoza.	Pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Áreas susceptibles a inundaciones fluviales debido a las crecidas ocasionales o extraordinarias del río, que sobrepasan el nivel de las terrazas (cubiertas por abundante vegetación), inundando ambas márgenes del río, siendo de curso principal meándrico. Esta área es parte del valle del Huayabamba.	Afecta un área de 50 000 m ² , zonas agrícolas.
Valle Huayabamba, Totora, Rodríguez de Mendoza.	Pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Bajo Vulnerabilidad = Bajo Riesgo estimado = Bajo	Inundación fluvial debido al incremento del caudal y desborde del río San Antonio, que presenta una pendiente longitudinal menor de 5°. Existen evidencias de depósitos de flujos en las quebradas que drenan sus aguas al valle, lo que significa que podrían ocurrir huaycos o flujos de detritos.	Afecta zonas agrícolas, como cultivos de plátanos, café, lenteja y frejol. Podrían ser afectadas las viviendas ubicadas en las márgenes de los cauces de las quebradas que desembocan al valle.
Shuco, Longar, Rodríguez de Mendoza.	Pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Muy alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	Área susceptible a la ocurrencia de inundación fluvial en terrazas bajas, de 2,50 m de altura. Puede ocurrir cuando se incrementa el caudal y se desborda el cauce de la quebrada Shucuyacu, que presenta una pendiente longitudinal menor de 5°, con una extensión aproximada de 8 000 m ² .	Podrían ser afectadas las viviendas construidas en las márgenes del cauce de quebrada. (pueblo de Shuco). Podría afectar cultivos de plátano, yuca, café, entre otros.

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Calificación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Puente Cochamal, Cochamal, Rodríguez de Mendoza.	Pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas (pluviosidad alta).	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Área susceptible a la ocurrencia de inundación fluvial en terrazas bajas, de 3 m de altura. Puede ocurrir cuando se incrementa el caudal y se desborda el cauce de la quebrada Jacinta, que presenta una pendiente longitudinal menor de 10°.	Serían afectadas las viviendas construidas en las márgenes del cauce de la quebrada.
Nogalcucho, San Juan de Lopecancha.	Pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Alto	El área es susceptible a la ocurrencia de flujo de detritos, huaycos, erosión e inundación fluvial. La población de Nogalcucho está asentada sobre depósitos dejados por flujo de detritos excepcionales, el cual se encuentra en la intersección de los ríos Mangalpa y Utcubamba.	Podría afectar a las viviendas del poblado y un centro educativo.
Caserío Tayunsa, Nieva, Condorcanqui.	Pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Inundación fluvial en terrazas bajas, con 3 m de altura, siendo la pendiente longitudinal del río menor de 2°. En tiempo de fuerte crecida las aguas podrían llegar a inundar hasta 2 m sobre el nivel de la terraza.	Alrededor de 50 viviendas están propensas a ser inundadas.
Barrio La Tuna, Nieva, Condorcanqui.	Pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	Inundación fluvial en terrazas bajas de 1 m de altura, en avenida excepcional la altura del agua llega a los 2 m, siendo la pendiente longitudinal del río menor de 5° y su curso meándrico. En las márgenes del río ocurre erosión fluvial, lo que debilita el terreno.	En caso de producirse inundación, el 80 a 90% de las viviendas serían afectadas.
Plantán, Nieva, Condorcanqui.	Pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Inundación fluvial en terrazas bajas de 3 m de altura; en tiempo de fuertes precipitaciones pluviales las aguas podrían llegar a inundar hasta 0,50 m sobre el nivel de la terraza.	En la margen izquierda del río Chingaos hay 100 viviendas, un puesto de salud y centros educativos que podrían ser afectados por inundaciones fluviales.

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Calificación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
C.P. Uracusa, Nieva, Condorcanqui.	Pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Inundación fluvial en terrazas bajas de 1 m de altura, en tiempos de fuertes precipitaciones pluviales las aguas llegan a inundar hasta 1,50 m sobre el nivel de terraza, siendo el curso principal del río meándrico.	La erosión fluvial en la margen derecha del Marañón causa pequeños derrumbes que afectan al poblado de Uracusa, algunas de las viviendas están construidas sobre pilotes de madera o de cemento. Afecta zonas rurales y agrícolas.
El Muyoc, Aramango, Bagua.	Pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Área susceptible a inundaciones fluviales, ocurre erosión fluvial en la margen derecha del río Marañón, presenta una longitud erosionada de 500 m.	Puede afectar a cinco viviendas.
Barrio La Bombonera, Imaza, Bagua.	Pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Área susceptible a inundaciones fluviales, en terrazas bajas de 3 m de altura. En avenida excepcional se inunda hasta 1 m sobre el nivel de la terraza, siendo la pendiente longitudinal del río menor de 10°, y su curso meándrico. En las márgenes del río ocurre erosión fluvial, causando pequeños derrumbes.	Afectó a la comunidad de Yamayakat y Tenashrun (frente a Imasita). También podría afectar el centro poblado Mesones Muro. La población de Imaza fue afectada por inundaciones fluviales (desborde de las aguas del río Marañón, quebradas Zurita y Tocas) en 1962, 1982 y 1998, inundando la parte baja como el mercado, la loza deportiva y las viviendas.

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Calificación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Bagua Grande, Bagua Grande, Utcubamba.	Pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Muy alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Muy alto	Inundación fluvial en terrazas bajas de 2 m de altura, se puede observar grandes playas de arena debido a la migración del río, siendo de curso principal meándrico. Se observa erosión fluvial que debilita el talud del terreno.	En la margen izquierda del río se ubican pequeñas viviendas que se verían afectadas en caso de producirse un desborde. Afecta zonas agrícolas.
Pongo de Rentema, El Milagro, Utcubamba.	Pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Medio Riesgo estimado = Medio	Inundación fluvial en llanuras y terrazas bajas, en una extensión de 3 500 x 3 000 m aproximadamente. La pendiente longitudinal del río es menor de 10°, siendo el curso principal del río meándrico.	En la zona existen cultivos que se verían afectados en una crecida del río.
La Papaya, El Milagro, Utcubamba.	Pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Llanura de 1 a 2 m de altura, susceptible a inundación fluvial; en avenida excepcional la altura del agua alcanzada es de 1 m, siendo la pendiente longitudinal del río menor de 10° y su curso principal meándrico. Se observa que en las márgenes del río se produce erosión fluvial que debilita el talud del terreno.	El cambio del curso del río, podría afectar las tuberías del oleoducto. Afectó y afectaría cultivos de arroz de los sectores de Papaya Alta y Media, Aviación y Zapote. Incluso los sectores de Huarangopampa, Hacienda Limbo, Pueblo Nuevo y Esperanza.

ANEXO V. Principales áreas afectadas por erosión fluvial

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Calificación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Puerto Rentema, Aramango, Bagua	Substrato de mala calidad muy meteorizado, pendiente del terreno, morfología, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, cortes en el pie de ladera o talud, deforestación.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	El río Marañón erosiona su talud en la margen derecha cuando se produce subida del nivel de agua. En la margen afectada están asentadas varias viviendas que deben ser reubicadas.	Puede afectar nueve viviendas y la carretera de acceso a la provincia de Condorcanqui.
El Salao, Jamalca, Amazonas	Naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	Erosión fluvial, ocurre en ambas márgenes del río. La erosión fluvial causa el debilitamiento del talud inferior de la carretera Fernando Belaunde Terry, se observa hundimientos y agrietamientos. Para detener la erosión han colocado gaviones en pequeños tramos.	Afectaría 1 000 m de carretera y estructuras de la zona urbana de El Salao. Se debe mejorar las obras de defensa ribereña.
Tramo quebrada Toromocho-Nañiaco, Bagua, Utcubamba	Naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, morfología, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, aguas subterráneas: infiltraciones/presión de poros, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Erosión fluvial, ocurre principalmente en la margen izquierda del río Utcubamba, longitud erosionada en tramos discontinuos (2 500 m). La erosión fluvial causa el debilitamiento del talud inferior de la carretera Fernando Belaunde Terry, se observa hundimientos y agrietamientos.	Afecta plataforma de carretera en una longitud de 1 800 m aproximadamente.
Santa Elena (puerto Motupe), Bagua Grande, Utcubamba	Naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Erosión fluvial, ocurre principalmente en la margen izquierda del río Utcubamba, longitud erosionada en tramos discontinuos (1 000 m). La erosión fluvial causa el debilitamiento del talud inferior de la carretera Fernando Belaunde Terry. También se observa deslizamientos, hundimientos y agrietamientos en la plataforma de la carretera.	Afecta plataforma de la carretera y tierras de cultivo.

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Calificación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Quebrada Arenal, Jamalca, Utcubamba	Naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Erosión fluvial, ocurre principalmente en la margen izquierda del río Utcubamba, longitud erosionada en tramos discontinuos (2 150 m). La erosión fluvial debilita el talud inferior de la carretera Fernando Belaunde Terry. También se observa deslizamientos, hundimientos y agrietamientos en la plataforma de la carretera. En el talud superior de la carretera se observa deslizamiento rotacional reactivado con una altura de escarpa de 10 a 20 m.	La erosión fluvial del río Utcubamba produce agrietamientos en la plataforma de la carretera. Afecta terrazas y zonas urbanas.
Puente Imaza, Chisquilla, Bongará	Naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Erosión fluvial en ambas márgenes, longitud erosionada de 100 m.	Afectaría al puente.
Pedro Ruiz, Jazán, Bongará	Naturaleza del suelo incompetente, morfología, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial, ocupación inadecuada del suelo por el hombre.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Erosión fluvial debido al cambio de dirección de río Utcubamba. En la margen derecha se encuentra asentada la capital del distrito de Jazán. La zona también podría ser afectada por las inundaciones fluviales.	Afectaría el talud de la margen derecha del río en una longitud de 1 500 m y a las viviendas asentadas en ella.
Kilómetro 370-200 (carretera Fernando Belaunde Terry), Yambrasbamba, Bongará	Morfología, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial, cortes en el pie de ladera, deforestación.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Erosión fluvial, ocurre en el talud inferior de la carretera, longitud erosionada de 200 m. La zona también es afectada por derrumbes y pequeños deslizamientos discontinuos.	Afecta la margen izquierda, debilitando el talud de carretera.

ANEXO VI. Principales áreas afectadas por erosión de ladera

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Calificación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Cerro Brujo Pata, El Parco, Bagua	Substrato de mala calidad, muy meteorizado, material de renovación antiguo susceptible, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Bajo Vulnerabilidad = Bajo Riesgo estimado = Bajo	Erosión en cárcava, ocurre en areniscas semicompactas, pertenecientes a la formación El Milagro, en el área ocurren pequeños derrumbes y deslizamientos.	Afecta pastizales.
Cerro Tambo Viejo, Balsas, Chachapoyas	Substrato de mala calidad, muy meteorizado, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, cortes en el pie de ladera o talud, deforestación de laderas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Erosión en cárcava, se produce en areniscas del grupo Mitu de manera activa con longitud de 400 m y de 4 a 5 m de profundidad.	La erosión en cárcava afecta tramos de la carretera, pastizales y obras civiles.
Quebrada Santa Lucía, Chachapoyas, Chachapoyas	Naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Bajo Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Bajo	Erosión en cárcava, se produce en areniscas cuarzosas poco consistentes del grupo Goyllarisquizga, con una longitud de 1 250 m, 200 m de ancho y 4 m de profundidad. En las márgenes ocurren replacimientos y pequeños deslizamientos, con longitud de escarpa de 50 m, produciéndose erosión en surco de forma laminar.	Afecta a pequeñas viviendas ubicadas en los alrededores.
Quebrada Chuscare, Lonya Chico, Luya	Substrato de mala calidad, muy meteorizado, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Bajo Vulnerabilidad = Bajo Riesgo estimado = Bajo	Erosión en cárcava, se produce en conglomerados y areniscas poco consolidadas de Formación Inguilpata con 10 m de profundidad aproximadamente.	Afecta pastizales.
Quebrada Soliahuyco, Lonya Chico, Luya	Substrato de mala calidad muy meteorizado, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial (socavamiento del pie de un talud).	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Bajo Riesgo estimado = Medio	Erosión en cárcava, que se produce en conglomerados y areniscas poco consolidadas de la formación Inguilpata, con 30 m de profundidad aproximadamente. Ocurren deslizamientos, derrumbes y erosión laminar.	Afecta pastizales.

Paraje o Sector/Distrito/Provincia	Causas o Factores Desencadenantes	Calificación del Riesgo	Comentario Geodinámico	Daos Ocasionados o Probables
Quebrada. Yojamal, Lonya Chico, Luya	Substrato de mala calidad muy meteorizado, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial (socavamiento del pie de un talud).	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Bajo Riesgo estimado = Medio	Erosión en cárcava, se produce en conglomerados y areniscas poco consolidados de la formación Inguillpata, con 25 m de profundidad aproximadamente.	Afecta cultivos.
Cerro Marayurco, Inguillpata, Luya	Substrato de mala calidad, muy meteorizado, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial (socavamiento del pie de un talud).	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Erosión en cárcava, se produce en conglomerados y areniscas poco consolidadas de la formación Inguillpata con 15 m de profundidad, se encuentra en proceso de ensanchamiento.	Afecta cultivos y pastizales.
Cerro Pucara, Colcamar, Luya	Substrato de mala calidad, muy meteorizado, alternancia de rocas de diferente competencia, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Bajo Vulnerabilidad = Bajo Riesgo estimado = Bajo	Erosión en cárcava, se produce en areniscas cuarzosas intercaladas con limolitas y limoarcillas poco consistentes del grupo Goyllarisquizga, con 20 m de profundidad.	Afecta cultivos y pastizales.



Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

Av. Canadá 1470, San Borja, Lima 41, Perú

Teléfono: 051-1-618-9800

Fax: 051-1-225-3063 / 051-1-225-4540

[http: www.ingemmet.gob.pe](http://www.ingemmet.gob.pe)

e-mail: informaciongeocientifica@ingemmet.gob.pe