



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Instituto Geológico Minero
y Metalúrgico - INGEMMET

INGEMMET

Riesgo Geológico en la Región La Libertad

Boletín N° 50 Serie C
Geodinámica e Ingeniería Geológica



Por:

Lucio Medina Allcca

Griselda Luque Poma

Walter Pari Pinto

Lima, Perú
2012



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Instituto Geológico Minero
y Metalúrgico - INGEMMET

INGEMMET

Riesgo Geológico en la Región La Libertad

Boletín N° 50 Serie C
Geodinámica e Ingeniería Geológica



Por:

Lucio Medina Allcca

Griselda Luque Poma

Walter Pari Pinto

Lima, Perú
2012

SERIE C: GEODINÁMICA E INGENIERÍA GEOLÓGICA,
N° 50, 2012

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú
N° 2012-15985

Razón Social: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
(INGEMMET)

Domicilio: Av. Canadá N° 1470, San Borja, Lima, Perú
Primera Edición, INGENMET 2012

Se terminó de imprimir el 27 de diciembre del año 2012 en los
talleres de INGENMET.

© **INGEMMET**

Derechos Reservados. Prohibida su reproducción

Presidente del Consejo Directivo: Susana Vilca
Secretario General: Wens Silvestre

Comité Editor: Susana Vilca, Lionel Fidel, Víctor Carlotto,
Jorge Chira, Giovanna Alfaro

Dirección encargada del estudio: Dirección de Geología
Ambiental y Riesgo Geológico

Unidad encargada de edición: Unidad de Relaciones
Institucionales.

Corrección Geocientífica: Ricardo Aniya
Digitalización y SIG: Samuel Lu
Corrección gramatical y de estilo: Tatiana Noriega
Diagramación: Zoila Solis

Portada:

Referencia bibliográfica

Medina, L., Luque, G. & Pari, W. (2012) - Riesgo geológico en la
región La Libertad. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e
Ingeniería Geológica*, 50, 233 p., 9 mapas.

Contenido

RESUMEN	1
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	5
Por Lucio Medina Allcca	
CAPÍTULO II	
ASPECTOS GENERALES DE LA REGIÓN LA LIBERTAD	9
Por Griselda Luque Poma	
CAPÍTULO III	
ASPECTOS LITOLÓGICOS	27
Por Lucio Medina	
CAPÍTULO IV	
HIDROGRAFÍA SUPERFICIAL	37
Por Griselda Luque	
CAPÍTULO V	
ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS	49
Por Gerson Cotrina Chávez	
CAPÍTULO VI	53
CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO	53
Por Griselda Luque	
CAPÍTULO VII	
EVALUACIÓN DE PELIGROS NATURALES	75
Por Lucio Medina y Griselda Luque	
CAPÍTULO VIII	127
SUSCEPTIBILIDAD A LOS PELIGROS	127
Por Lucio Medina Allcca	
CAPÍTULO X	
ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE PROBLEMAS GEODINÁMICOS	177
Por Lucio Medina Allcca	
BIBLIOGRAFÍA	195
ANEXOS	199
Anexo I Principales áreas afectadas por caídas	201
Anexo II Principales áreas afectadas por deslizamientos	205
Anexo III Principales áreas afectadas por flujos	210

Anexo IV Principales áreas afectadas por movimientos complejos	222
Anexo V Principales áreas afectadas por reptación de suelos	223
Anexo VI Principales áreas afectadas por erosión fluvial	224
Anexo VII Principales áreas susceptibles a inundación	226
Anexo VIII Principales áreas afectadas por arenamiento	227
Anexo IX Principales áreas afectadas por erosión de ladera	229
Anexo X Principales áreas afectadas por erosión de marina	230

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo proporcionar información básica sobre los peligros geológicos por procesos de movimientos en masa y geohidrológicos existentes en la región La Libertad.

La región La Libertad se encuentra situada en la zona norte y occidental del país. Cubre una superficie de 25 500 km² y representa el 2.0 % del total nacional. Su territorio abarca las tres regiones naturales (costa, sierra y selva); sin embargo, el 80 % de su área superficial es esencialmente andino. Las altitudes oscilan entre el nivel del mar y los 4700 m. s. n. m.

La población, en el 2007, alcanzaba 1 617 050 habitantes. Representa el 5.9 % del total de la población censada del país; de este porcentaje, el 50.6 % lo conforma la población femenina. La tasa promedio anual de crecimiento, en el periodo intercensal 1993-2007, es de 1.7 %, por debajo de la registrada en los periodos 1940-61, 1961-72, 1972-81 y 1981-93, que fue de 2%; 2.8%; 2.5 % y 2.2 %, respectivamente.

La población es principalmente urbana (75.4 %) y se localiza en las ciudades de la costa, principalmente, en la provincia de Trujillo, la cual concentra el 50.2 % de la población total departamental. Según la información censal del Inei, la población rural viene disminuyendo gradualmente: 40.8 % en 1972; 31.5 % en 1993; y 24.6 % en 2007.

Litológicamente, la región está cubierta por afloramientos del sustrato rocoso conformados, especialmente, por rocas sedimentarias (26.84 %). Dichos afloramientos se ubican principalmente en la zona central de la región. Les siguen en porcentaje los depósitos inconsolidados con 25.58 %, distribuidos en los valles fluviales, glaciares, laderas y planicies costaneras; las rocas volcánicas con 19.39 %, distribuidas en la zona central de la región, que abarcan las provincias de Otuzco, Julcán y Santiago de Chuco; las rocas intrusivas con 16.9 %, distribuidas en el lado occidental de la región; finalmente, se tiene a las rocas metamórficas con 7.58 %, distribuidas en el lado oriental (en ambos márgenes del río Marañón), y a las rocas volcánicas sedimentarias con 4.42 %.

La cordillera de los Andes divide a la región La Libertad hidrográficamente en dos vertientes principales: la vertiente de Pacífico y la vertiente del Atlántico, las cuales drenan sus aguas hacia el océano Pacífico y el océano Atlántico, respectivamente;

así, se constituye la divisoria continental de las aguas. La red hidrográfica de la región está constituida por diez cuencas hidrográficas, de las cuales siete vierten sus aguas al océano Pacífico (Chamán, Jequetepeque, Chicama, Moche, Virú, Chao, y Santa) y tres drenan en el Atlántico (Crisnejas, Alto Marañón y Alto Huallaga).

Las unidades geomorfológicas de la región La Libertad están relacionadas a procesos erosivos y de control litológico estructural, así como también por la depositación de material removido (acumulaciones de depósitos de piedemonte, fluvio-glaciales, etc.), asociación morfogenética (fluvial, aluvial, glacial y gravitacional), que permitió establecer las unidades geomorfológicas, identificando dos grandes unidades geomorfológicas: las geoformas de carácter tectónico-degradacional y erosional (74.70 %) y las geoformas de carácter deposicional o agradacional (25.30 %). Además de la clasificación geomorfológica, se ha realizado el análisis de la pendiente de los terrenos, el mismo que se diferencia en seis unidades: terrenos llanos (11,28%), pendiente suave (11,83 %), pendiente moderada (20,37 %), pendiente fuerte (11,27 %), pendiente escarpada (44,25 %) y terreno muy escarpado (1,00 %).

Los registros históricos descritos en los informes técnicos del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (Ingemmet), los reportes de emergencias del Indeci e información periodística muestran que, en el siglo pasado, ocurrieron procesos de movimientos en masa, con mayores o menores daños, en los años 1600, 1925, 1946, 1970, 1977, 1983, 1994, 1998, 2000, 2001, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2009. También se cuenta con registros de inundaciones ocurridas durante el fenómeno de El Niño de 1997 y 1998.

En la región La Libertad, se ha identificado un total de 2653 ocurrencias principales de peligros geológicos y geohidrológicos (trabajos de campo y gabinete), de los cuales 899 han sido comprobados durante los trabajos de campo y 1754 han sido interpretados con el apoyo de imágenes satelitales y fotografías aéreas. Como ejemplo, se pueden citar los eventos ocurridos en la provincia de Pataz: deslizamiento antiguo de Pias, deslizamiento activo de Auyos-Asia y movimiento complejo de Bellavista.

Según el análisis estadístico simple, podemos mencionar que los peligros geológicos por procesos de movimientos en masa (caídas,

deslizamientos, flujos, movimientos complejos y reptación de suelos) representan el 87 % del total de ocurrencias, seguido por el grupo de otros peligros geológicos (arenamiento, erosión de ladera y erosión marina) con 11 % y, finalmente, los peligros geohidrológicos (inundación y erosión fluvial) con 2 %. Según el análisis porcentual de ocurrencias a nivel de provincias de la región, se tiene lo siguiente: Pataz 23.2 %; Sánchez Carrión 14.8 %; Virú 14.4 %; Ascope 12.4 %; Santiago de Chuco 6.6 %; Otuzco 6.4 %; Gran Chimú 5.9 %; Bolívar 5.7 %; Trujillo 4.7 %; Chepén 3.7 %; Pacasmayo 2.1 %; y, por último, Julcán con 0.1 % de ocurrencias.

El estudio sísmico indica que se han producido sismos con intensidades máximas, entre VI y X en la escala modificada de Mercalli, con magnitudes de hasta 7.8 Ms en la escala de Richter. Según Silgado (1978), la sismicidad histórica ha registrado dos grandes terremotos desde 1500 a 1959 en la región de La Libertad: el del 14 de febrero de 1619 con magnitud 7.8 Ms y el del 10 de noviembre de 1946 con magnitud 7.0 Ms.

Según el factor detonante de sismicidad, para un 10 % de excedencia, y para una recurrencia de 30, 50 y 100 años, a la región le correspondería la categoría de Alta a Muy alta sismicidad. Se espera aceleraciones (a) que oscilan entre $265 > a > 425$ gals, con valores asignados correspondientes a 3 y 4.

Las cartas de inundación por *tsunamis*, confeccionadas por la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, permiten realizar un análisis real y efectivo de cada localidad costera estudiada. Esta herramienta será útil para la preparación de planes de emergencia y posterior realización de simulacros de evacuación de la población, con el objeto de mitigar los efectos del *tsunami* y, por consiguiente, reducir los daños materiales y pérdidas de vidas humanas. Además, se propondría un crecimiento urbano ordenado y seguro de las zonas costeras bajas de la región La Libertad, que son vulnerables a este tipo de fenómenos.

Para el análisis de la susceptibilidad a los movimientos en masa (deslizamientos, flujos, caídas entre otros), se prepararon mapas temáticos de litología, pendientes, geomorfología, hidrogeología y cobertura vegetal. Luego, se aplicó el método de ponderación de factores (método heurístico, indirecto y cualitativo).

En el análisis de la susceptibilidad a movimientos en masa, se consideró cinco categorías, las cuales se mencionan a continuación:

1. Muy alta susceptibilidad. Se concentra, principalmente, donde ocurrieron deslizamientos en el pasado o reactivaciones recientes, ya sean deslizamientos, derrumbes o movimientos complejos. Está concentrada donde el sustrato rocoso es de mala calidad, es decir, rocas sedimentarias clásticas (areniscas, cuarcitas, lutitas, lutitas carbonosas) y depósitos de vertiente (coluvio-deluviales),

morfologías de laderas de montañas de moderada a muy fuerte pendiente (entre 25° y mayores de 45°). La distribución de zonas principales con muy alta susceptibilidad se encuentra en ambos márgenes de los ríos Cajas, Cajón, Marañón; en cuencas medias y altas del río Chicama; y en cuenca media de los ríos Moche, Virú, Chao y Santa.

2. Alta susceptibilidad. Corresponde a áreas donde la mayoría de las condiciones del terreno es favorable para generar movimientos en masa, principalmente, cuando se modifican sus taludes. Generalmente, compromete sustratos rocosos sedimentarios compuestos por la intercalación de diferente tipo de litología (areniscas, conglomerados, limolitas, arcillitas; zonas con esquistos, pizarras, limoarcillitas y carbón), rocas intrusivas muy meteorizadas de la Cordillera Occidental, montañas con laderas de moderada a suave pendiente, laderas estructurales y lomadas muy disectadas. Los terrenos en este rango de susceptibilidad varían entre 15° y 25°, y, en algunos casos, hasta 45°. Se encuentra ampliamente distribuida en la cuenca alta del río Alto Huallaga (río Mishollo), y en la cuenca alta y media de los ríos Chaman, Jequetepeque, Chicama, Moche, Virú, Chao, Santa y Crisnejas.

3. Moderada susceptibilidad. Corresponden a zonas donde se presentan algunas condiciones favorables para generar movimientos en masa. Incluye geoformas de colinas estructurales, lomadas, abanicos y mesetas volcánicas. La pendiente de los terrenos varía entre 5° y 25°. Estas áreas con susceptibilidad moderada a los movimientos en masa, se encuentran distribuidas principalmente en la cuenca alta de los ríos Moche, Virú, Chao, Santa, y en los alrededores de los poblados de Chugay, Marcabal, Huamachuco, Quiruvilca, Caramarca y Santiago de Chuco.

4. Baja susceptibilidad. Corresponde a áreas que coinciden con las superficies llanas a ligeramente inclinadas (de 1° a 5°). Dichas áreas incluyen geoformas de terrazas altas, algunas zonas de abanicos, monte islas, colinas, planicie costanera, colinas con laderas estructurales y algunas laderas de montañas de moderada a suave pendiente. Las áreas con baja susceptibilidad están situadas en la cuenca alta y baja de los ríos Moche, Virú, Chao, Santa y Crisneja; en la cuenca baja del río Chamán, Jequetepeque y Chicama; y en sectores de explanadas eólicas, y terrazas aluviales entre las provincias de Chepén y Virú.

5. Muy baja susceptibilidad. Corresponde a terrenos muy llanos con pendientes menores a 1°. Dichos terrenos se relacionan con geoformas de depósitos eólicos y playas, colinas y montañas. Litológicamente, corresponden a terrenos permeables (depósitos fluviales y aluviales, algunos fluvio-glaciales). Podrían ser afectados por procesos que ocurren en sus franjas marginales, como obstrucciones o cierres de valle por flujos e inundaciones. La susceptibilidad muy baja a los procesos de movimientos en masa

ocupa las partes inferiores de los valles principales de la vertiente Pacífica.

Con respecto a la susceptibilidad a inundaciones y erosiones fluviales, se consideró cuatro categorías. La primera es la categoría de **Alta susceptibilidad**, que corresponde a llanura de inundación ocasional a excepcional de los ríos principales de la vertiente Pacífica en las cuencas de los ríos Loco Chamán, Jequetepeque, Chicama-Chuquillanqui, Moche, Virú-Las Salinas-Huacapongo, Chao-Huamansaña-Huaraday y Santa. También son áreas de alta susceptibilidad a inundaciones las márgenes del río Marañón. En segundo lugar, se encuentra la **Susceptibilidad media**, que corresponde principalmente a la vertiente Pacífica, adyacente a la llanura de inundación, terrazas, paleocauces o cauces antiguos. También son áreas de susceptibilidad media a inundación los terrenos levemente inclinados, mal drenados. En tercer lugar, se encuentra la **Susceptibilidad baja**, que corresponde a terrazas medias y altas, y a abanicos proluviales y deluviales levemente inclinados, mal drenados. Estas áreas podrían ser inundadas solo

con lluvias excepcionales cuando se produce el fenómeno de El Niño, por ejemplo. Finalmente, la cuarta categoría es la **Susceptibilidad muy baja a nula**, que corresponde a laderas de montañas y colinas, vertiente de laderas inclinadas y cóncavas; terrazas o antiguos abanicos elevados.

Las zonas críticas son áreas o lugares que, luego de la evaluación realizada en campo de las características geológico-geotécnicas, tipo, frecuencia y daños producidos por los procesos naturales que causan desastres, entre otros factores, se consideran más peligrosos geológicos potenciales. En la región La Libertad, se han indentificado un total de 82 zonas críticas. La mayor cantidad de estas zonas se ubican en la provincia de Otuzco (19), seguida por las provincias de Chepén (11), Sánchez Carrión (11), Pataz (10), Virú (7), Gran Chimú (6), Santiago de Chuco (5), Ascope (4) y las provincias de Pacasmayo, Trujillo, Bolívar con 3 zonas cada una.

Finalmente, se proponen algunas alternativas para el manejo de los problemas generados por los movimientos de masa en la región.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

POR LUCIO MEDINA ALLCCA

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, las poblaciones, vías de comunicación, infraestructura hidráulica, etc. Esto genera altos costos en los trabajos de recuperación de las zonas afectadas. Se suman a estas consecuencias, la pérdida de vidas humanas y pérdidas económicas, así como la interrupción de las actividades socio-económicas y comerciales. Por esta razón, se consideran muy importantes su reconocimiento y evaluación.

El 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 de realizar estudios hidrogeológicos y brindar apoyo a las comunidades.

En el marco de estas funciones, en el 2008, se realizó el estudio «Riesgo Geológico en la región La Libertad», el cual busca evaluar los problemas de geodinámica externa (peligros geológicos por movimientos en masa y peligros geohidrológicos) que afectan a la región en mención.

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

Este trabajo contribuye al conocimiento de los aspectos físicos, la ubicación de zonas críticas y la susceptibilidad a los peligros geológicos por procesos de movimientos en masa a los que se encuentran expuestos centros poblados y 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 La Libertad han tratado temáticas de geología, geodinámica, geotecnia, protección ambiental y recursos naturales.

Se utilizaron los siguientes trabajos de investigación de carácter técnico con información valiosa y provechosa para elaborar el presente informe:

- *Estudios de geología regional* efectuados por Ingemmet entre los años 1964 y 1998. En ellos se anexan mapas geológicos realizados a escala 1:100 000, donde se determinan los tipos de rocas, sus edades y las potencialidades como recursos minerales;
- *Estudio geoambiental de la cuenca de los ríos Jequetepeque y Loco de Chamán* (Vilchez, M. et ál., 2007);
- *Estudio geodinámico de la cuenca del río Moche, departamento de La Libertad* (Dávila, S. et ál., 1994);
- *Estudio geodinámico de la cuenca del río Santa, departamentos Áncash y La Libertad* (Dávila, S. et ál., 1989).

También se usaron informes de inspecciones técnicas, tesis de universidades, reportes periodísticos, información del Proyecto Especial CHAVIMOCHIC del Gobierno Regional de La Libertad, entre otros.

ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

El alcance principal de este estudio es la evaluación de la susceptibilidad a los peligros geológicos y geohidrológicos en La Libertad. 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.

Se ha tenido como limitante principal la poca disponibilidad de fotografías aéreas actualizadas. Únicamente se ha contado con fotografías de los años 1961, 1962 y 1963.

OBJETIVOS

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

Los objetivos específicos son los siguientes:

1. Cartografiar, inventariar y caracterizar los peligros geológicos, geohidrológicos y otros peligros naturales;
2. Obtener información básica sobre el origen, las causas y los efectos de los peligros geológicos en la región;
3. Analizar la actividad sísmica histórica en la región;
4. Elaborar mapas de susceptibilidad a los peligros geológicos y geohidrológicos;
5. Identificar las zonas críticas por peligros geológicos en la región, para obtener alcances de la vulnerabilidad de la población e infraestructura ante la posible ocurrencia de peligros naturales;
6. Generar información geocientífica que contribuya a los planes de ordenamiento territorial y gestión del riesgo local y que permita a las autoridades y la población implementar planes de prevención de desastres;
7. Involucrar, comunicar y sensibilizar a la población en la temática de los peligros naturales, informándoles acerca de 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 las siguientes etapas:

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

Campo:

Los trabajos de campo consistieron en visitas técnicas (75 días) a la región de La Libertad. En dichas visitas, se realizaron las siguientes actividades:

- Inventario, caracterización y cartografiado de los peligros geológicos, geohidrológicos y otros peligros naturales en hojas topográficas a escala 1:50 000;
- Evaluación de la seguridad física de centros poblados, obras de ingeniería no lineales y determinación de zonas críticas;
- Caracterización de unidades litológicas y unidades geomorfológicas;
- Comunicación con comunidades (difusión del estudio y sensibilización a la población y autoridades sobre la temática de prevención de desastres), el cual se llevó a cabo en coordinación con las autoridades de la Municipalidad Provincial de Otuzco.

Gabinete II:

Los trabajos de gabinete II consistieron en las siguientes etapas:

- Procesamiento y depuración de datos según la comparación de la información obtenida en las etapas 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 (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.

UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

La región de La Libertad se encuentra situada en la zona norte y occidental del país. Cubre una superficie de 25 500 km² y representa el 2.0 % del total nacional. Su territorio abarca las tres regiones naturales (costa, sierra y selva); sin embargo, el 80% de su área superficial es esencialmente andino. Las altitudes oscilan entre el nivel del mar y los 4700 m s. n. m. (cerro Apushalla, sureste del distrito de Chillia).

Sus límites son, por el norte, los departamentos de Lambayeque, Cajamarca y Amazonas; por el este, el departamento de San Martín; por el sur, los departamentos de Huánuco y Áncash; y por el oeste, el océano Pacífico (ver fig. 1.1).

El acceso desde la ciudad de Lima hasta la capital del departamento (ciudad de Trujillo) se puede realizar por vía aérea y por vía

terrestre. Esta última se recorre a través de la vía asfaltada Panamericana Norte.

La accesibilidad por vía terrestre hacia el interior de la región La Libertad es limitada y accidentada, lo que indica que es necesario hacer el mantenimiento periódico de las vías que interconectan los pueblos y ciudades importantes.

Las vías terrestres más transitadas son las carreteras asfaltadas Trujillo-Otuzco, Trujillo-Huamachuco y las carreteras afirmadas Chicama-Cascas, Otuzco-Santiago de Chuco, Otuzco-Julcan, Otuzco- Huamachuco-Tayabamba, las cuales requieren de mantenimiento constante para garantizar su transitabilidad.

Por vía aérea, desde Trujillo, se accede al interior de la región mediante vuelos restringidos a la Fuerza Aérea del Perú y a empresas privadas (empresas mineras).

PARTICIPACIÓN

En el presente estudio, participaron los siguientes profesionales en Ingeniería de la DGAR del Ingemmet:

- Lucio Medina Allcca (jefe de proyecto) y Griselda Luque Poma (asistente), especialistas en evaluación de peligros geológicos

por procesos de movimientos en masa para el ordenamiento territorial.

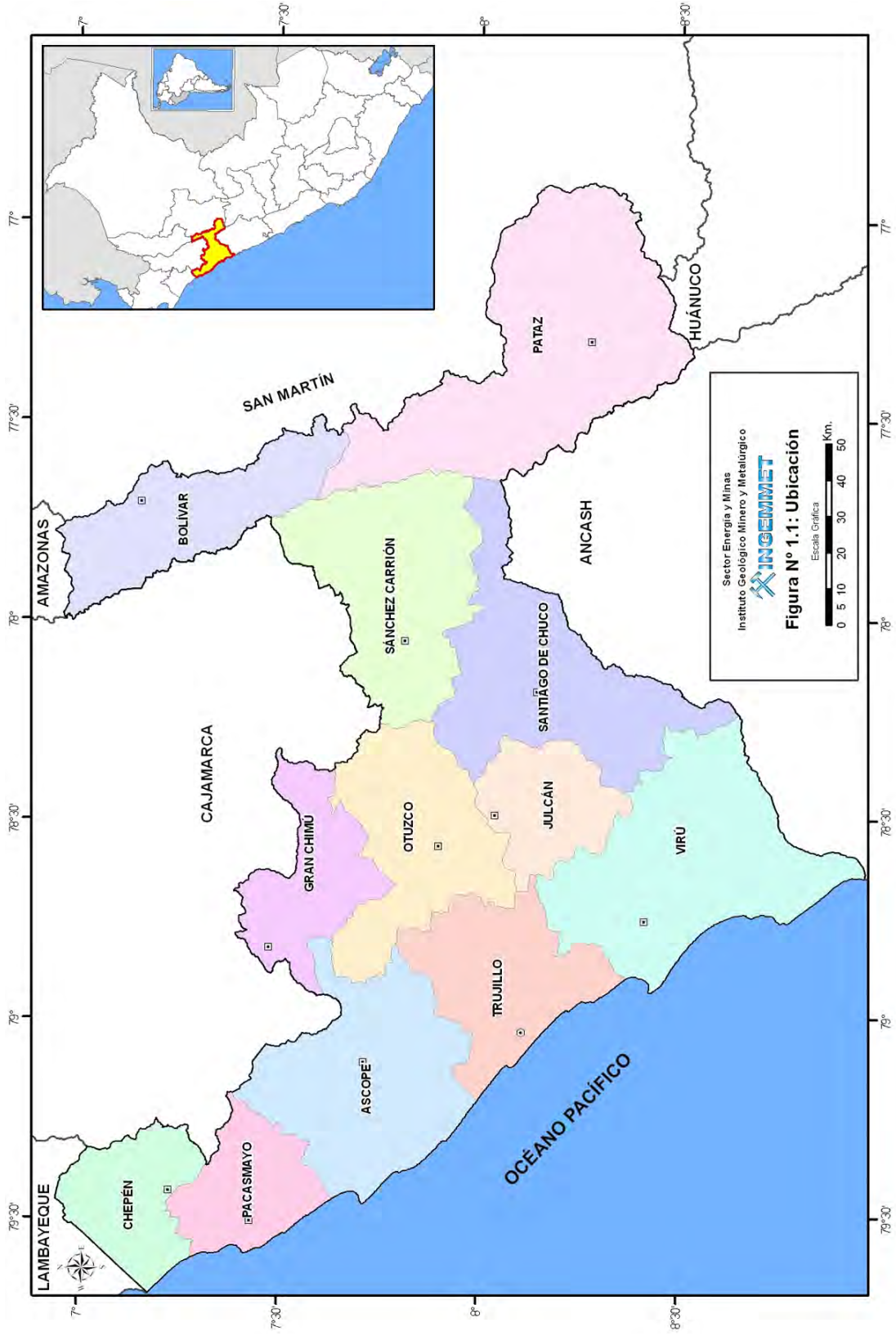
Se contó con el apoyo de Gerson Cotrina Chávez, encargado del estudio hidrogeológico, y de Walter Pari Pinto, encargado del análisis del peligro sísmico.

La digitalización, la preparación y la impresión de los mapas temáticos fueron realizadas por Samuel Lu León y profesionales en sistemas de información geográfica (SIG) de la Oficina de Cartografía.

AGRADECIMIENTOS

Ingemmet hace extensivos sus agradecimientos al secretario técnico provincial de Defensa Civil de Otuzco, a las autoridades de la Municipalidad Provincial de Otuzco y del Gobierno Regional de La Libertad, y a todos los profesionales que realizaron estudios anteriores en la región, cuya información ha sido valiosa en la elaboración de este trabajo.

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



CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LA REGIÓN LA LIBERTAD

POR GRISELDA LUQUE POMA

OCUPACIÓN HUMANA: PRIMEROS POBLADORES DE LA REGIÓN LA LIBERTAD

La ocupación humana en la región La Libertad está presente desde tiempos ancestrales, habiéndose encontrados grupos prehispánicos más importantes de la zona norte, grandes civilizaciones como las culturas Mochica, Chicama y Virú, de las cuales existen hasta la actualidad evidencias tales como trabajos en cerámicos y restos arqueológicos (ciudadelas, templos, etc.). A continuación, en base a la información publicada en el Atlas Geográfico...t.2, 2009, se presenta un breve resumen de las evidencias de ocupación antrópica encontradas dentro de la región Libertad.

Primeras culturas liberteñas

Si bien en el territorio que hoy conocemos como La Libertad se desarrollaron varias culturas prehispánicas, como la Chavín, podemos aislar cinco importantes culturas anteriores a la llegada de los españoles: la Cupisnique, la Salinar, la Virú-Gallinazo, la Moche y la Chimú, todas ellas con puntos de contacto espaciales y temporales, a manera de reinos por momentos coexistentes.

La cultura Cupisnique (900 a.C. -200 d.C.). Tuvo como eje central el valle de Chicama, aunque su zona de influencia se ha localizado entre Ica y Lambayeque. La denominación «Cupisnique» la propuso el estudioso Rafael Larco Hoyle (1939), a partir de estudios in situ.

Entre los principales sitios arqueológicos tenemos el cementerio de Barbacoa, la Huaca de los Reyes o Caballo Muerto, y Palenque. Los objetos cerámicos de esta cultura tienen forma esférica y asa estribo, una característica que otras culturas posteriores adoptaron. En una primera etapa predominan los colores oscuros, con poca decoración; en su fase posterior, los tonos son anaranjados y encendidos.

En un segundo momento se ubica la cultura Salinar (500 a.C. -100 a.C). Las características fundamentales de esta se confunden con las de Vicús, Huaraz temprano y Cajamarca inicial. Tuvo su base de desarrollo en los valles de Chicama, Moche y Virú y, por la naturaleza de sus construcciones y los ajuares funerarios hallados, se presume que se trató de una civilización guerrera. Los sitios más conocidos son Sausal, Santa Ana y Cerro Arena, en la ribera

del río Moche. Su cerámica es más compleja y vistosa que la de la cultura Cupisnique.

Cultura Virú-Gallinazo (100 a.C.-400 d.C.). Asentada en los valles de los ríos Virú y Chicama, tiene como sus sitios más conocidos la Huaca Gallinazo y el llamado Castillo de Tomabal. Algunos especialistas proponen que los artistas moche utilizaban elementos materiales y estilísticos de la cultura Virú-Gallinazo, en especial de su cerámica, que tiende hacia la escultura en miniatura y evidencia un tratamiento fino en la decoración.

Cultura Moche

Sin duda es la arquitectura ceremonial el elemento más significativo de esta cultura, que se desarrolló entre los años 100 y 800 d.C. Esto es evidente en sitios famosos como las huacas de la Luna y del Sol, y en especial Sipán. A los relieves y frisos suntuosamente decorados, así como a la majestuosidad de las construcciones piramidales que pueblan los valles liberteños, como cerros de adobe, podemos sumar la uniformidad existente en los diversos sitios moche localizados entre Chicama y Huarmey, lo que lleva a pensar en un gobierno estatal fuerte y teocrático.

La cerámica moche es reconocida a nivel mundial por sus famosos huaco retratos y huacos eróticos. Además, deben destacarse las últimas investigaciones sobre leyendas, mitos y sucesos históricos moche, descifrados a partir de la profusa iconografía existente, lo que muestra la importancia de seres míticos y deidades de las creencias de la sociedad moche. Otra característica de este pueblo fue su carácter complejo y expansionista, la guerra y la religión ocupaban un lugar axial en su vida.

Uno de los complejos arqueológicos moche mejor desarrollados, desde el punto de vista arqueológico es El Brujo, nombre que recibió porque era visitado por los brujos o chamanes norteños para practicar sus ritos ancestrales aun en tiempos modernos. Se trata de una plataforma natural de dos kilómetros cuadrados de extensión, ubicada a unos 60 kilómetros de Trujillo, y donde se piensa se hicieron sacrificios. Tiene restos de gran antigüedad, como Huaca Prieta (3000 años a.C.), que fue utilizada por diversas culturas hasta la época colonial, y Huaca Cao Viejo, un conjunto de siete edificios superpuestos en forma de pirámide, una plaza ceremonial y anexos laterales.

Cultura Chimú

Aunque los orígenes de la cultura Chimú se remontan hasta el siglo VIII a.C., su etapa de apogeo expansivo como reino se extiende desde el siglo XIV hasta su caída final a manos del ejército inca, alrededor del año 1470. Esta magnífica cultura fue en su momento la más grande estructura social de su época; tuvo su centro ceremonial y administrativo en Chan Chan, que geográficamente se encuentra casi al centro de lo que abarcó el total de su territorio: desde Tumbes hasta Huarmey.

Parece que la cultura surgió a partir de una pequeña entidad social centralizada en el valle de Moche y su entorno. En un segundo momento sucedió el llamado periodo de expansión, que tuvo como figuras centrales a Gacricur y Naucempico, hijo y nieto, respectivamente, del fundador de toda la cultura, Tacainamo. La leyenda cuenta que el último gobernante, Minchancaman, fue apresado por las tropas incas hacia 1470.

Una de las actividades más productivas de los antiguos chimúes fue la pesca, aunque la agricultura fue la más importante. Hay vestigios de que los antiguos pobladores de esta cultura producían maíz, frijol, maní, ají, algodón, pacay, ciruela, lúcuma, palta y guanábana. Contaban con una extensa red de canales hidráulicos para este propósito, lo que resulta sorprendente en un entorno tan carente de agua como el que caracteriza a la costa peruana.

La sociedad chimú hablaba varias lenguas, siendo mayoritaria la mochica, así como la qunnam, más usada entre los pescadores. Esta sociedad rendía culto a los antepasados. Mantenían lo que se reconoce como «herencia partida», pues se supone que las autoridades y gobernantes eran sepultados con todos sus bienes materiales, mientras que el resto de sus pertenencias era transferido a un grupo de parientes. Por ello, cada nueva generación se veía obligada a reproducir todo el conjunto de joyas, mobiliario y objetos sagrados familiares.

Como muchas sociedades antiguas, la chimú estaba organizada en forma de pirámide, con un ciquic o soberano ocupando la parte más alta. Debajo de este se hallaban los alaec o curacas regionales, seguidos por los fixl, especie de caballeros feudales a cargo de los parang o vasallos. En la última franja o capa, la más amplia, se encontraban los sirvientes. Esta misma estratificación social tenía como base una religión muy fuerte, encabezada por la luna, que se encargaba de marcar los ciclos agrícolas y marinos. Les seguían el Sol, las constelaciones y el mar, así como el mismo monarca, que era visto como una deidad.

La cultura chimú representa el máximo desarrollo de las culturas del norte peruano.

Chan Chan

Conocida como «la ciudad de barro más grande de América» (en su máximo desarrollo tuvo una extensión de 20 kilómetros cuadrados y acogía un aproximado de 30 000 habitantes). Chan Chan es uno de los sitios arqueológicos más importantes del país, declarado por la UNESCO, en 1986. Patrimonio mundial. Se trata de un centro administrativo y de culto religioso construido principalmente de adobe (sobre base de piedra) aunque también se usa caña, totora, madera y paja.

Se cree que los chimúes construyeron esta fabulosa ciudad al decaer la cultura Tiahuanaco-Huari en la primera mitad del primer milenio de nuestra era. En suma, se trata del epitome de un proceso de desarrollo social y urbano en la costa peruana, cuyos orígenes se remontan 10 000 años atrás, con los primeros recolectores de tradición pajanense.

La ciudad de Chan Chan está conformada por una zona nuclear urbana (6 km²), y otra rural (unos 8 km²). La primera está formada por diez ciudadelas, rodeadas por otras edificaciones monumentales, barrios, caminos y templos, recintos, plazas y hasta regiones dedicadas al cultivo de plantas y granos. Estos campos de cultivo en medio del desierto tenían un sistema de autoabastecimiento de agua, ya que durante su construcción los antiguos chimúes habían atravesado ciertas afloramientos de la napa freática o agua subterráneas, las mismas que en la actualidad ponen en peligro esta monumental edificación de barro.

Para el arqueólogo estadounidense Michael E. Moseley, quien se basó en sus investigaciones de sitio, cada uno de los diez conjuntos arquitectónicos que conforma Chan Chan correspondía a cada uno de los gobernantes chimúes, que formaron parte de las sucesivas dinastías. Se dice que cuando iría un gobernante, era enterrado en su propio palacio, junto con sus esposas y concubinas, además de los servidores más fieles. Luego, el bloque completo era sepultado con tierra y arena. El sucesor como es de esperar, tenía que construir su propio palacio, generalmente contiguo al palacio precedente.

CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN

En la región La Libertad, la densidad poblacional es de 63.4 hab/km², muy por encima del promedio nacional (21.3 hab/km²).

Según información del XI censo de población y VI de vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (Inei) el 2007, la región de La Libertad alcanzaba una población de 1 617 050 habitantes, que representaba el 5.9 % de la población total censada en el país y del cual el 50.6 % era población

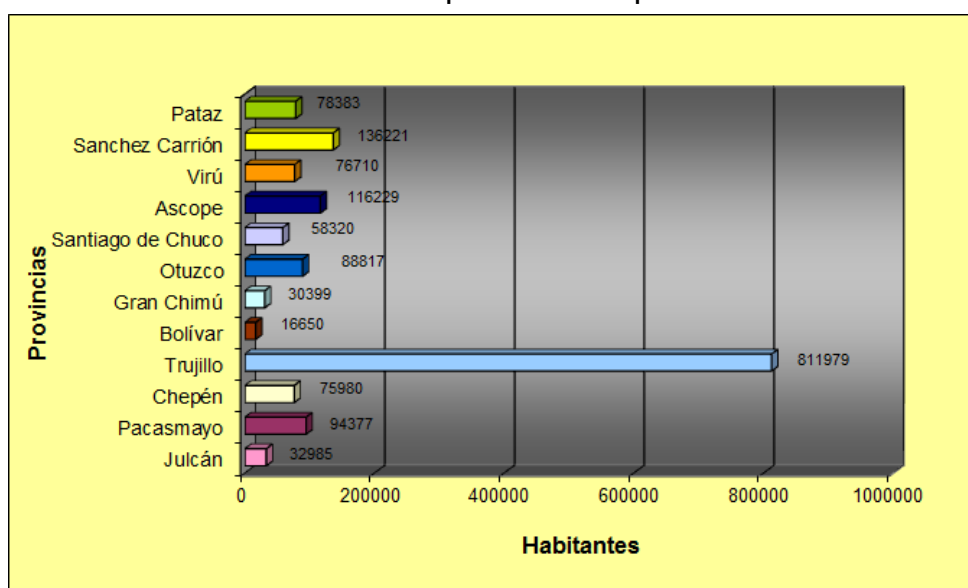
femenina. La tasa promedio anual de crecimiento, en el período intercensal 1993-2007, es de 1.7 %, por debajo de lo registrado en los períodos 1940-1961, 1961-1972, 1972-1981 y 1981-1993, que fue de 2 %; 2.8 %; 2.5 %; y 2.2 %, respectivamente.

La población es principalmente urbana (75.4 %), y se localiza en las ciudades de la costa, principalmente, en la provincia de Trujillo, donde se concentra el 50.2 % de la población total departamental.

De acuerdo con la información censal, la población rural viene gradualmente disminuyendo de 40.8 % en 1972; 31.5 % en 1993; y 24.6 % en el 2007.

Políticamente, se divide en doce provincias y ochenta y tres distritos. Su capital es la ciudad de Trujillo, en la cual se encuentra la mayor concentración poblacional con 811 979 habitantes, que representa el 50.2 % del total (ver gráfico 2.1).

Gráfico 2.1
Distribución de la población a nivel provincia



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, censo 2007.

El análisis de la evolución demográfica de la región de La Libertad pone de manifiesto el progresivo crecimiento de la población en los

últimos 26 años. La tasa de crecimiento intercensal para el período 1981-1993 fue de 2.3 % (ver cuadro 2.1).

Cuadro 2.1
Evolución de la población de la región La Libertad

Provincias	Censo N.º				Tasa de crecimiento		
	1981	1993	2005	2007	1981-1993	1993-2005	2005-2007
Julcán	*	36 797	35 438	32 985	*	-0.0031	-0.0352
Pacasmayo	108 332	78 927	93 973	94 377	-0.0260	0.0146	0.0021
Chepén	*	59 167	71 954	75 980	*	0.0164	0.0276
Trujillo	538 770	631 989	765 171	811 979	0.0134	0.0161	0.0301
Bolívar	13 674	16 814	17 550	16 650	0.0174	0.0036	-0.0260
Gran Chimú	*	*	30 526	30 399	*	*	-0.0021
Otuzco	99 954	112 874	89 056	88 817	0.0102	-0.0196	-0.0013
Santiago de Chuco	65 427	52 991	57 526	58 320	-0.0174	0.0069	0.0069
Ascope	*	108 976	116 684	116 229	*	0.0057	-0.0020
Virú	*	*	67 775	76 710	*	*	0.0639
Sanchez Carrión	84 740	108 300	127 562	136 221	0.0207	0.0137	0.0334
Pataz	53 155	63 426	66 559	78 383	0.0148	0.0040	0.0852
Total	964 052	1 270 261	1 541 779	1 619 057	0.0233	0.0163	0.0248

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (Inei), censo 2007.

* No hay datos registrados.

La región tiene una superficie de 25 499.9 km² y una densidad poblacional de 60.4 hab /km². En el cuadro 2.2, se presentan la superficie y la densidad poblacional a nivel de provincias.

En el cuadro 2.3, se presenta la estructura demográfica de la región La Libertad, clasificada por grandes grupos de edad. Se puede apreciar un importante peso en la población joven. En el 2007, el 31.07% de la población censada era menor de 15 años,

mientras que el porcentaje de población anciana, por encima de los 65 años, era del 6.72%.

La pirámide de población del 2007 ratifica lo anteriormente mencionado, lo que pone de manifiesto una estructura demográfica juvenil para la región de La Libertad, donde el mayor peso de la población se encuentra por debajo de los 24 años y por encima de los 5 años (ver gráfico 2.2).

Cuadro 2.2
Superficies y densidad poblacional a nivel de provincias

Provincia	Superficie (km ²)	Habitantes	Hab./km ²
Julcán	1 284.77	32 985	26
Pacasmayo	1 126.67	94 377	84
Chepén	1 142.43	75 980	67
Trujillo	1 768.65	811 979	459
Bolívar	1 718.86	16 650	10
Gran Chimú	1 284.77	30 399	24
Otuzco	2 110.77	88 817	42
Santiago de Chuco	2 486.38	58 320	23
Ascope	2 655.75	116 229	44
Virú	3 218.74	76 710	24
Sánchez Carrión	2 486.38	136 221	55
Palaz	4 226.53	78 383	19

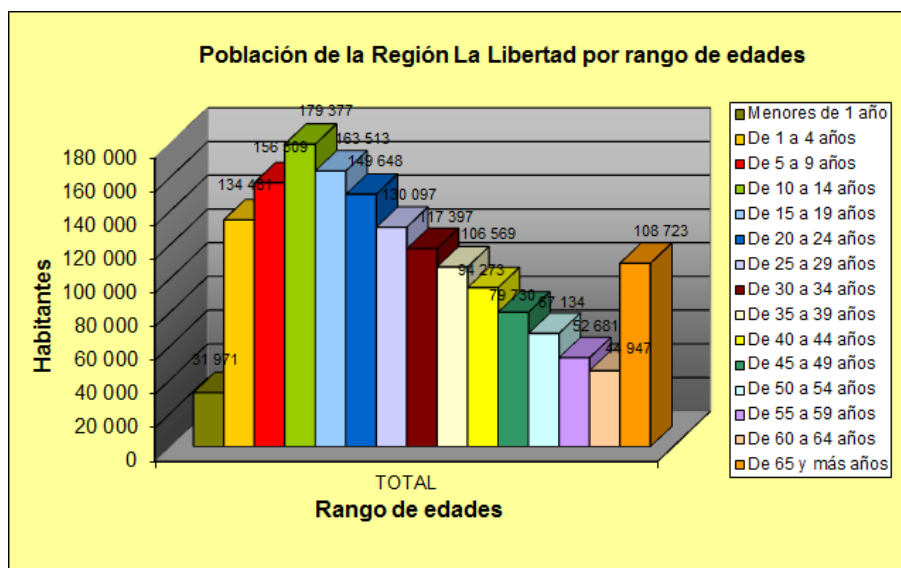
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (Inei), censo 2007.

Cuadro 2.3
Estructura demográfica de la región La Libertad

Provincias	Población joven		Población adulta		65 años a más	
	(<15 años)		(15-65 años)			
	%	N.º hab.	%	N.º hab.	%	N.º hab.
Trujillo	44.12	221 608	53.32	536 367	49.67	54 004
Ascope	6.35	31 923	7.36	73 991	9.49	10 315
Bolívar	1.41	7 061	0.86	8 624	0.89	965
Chepén	4.50	22 607	4.73	47 613	5.30	5 760
Julcán	2.62	13 175	1.75	17 585	2.05	2 225
Otuzco	6.35	31 882	4.99	50 152	6.24	6 783
Pacasmayo	5.38	27 006	5.99	60 283	6.52	7 088
Palaz	6.22	31 255	4.24	42 612	4.15	4 516
Sánchez Carrión	11.56	58 070	7.05	70 893	6.68	7 258
Santiago de Chuco	4.42	22 214	3.19	32 056	3.73	4 050
Gran Chimú	1.99	10 000	1.78	17 928	2.27	2 471
Virú	5.08	25 537	4.76	47 885	3.02	3 288
Dpto. La Libertad	100	502 338	100	1 005 989	100	108 723

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (Inei), censo 2007.

Gráfico 2.2
Estructura poblacional de la región La Libertad



Fuente: Elaborado con datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI, censo 2007.

FACTORES SOCIECONÓMICOS

Contexto social, demográfico y económico

Según la información publicada por el Inei en el 2007, del total de la población censada en la región de La Libertad, el 49.4 % es hombre y el 50.6 % es mujer (ver cuadro 2.4).

La población económicamente activa > 15 años (PEA) para la región es de 559 016 habitantes, de los cuales 384 682 son hombres, que equivalen al 69 % de la región La Libertad, y 174 334 son mujeres, equivalente al 31 % (ver gráfico 2.3).

Cuadro 2.4
Distribución de la población por sexos

Sexo	N.º habitantes
Hombre	799 101
Mujer	817 949

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), censo 2007.

Gráfico 2.3
PEA de la región La Libertad según sexo

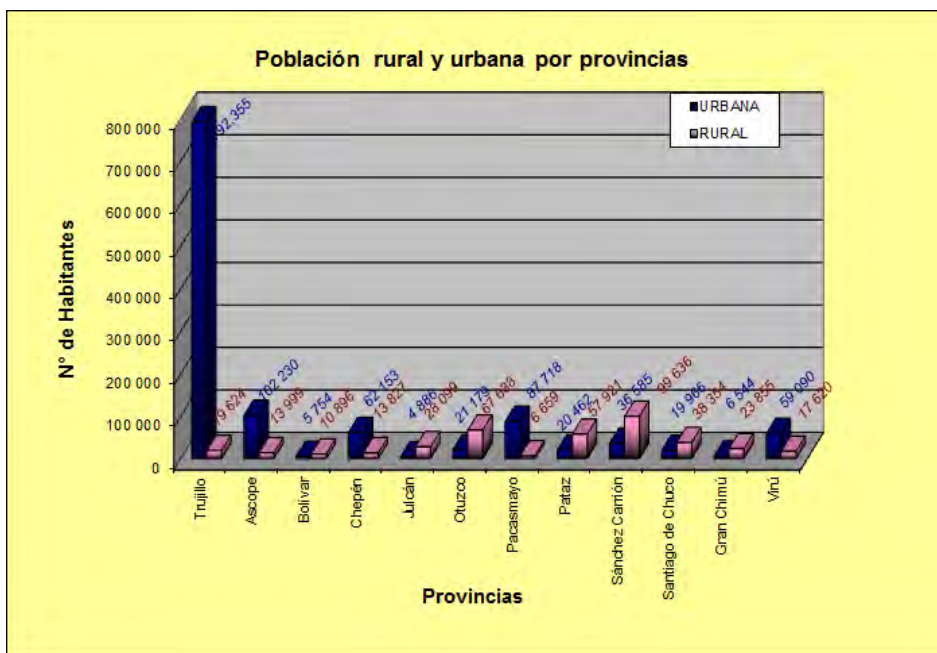


Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI, censo 2007.

Otras de las características demográficas en la región es su fuerte componente urbano. La población que habita en áreas urbanas representa aproximadamente el 75 % de la población total (ver gráfico 2.4).

En cuanto a niveles de analfabetismo presentados por la población, según los datos del censo del 2007, los habitantes entre los 3 y 24 años de edad saben leer y escribir en la región La Libertad (ver gráfico 2.5). Esto representa un gran porcentaje del total de la población.

Gráfico 2.4
Población rural y urbana a nivel de provincias de la región La Libertad



Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI, censo 2007.

Cuadro 2.5
Tipo de vivienda

Departamento y tipo de vivienda	Total	%
Casa independiente	389 970	94%
Departamento en edificio	11 234	3%
Vivienda en quinta	4 690	1%
Vivienda en casa de vecindad	3 469	1%
Choza o cabaña	4 014	1%
Vivienda improvisada	2 122	1%
Local no destinado para hab. humana	502	0%
Otro tipo	63	0%
Dpto. de La Libertad	416 064	100%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI, censo 2007.

En lo que se refiere al acceso a la vivienda, se tiene un total de 107 587 viviendas, de las cuales el 90.63 % de ellas son independientes. Del total de viviendas, el 56.74 % se encuentra en área rural y el 43.26 %, en área urbana (ver cuadros 2.5 y 2.6).

Los servicios básicos con los que cuenta la región de La Libertad se presentan en los cuadros 2.7, 2.8, 2.9 y 2.10.

Cuadro 2.6
Ubicación de viviendas

Categorías	N.º viviendas	%
Área urbana	298 241	72%
Área rural	117 823	28%
Total	416 064	100%

Cuadro 2.7
Disponibilidad de alumbrado eléctrico en viviendas

Categorías	N.º viviendas	%
Dispone de alumbrado de red pública	261 911	71.90%
No dispone de alumbrado de red pública	102 315	28.10%
Total	364 226	100.00%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI, censo 2007.

Cuadro 2.8
Tipo de abastecimiento de agua

Categorías	N.º viviendas	%
Red pública dentro de la vivienda	206 433	57%
Red pública fuera de la vivienda, pero dentro del edificio	22 194	6%
Pilón de uso público	7 044	2%
Camióncisterna u otro similar	7 305	2%
Pozo	47 317	13%
Río, acequia, manantial u otrosimilar	55 544	15%
Vecino	14 541	4%
Otro	3 848	1%
Total	364 226	100%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), censo 2007.

Tabla 2.9
Conexión de los servicios higiénicos

Categorías	N.º viviendas	%
Red pública dentro de la vivienda	180 120	49%
Red pública fuera de la vivienda, pero dentro del edificio	13 724	4%
Pozo séptico	10 783	3%
Pozo ciego o negro / letrina	91 203	25%
Río, acequia o canal	5 854	2%
No tiene	62 542	17%
Total	364 226	100%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI, censo 2007.

Cuadro 2.10
Tipo de combustible que se utiliza en los hogares

Categoría	N.º de hogares	Porcentaje (%)
Electricidad	2 960	0.77%
Gas	214 750	55.80%
Querosene	6 067	1.58%
Carbón	10 019	2.60%
Leña	133 985	34.82%
Bosta estiércol	2 135	0.55%
Otro	3 342	0.87%
No cocinan	11 584	3.01%
Total	384 842	100.00%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática (Inei), censo 2007.

INFRAESTRUCTURA

Red vial terrestre

La región La Libertad 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; por ello, es necesario realizar constantes trabajos de mantenimiento para garantizar el libre tránsito. Sin embargo, estas obras se consideran insuficientes, puesto que la región La Libertad cuenta con un gran territorio en el que muchos poblados se encuentran sin vías de acceso.

Las principales vías con las que se cuentan en la región son presentadas en el cuadro 2.11, donde se destacan su longitud y el estado en el cual se encuentran.

Red marítima

La infraestructura portuaria regional únicamente se localiza en el litoral, por cuanto en el interior de la región no existen posibilidades de navegación fluvial por las características de su sistema hidrográfico.

En este sentido, la infraestructura portuaria actual está conformada por los puertos de Salaverry, Malabrigo y Pacasmayo. Si bien en las condiciones actuales presentan escasas posibilidades de articulación intraregional de áreas de producción y centros poblados, su mantenimiento y desarrollo es muy importante para fortalecer el comercio exterior. Los principales puertos se presentan en el cuadro 2.12.

El terminal portuario de Salaverry, el más importante, es un puerto moderno, dotado con todos los servicios y equipamientos para operaciones de embarque, desembarque y almacenamiento, con capacidad disponible para atender un mayor flujo portuario. Se encuentra ubicado a 258 millas náuticas al norte del Callao. Su cercana ubicación con la ciudad de Trujillo (12 km) y con la carretera Panamericana (8 km) le otorga un fácil acceso al puerto, lo que beneficia a los embarcadores y consignatarios. Su área de influencia, según líneas de productos a exportar, comprende a las

Cuadro 2.11
Vías terrestres principales

Tramo de carretera	Longitud (km)	Condición
Trujillo - Chicama	35.3	Asfaltada
Chicama - Lescano - Sausal	24.8	Asfaltada
Chicama - Chocope	45.7	Asfaltada
Chocope- Pajján	11	Asfaltada
Pajján- San Pedro de Choc	42.5	Asfaltada
Pajján- Pacasmayo	9.7	Asfaltada
Pacasmayo - Chépén- Pacanguilla	63.2	Asfaltada
Chépén- Talambo	3.5	Trocha carrozable
Pacasmayo - Limón Carro - Paypay	45.6	Asfaltada
Chocope - Casa Grande - Roma - Ascope	19.2	Asfaltada - Afirmada
Trujillo - QuiriHuac - Pedregal - Shirán- Otuzco	85.5	Asfaltada
Otuzco - Agallpampa - Shorey Chico - Los Toritos - Santiago de Chuco	111.6	Afirmada
Trujillo - Virú- Chao - Santa	114.5	Asfaltada
Santa - Pampa Blanca	50	Asfaltada
Sorey Chico - Quiruvilca - San José- Huamachuco	61.1	Afirmada
Quesquenda - Coñachugo - Alto de Tamboras - Pampas	114.1	Afirmada
Huamachuco - Tayabamba	285.6	Afirmada - sin afirmar
Cascas - Tambo - Lucma - Huaranchal - Chuquisonco - Otuzco	189.1	Trocha carrozable

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

Cuadro 2.12
Instalaciones portuarias marítimas

Instalación portuaria	Localidad	Tipo de instalación	Administrador	Tráfico relevante	Uso	Condición
T.P. Chicama o Malabrigo	Andrés Razuri	Muelle	ENAPU S.A.	General	Público	Operativo
T.P. Salaverry	Salaverry	Terminalportuario	ENAPU S.A.	General	Público	Operativo
Multiboyas Salaverry	Salaverry	Boyas	Consorcio de Terminales S.A.	General	Privado	Operativo
Muelle Pacasmayo	Pacasmayo	Muelles	Municipalidad de Pacasmayo	Hidrocarburos	Público	Inoperativo

Fuente: Plan Nacional de Desarrollo Portuario, 2004 – Autoridad Portuaria Nacional. Lima.

Elaboración: PNUD/ Unidad del Informe sobre Desarrollo Humano. Perú.

regiones Cajamarca, Lambayeque, Áncash, Lima y La Libertad, a través de la exportación de concentrados de minerales, azúcar, harina de pescado y bobinas de papel principalmente.

Salaverry es un puerto artificial del tipo «puerto muelle», constantemente expuesto a la presencia de oleajes. Con 700 m de longitud, su rompeolas, cuya extensión fue recientemente incrementada, no ha logrado reducir la exposición contra dichos oleajes, que ocurren dentro del área portuaria y muelles. El arenado en el puerto es frecuente, por lo que el dragado se realiza permanentemente.

Los puertos localizados en el litoral Malabrigo y Pacasmayo que no son de atraque directo son utilizados, mayormente, para la

pesca de consumo humano, a excepción de Malabrigo, el cual realiza exportaciones de harina de pescado. Su funcionamiento requiere de un permanente mantenimiento.

Aeropuertos

La Región La Libertad cuenta con nueve aeropuertos, los cuales se muestran en el cuadro 2.13, donde también se detallan las características.

Energía

Según información recopilada del Ministerio de Energía y Minas, hasta el año 2001, la región de La Libertad contaba con diez centrales hidroeléctricas (ver cuadro 2.14).

Cuadro 2.13
Aeródromos autorizados en el departamento de la Libertad

Nombre del aeropuerto / aeródromo	Provincia / Distrito	Dimensión (m)	Superficie	Resistencia	Propietario (P-)/Explotador (E-)
Casa Grande	Ascope-Chocope	750 x 30	Ripio	Avionetas	P: Coop. A. P. Casa Grande E: Coop. A. P. Casa Grande
Chagual - Don Lucho	Pataz-Pataz	1200 x 18	Emulsión asfáltica	Avionetas (11900 lbs)	P: Cia. Minera Poderosa S.A. E: Cia. Minera Poderosa S.A.
Chao	Virú-Chao	1400 x 18	Material granular compactado	Avionetas	P: Camposol S.A. E: Camposol S.A.
Gochapita	Pataz-Tayabamba	800 x 18	Material granular	Avionetas	P: Concejo prov. Pataz E: Concejo prov. Pataz
Huamachuco	Sánchez Carrión-Huamachuco	1100 x 23	Tratam. superf. asfált. bicapa	Avionetas (12500 lbs)	P: Concejo prov. Sánchez Carrión E: Concejo prov. Sánchez Carrión
Pata de Gallo	Santiago de Chuco-Quiruvilca	1590 x 23	Tratam. Superficial Asfáltico	Avionetas (12500 lbs)	P: Estado E: Minera Barrick Misquichilca
Pias	Pataz-Pias	1600 x 30	Grava compactada	PCN 7/F/A/Y/T	P: Cons. Minero Horizonte S.A. E: Cons. Minero Horizonte S.A.
Trujillo - Cap. FAP Carlos Martínez de Pinillos	Trujillo-Huanchaco	3000 x 45	Asfalto	PCN 48/F/B/X/T	P: Estado E: Aeropuertos del Perú S.A.
Urpay	Pataz-Urpay	1050 x 30	Grava	Avionetas	P: Concejo dist. Urpay E: Concejo dist. Urpay

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI, censo 2007.

Cuadro 2.14
Centrales hidroeléctricas

Central	Empresa	Situación	Distrito	Provincia	Sistema	P.I.(MW)
C.H. Corlas - Cascas	Electro Norte Medio - Hidrandina S.A.	Menor a 500 KW	Cascas	Gran Chimú	SSAA	0.24
C.H. Pacaymonte	Cia. Minera Sayapullo S.A.	Menor a 500 KW	Sayapullo	Gran Chimú	SSAA	0.44
C.H. Menbrillo	Cia. Minera Sayapullo S.A.	Autorización	Sayapullo	Gran Chimú	SSAA	0.88
C.H. El Tingo	Cia. Minera Poderosa S.A.	Autorización	Pataz	Pataz	SSAA	1.76
C.H. Yamobamba	Electro Norte Medio - Hidrandina S.A.	Menor a 500 KW	Huamachuco	Sánchez Carrión	SSAA	0.60
C.H. Pias(en construcción)	Aguas y Energía Perú S.A.	Concesión definitiva	Otuzco	Otuzco	P.I	15.00
C.H. Huaychaca	Electro Norte Medio - Hidrandina S.A.	Menor a 500 KW	Quiruvilca	Santiago de Chuco	SSAA	0.36
C.H. Cachicadan	Electro Norte Medio - Hidrandina S.A.	Menor a 500 KW	Cachicadan	Santiago de Chuco	SSAA	0.20
C.H. Tarabamba	Electro Norte Medio - Hidrandina S.A.	Autorización	Buldibuyo	Pataz	SSAA	1.10
C.H. Virú	Proyecto Especial Chavimochic	Autorización	Virú	Virú	SSAA	7.68

Fuente: Ministerio de Energía y Minas.

SSAA: Sistema aislado, P.I.: Potencia Instalada

CLIMA

Los climas identificados en la región de La Libertad son los siguientes:

- En la costa, se tiene un clima desértico semicálido.
- En la sierra, se tiene un clima templado a semiárido que cubre las vertientes occidentales y orientales andinas. Las localidades de Otuzco, Julcán y Santiago de Chuco presentan este tipo de clima.
- A partir de los 3000 m s. n. m., se tiene un clima frío con invierno seco.
- Arriba de los 4000 m s. n. m., el clima es de puna seca de alta montaña.
- En el valle del Maraón, zona de selva, el clima es semiseco.

La tendencia natural en este conjunto es la disminución constante de la temperatura y el incremento de las precipitaciones conforme se gana en altura. Así, en la vertiente occidental, hasta los 2500 m s. n. m., la temperatura promedio anual varía entre 14 °C y 15 °C, con precipitaciones entre 200 y 350 mm al año. Por encima de este piso y hasta 3500 m s. n. m., las temperaturas varían entre 8 °C y 10° C, con precipitaciones entre 400 y 800 mm al año. Por encima de los 3500 m s. n. m., el clima es más frío, con temperaturas que oscilan entre 4 °C y 6 °C de promedio anual, con precipitaciones de entre 900 y 1000 mm al año.

Al atravesar la divisoria continental, el efecto se hace inverso; es decir, se incrementa la temperatura a medida que se desciende hacia el Maraón. Sobre los 3800 m s. n. m., el clima es frío, con temperatura promedio anual cercana a los 2 °C. En cambio, sobre los 2500 m s. n. m., el clima alcanza los 13 °C en verano y 6 °C en invierno, por debajo de esta altitud. La temperatura promedio anual es 15 °C en invierno y 20 °C en verano.

El comportamiento pluviométrico, en la zona costera de la región La Libertad, fue normal, caracterizado por la ausencia de lluvias. Como es característico en esta época del año (mayo-noviembre), los ríos de la vertiente occidental y oriental disminuyen sus caudales, debido a la disminución de las precipitaciones pluviales en toda la zona.

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 notablemente a sus valores normales mensuales de precipitación acumulada, principalmente, en las provincias de Pataz y Gran Chimú (ver figs. 2.1 y 2.2).

El comportamiento térmico que se presenta en la zona de la costa, como son las provincias de Chepén, Pacasmayo, Ascope, Trujillo y Virú, registró las temperaturas máximas normales y temperaturas mínimas ligeramente cálidas.

En la estación climatológica de Trujillo, se registró una temperatura máxima promedio de 21.9 °C y una temperatura mínima promedio de 17.3 °C.

En la sierra oriental, en el caso de la provincia Sánchez Carrión, se registraron temperaturas máximas normales y mínimas ligeramente cálidas, con una temperatura máxima promedio de 21.9 °C y una temperatura mínima promedio de 7.9 °C.

En la sierra occidental, como es el caso de Gran Chimú, Otuzco, Julcán y Santiago de Chuco, se registraron máximas ligeramente frías y temperaturas mínimas normales. En esta zona, se registró una temperatura máxima promedio de 20.2 °C y una temperatura mínima promedio 8.8 °C.

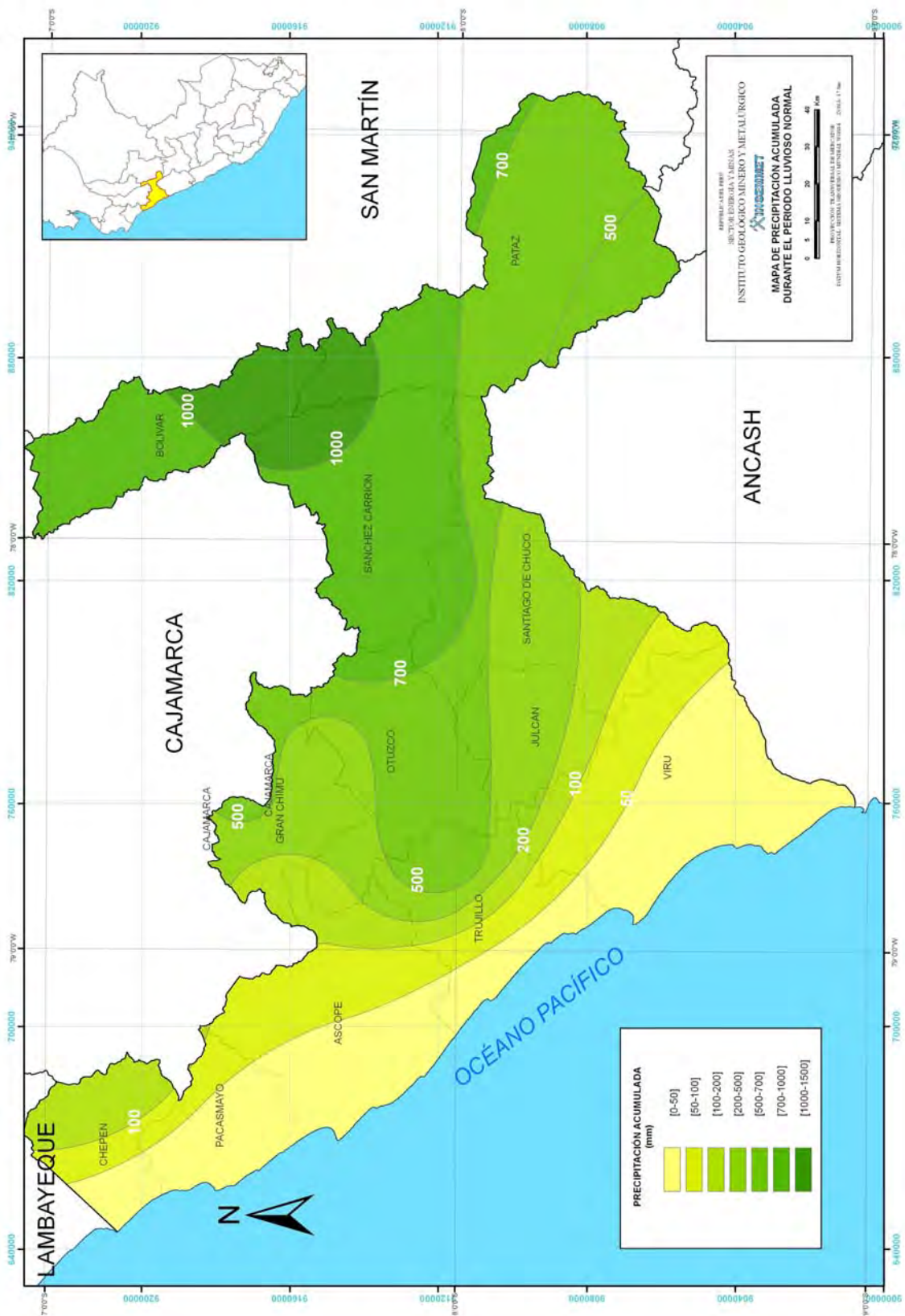


Figura 2.1 Mapa de precipitaciones acumuladas en periodo lluvioso normal (septiembre-mayo). Fuente: Senamhi.

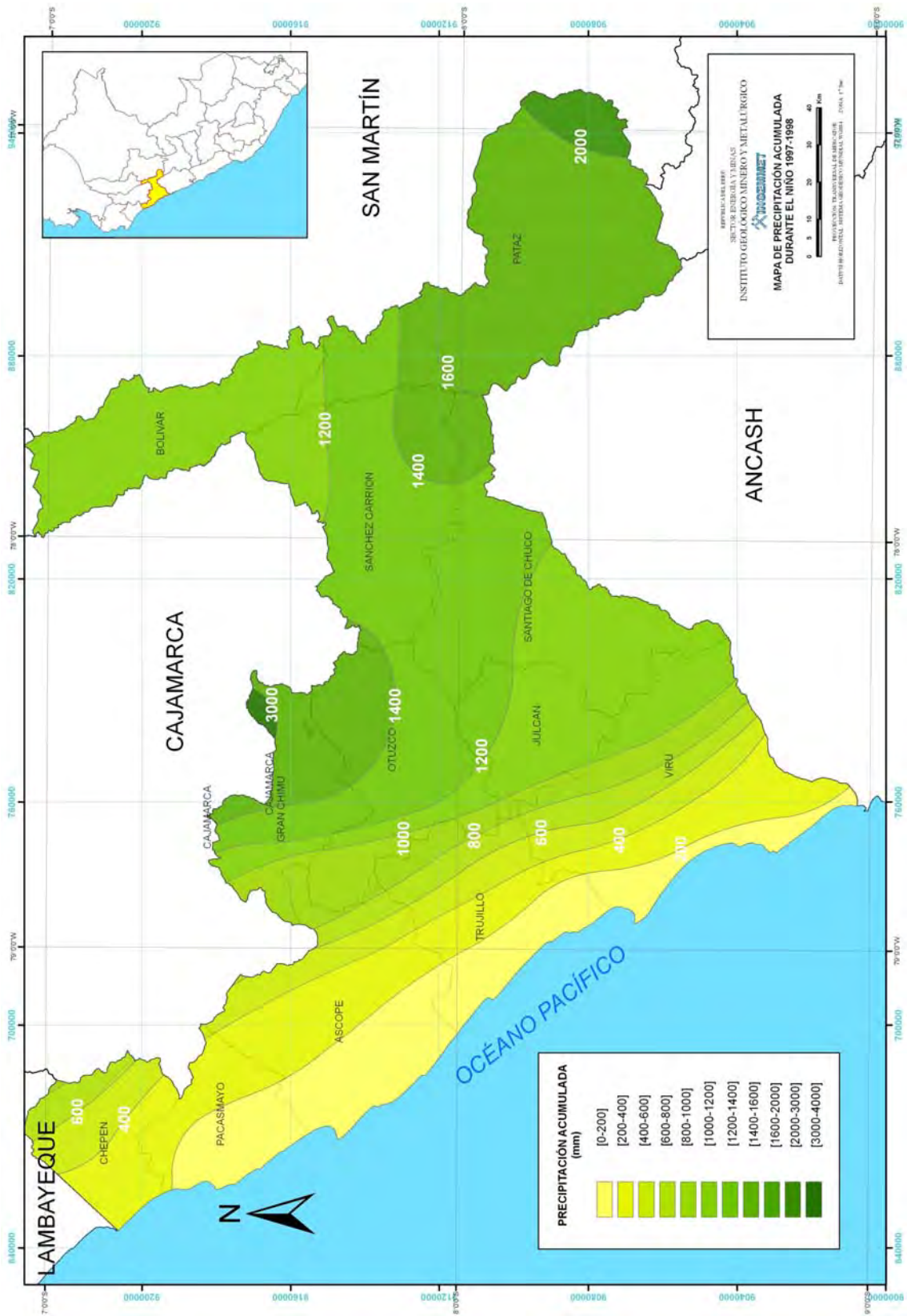


Figura 2.2 Mapa de precipitaciones acumuladas durante el fenómeno de El Niño 1997-1998. Fuente: Senamhi.

La sierra oriental presentó un comportamiento pluviométrico excesivo. En esta zona, las precipitaciones en promedio totalizaron 136.9 mm/mes. En la sierra occidental, las precipitaciones en promedio totalizaron 80.3 mm/mes.

En toda la sierra, las precipitaciones se presentaron con mayor frecuencia durante los meses de diciembre a marzo.

El comportamiento térmico y pluviométrico en la sierra favoreció el desarrollo de los cultivos de papa instalados en la región, a pesar de la presencia de heladas meteorológicas que se presentaron con menor intensidad y frecuencia.

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Son espacios reconocidos, establecidos y protegidos legalmente por el Estado como tales (reserva nacional, zona reservada, bosque de protección, santuario nacional, parque nacional, coto de caza), 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, 2008). *Áreas naturales protegidas del Perú.*

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.

Estas áreas abarcan una superficie aproximada de 750.95 km², que representa el 2.97 % de la región. Están conformadas, principalmente, por la Reserva Nacional de Calipuy (ver fig. 2.3).

Las áreas protegidas en Perú se clasifican de acuerdo con el nivel de protección que se establecen sobre ellas (ver cuadro 2.15).

Cuadro 2.15
Áreas naturales protegidas en la región La Libertad

ANP	Símbolo	Km ²	%
Reserva nacional	RN	639.53	2.53
Zona reservada	ZR	10.28	0.04
Bosque de protección	BP	2.99	0.01
Coto de caza	CC	42.05	0.17
Santuario nacional	SN	44.91	0.18
Parque nacional	PN	11.20	0.04
Total		750.95	2.97

Fuente: Elaborado con datos del Inrena, 2008.

Los espacios o áreas naturales protegidas dentro de la región La Libertad son los siguientes:

Reserva nacional

Es un área destinada a la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible, incluso, comercial de los recursos de flora y fauna silvestre bajo planes de manejo, con excepción de las actividades de aprovechamiento forestal comercial con fines madereros.

Reserva Nacional Calipuy

Fue establecida el 8 de enero de 1981 mediante Decreto Supremo N.º 004-81-AA. Abarca un total de 639.53 km² pertenecientes a los distritos de Santiago de Chuco y Chao, de las provincias Santiago de Chuco y Virú del departamento de La Libertad, respectivamente. Los objetivos principales de su creación fueron conservar las poblaciones más septentrionales del guanaco, así como flora y fauna existente, y estimular el desarrollo turístico, de tal manera que se fomente, de ese modo, el desarrollo socioeconómico de la región. Se ubica de 400 a 4000 m s. n. m. Su temperatura varía de 25 °C a 6 °C.

La reserva protege también varios sitios arqueológicos ubicados en las inmediaciones de los cerros Chontabal y Los Peroles.

Zona reservada

Es un área que se establece de forma transitoria reuniendo condiciones para ser considerada como área naturales protegida. Requiere la realización 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, 2008). *Zonas reservadas.*

Zona Reservada Algarrobal El Moro

Fue establecida el 13 de enero de 1995 mediante Decreto Supremo N.º 02-95-AG. Esta zona reservada abarca un total de 10.28 km² pertenecientes al distrito y provincia de Chepén, departamento de La Libertad.

Esta zona protege y conserva muestra representativa de bosques de algarrobo, cuya edad promedio alcanza los 100 años; asimismo, está asociada a una importante diversidad de fauna silvestre adaptada a la vida en el bosque seco. Entre sus objetivos, se incluye la investigación y la conservación de los restos arqueológicos pertenecientes a la cultura Moche y Chimú que allí se encuentran.

Bosque de protección

Se refiere a las áreas que se establecen para proteger las cuencas altas o colectoras, las riberas de los ríos y de otros cursos de agua,

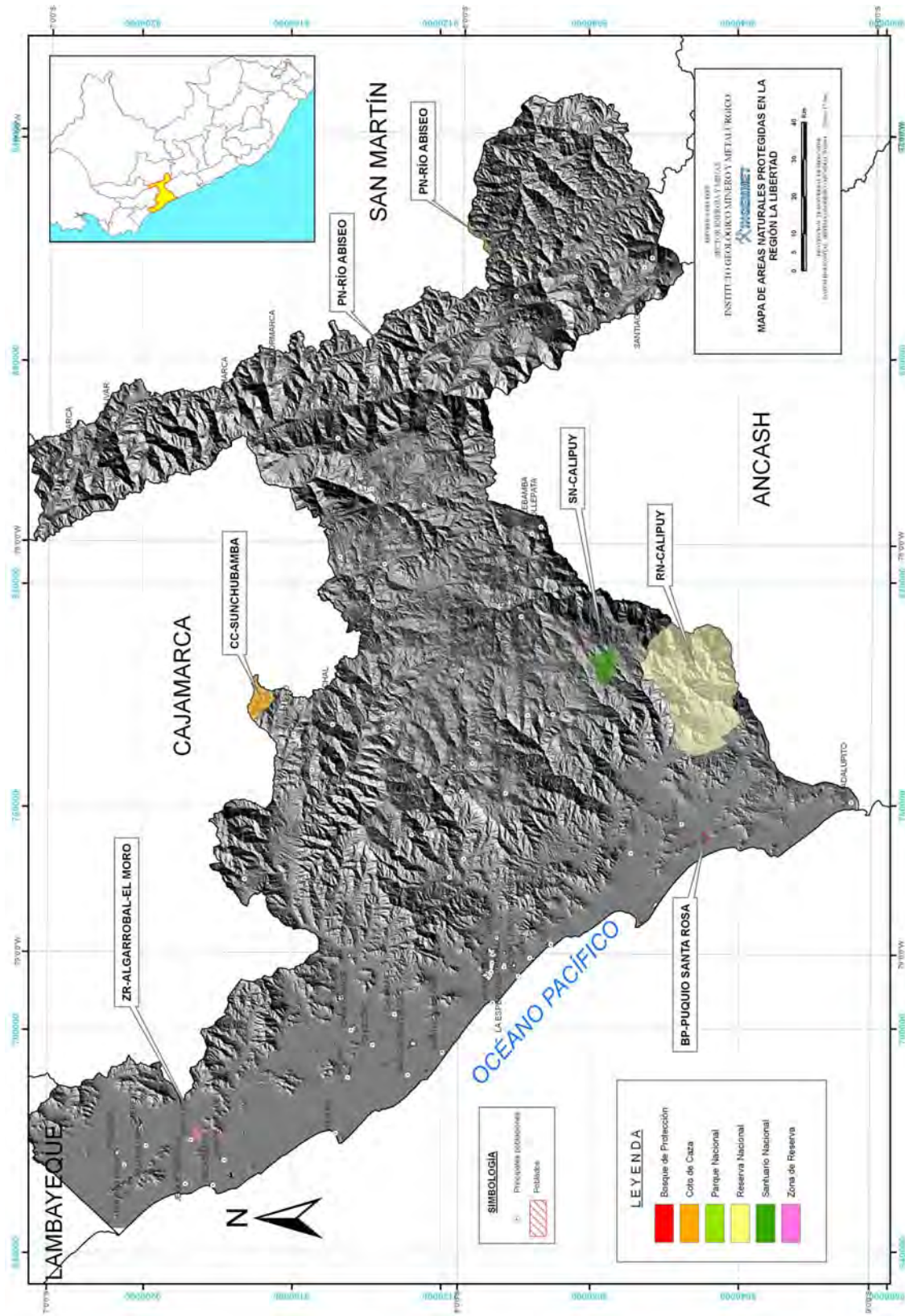


Figura 2.3 Mapa de áreas naturales protegidas en la región La Libertad. Fuente: Inrena.

y, en general, para proteger contra la erosión a las tierras frágiles que así lo requieran. En ellas, se permite el uso de recursos y el desarrollo de actividades que no afecten la cobertura vegetal, los suelos frágiles o cursos de agua.

Bosque de Protección Santa Rosa

Está ubicado en las estribaciones occidentales de la región La Libertad, al sur de la localidad de Virú y al norte del poblado de Chao. Este bosque constituye un oasis de vegetación costera en medio de la inmensidad del desierto norteño, a 50 m s. n. m.

Debido a su buen estado de conservación, algo poco común en las cada vez más alteradas vertientes occidentales de los Andes, y a la existencia de un importante afloramiento de agua proveniente del subsuelo en la zona, el Estado consideró oportuno establecer un área natural protegida bajo la categoría de bosque de protección en el lugar.

Fue así como el 2 de septiembre de 1982, se acordó establecer, mediante Resolución Suprema N.º 0434-82-AG/DGFF y sobre un total de 2.99 km² pertenecientes a las microcuencas de los ríos Chao y Huamansana (antiguos territorios de la hacienda Laramie y el fundo Jaime), un territorio reservado con el objeto de garantizar el normal abastecimiento de agua proveniente del puquio (o manantial) Santa Rosa hacia partes bajas del valle.

Coto de caza

Es un área destinada al aprovechamiento de la fauna silvestre a través de la práctica regulada de la caza deportiva.

Coto de Caza Sunchubamba

Fue creado el 22 de abril de 1977. Tiene una superficie de 42.05 km². Se ubica entre 950 y 4200 m s. n. m. Su temperatura varía de 20 °C a -6 °C.

Los objetivos de su creación fueron conservar y aprovechar racionalmente especies cinegéticas de la fauna silvestre, e incentivar la caza deportiva y el turismo regional y nacional hacia dicha zona.

Santuario nacional

Se refiere a áreas donde se protege el hábitat de una especie o una comunidad de flora y fauna, así como formaciones naturales de interés científico, paisajístico y de importancia nacional.

Santuario Nacional Calipuy

Está ubicado en los distritos Chao y Santiago de Chuco, provincia de Virú y Santiago de Chuco, respectivamente. Fue creado el 8 de enero de 1981. Tiene una superficie de 44.91 km². Se ubica entre los 400 y 4000 m s. n. m. Su temperatura varía de 25 °C a 6

°C. El propósito de su creación fue proteger un rodal denso de puya Raimondi, que constituye un valioso potencial biótico para la especie, y a las poblaciones de guanaco.

Parque nacional

Es creado en áreas que constituyen muestras representativas de las grandes unidades ecológicas del país. En él se protege la integridad ecológica de uno o más ecosistemas, las asociaciones de flora y fauna silvestre, los procesos sucesionales y evolutivos, así como características paisajísticas y culturales.

El Parque Nacional del Río Abiseo (PNRA)

Es una de las áreas naturales protegidas por el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (Sinanpe), de mayor riqueza biológica y arqueológica del Perú. Está orientada a la protección y preservación, con carácter intangible de los recursos naturales de flora y fauna silvestre del lugar, de sus bellezas paisajísticas y de su herencia cultural. Tiene una superficie de 11,20 km², en la región La libertad.

Considerando esta riqueza biológica y cultural, el PNRA fue establecido el 11 de agosto de 1983 por D.S. N.º 064-83-AG con la finalidad de conservar los ecosistemas allí presentes, proteger la cuenca hidrográfica del río Abiseo, conservar sus recursos culturales, particularmente el complejo arqueológico del Gran Pajatén, y promover la investigación científica. Más adelante, el 14 de diciembre de 1990, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) lo declara Patrimonio Cultural; posteriormente, el 12 de diciembre de 1992, Patrimonio Natural de la Humanidad. Tiene rango altitudinal de 350 a 4350 m s. n. m., con temperatura de 10 °C a 35 °C, perteneciente a la provincia de Huicungo.

COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELOS

Tomando como base el mapa forestal del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) de 1995, el mapa ecológico del Perú de la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) de 1976, a escala 1:1 000,000, y considerando la necesidad de información con respecto a la susceptibilidad de un área determinada a la ocurrencia de movimientos en masa, en función del factor de cobertura vegetal existente, se preparó el mapa de distribución de la cobertura vegetal y uso de Suelos para la región La Libertad. En dicho mapa, se diferenciaron zonas con tipo de vegetación dominante según las características de densidad o ausencia de vegetación, basadas en las interrelaciones con el relieve, altitud, clima y actividades humanas (ver mapa 02).

En la región La Libertad, existen siete zonas con tipos de vegetación diferenciada:

- Desierto costanero (DC)

Se expone en el lado occidental de la región y se extiende desde las pampas de Guadalupito hasta Pacanga, desde el nivel del mar hasta aproximadamente 800 m s. n. m. Constituye el 11.45 % del área total de la región. La vegetación es escasa o no existe; solo aparecen especies temporales constituidas por un diminuto tapiz herbáceo y especies de bromeliáceas distribuidas en pequeñas manchas verdes dentro del extenso y monótono arenal grisáceo eólico.

Su temperatura media varía de 19.5 °C a 22.9 °C, con una precipitación media anual de 2.3 y 21.6 mm.

- Pastizales y cultivos de secano (PCS)

En esta unidad, la vegetación natural ha sido fuertemente deteriorada y sustituida, en gran parte, por el uso agrícola (secano) y ganadero, que se llevan a cabo mediante riego o con la lluvia en los límites superiores de la formación. Un indicador muy significativo es la retama de flores amarillas vistosas, el eucalipto. Son bosques sobre faldas de fuerte pendiente.

Ocupa la mayor cantidad de zonas altiplánicas, terrazas y planicies, y constituye el 32.55 % del área total de la región, con desarrollo de sembrío de pastizales y cultivos (papa, cebada, trigo, quinua, haba y arveja), y crianza de ganado vacuno generalmente. Constituyen zonas con muy buenas condiciones bioclimáticas que son, consecuentemente, muy favorables para estas actividades. Se ubica entre los 2300 y 3800 m s. n. m., como en las localidades de Otuzco, Mache, Marcabal, Mollebamba, Mollepata, Huamachuco, Sarín, Buldibuyo, Huaylillas, Tayabamba y Huancaspata.

- Pradera de pasto natural (PPN)

Corresponde el 11.02 % del área de la región. Esta zona se caracteriza por su vegetación de especies arbóreas, algunos helechos, en general, con tamaño reducido (escasamente de 3 m a 5 m de altura), asociados con gramíneas altas que constituyen praderas de pastos naturales y cuya especie más característica es el ichu. Entre las plantas de especies de carácter leñoso como los arbustos, aparece el quínual, que llega a medir 4 m hacia el lado oriental de la región como en las localidades de Molino Viejo, Chugay, Cochorco y Sitabamba. Se encuentra entre los 2450 y 4050 m s. n. m.

Al descender a los límites inferiores, se ven, en aumento progresivo, el tamaño y la densidad de las especies arbóreas. Las especies graminales van desapareciendo, y el monte se transforma en un verdadero bosque como en la localidad de Ongón.

- Gramíneas, herbácea y bosque residual (GHBR) con poca intervención antrópica

La configuración topográfica está definida por áreas bastante extensas, suaves a ligeramente onduladas y colinadas, con laderas de moderada a fuerte pendiente hasta presentar, en muchos casos, afloramientos rocosos. Las áreas comprenden una amplia zona de distribución, tal vez la más representativa, que ocupa el 31.43 % del área total de la región, con abundantes gramíneas y otras hierbas de hábitat perenne. Además, se encuentra la grama salada y árboles pequeños, algunas veces muy achaparrados, como el sapote, algarrobo y arbustos como el bichayo, así como una vegetación herbácea rala en su mayoría, como gramíneas pequeñas y de corto período vegetativo. Las cactáceas se encuentran presentes, principalmente y como indicador, el cactus columnar prismático gigante. Otras especies muy comunes, especialmente en los valles encajonados de la vertiente occidental, son el molle, tara, faique, caña brava y el pájaro bobo. Asimismo, se observan, en forma aislada o formando bosques residuales, árboles pequeños como el usuch y el cincush (puya Raimondi).

La mayor parte de los terrenos de esta zona es utilizada para el pastoreo de ganado caprino; los pastos estacionales que prosperan durante el período de lluvias veraniegas son aprovechados. En los terrenos con dotaciones de riego, se lleva a cabo una agricultura en pequeña escala, muchas veces solamente con carácter de subsistencia. Se puede apreciar en las localidades de Pataz, Pias, Chillia y parte central de los valles costeros.

- Áreas cultivadas

Corresponden a las áreas cultivadas bajo riego en la costa con fines comerciales. Estas áreas pueden ser las de caña de azúcar, vid, algodón, alcachofa, yuca, hortalizas y maíz. Principalmente, se encuentran en los valles de los ríos Loco de Chaman, Jequetepeque, Chicama, Moche, Virú, Santa y Cascas. Ocupan el 9.28 % del área de la región. La vegetación natural prácticamente no existe en la mayor parte de esta zona, a consecuencia de la sobreutilización por el uso agrícola y ganadero. El relieve topográfico es predominantemente suave a ondulado, y se vuelve quebrado hasta abrupto en el interior de los valles costeros.

Las temperaturas medias anuales sufren menos contraste; fluctúan entre 22.4 °C y 24.6 °C, y la precipitación media anual es de 122.6 y 222.7 mm.

- Zonas urbana y rural

Se refieren a extensiones planas con desarrollo urbano y a las sus áreas adyacentes con proyecciones urbanísticas. La

mayor concentración de población en la zona de costa es la ciudad de Trujillo, seguida por Sánchez Carrión, Ascope y Pacasmayo. Existen algunas viviendas, solares, talleres y relictos de vegetación secundaria con algunos árboles frutales y ornamentales. Estas áreas se caracterizan por estar deforestadas o conformar antiguas áreas agrícolas que han pasado a ser habilitaciones urbanas.

En el caso de las zonas rurales, comprenden la agrupación de viviendas esparcidas en zonas altiplánicas (planicies altas, lomadas) con desarrollo de actividad agrícola o ganadera. En la sierra, la zona urbana está representada por la ciudad de Otuzco, aunque la expansión de los últimos años ha originado el crecimiento de asentamientos urbanos en el valle del río Marañón. Estas se caracterizan por agrupaciones de viviendas esparcidas en zonas de laderas y planicies, con desarrollo de

actividades agrícolas o ganaderas en Chillia, Huancaspata, Urpay, Mollebamba y Mollepata, entre otras menores de las zonas andinas. Ocupan el 0.18 % del área total de la región.

- Zonas con cobertura hídrica

Son cuerpos de agua que se encuentran estancados o presentan movimiento lento. Pueden tener un origen natural o artificial. Corresponden el 0,09 % con respecto al área total de la región. Se les puede dar diferentes usos recreacionales, agropecuarios, piscícola; también son importantes para generación de energía, y abastecimiento de agua y riego. Algunas tienen represamiento natural como el caso de la laguna Pias y otras con actividad acuícola como la laguna Sausacocha (ver capítulo IV, ítem 4.2.11). Dentro de esta unidad, se encuentran las lagunas de origen glacial muy abundantes en la región.

CAPÍTULO III

ASPECTOS LITOLÓGICOS

POR LUCIO MEDINA

UNIDADES LITOLÓGICAS

El mapa litológico de la región (ver mapa n.º 1) ha sido elaborado según los estudios del levantamiento de la Carta Geológica Nacional a escala 1:100 000, realizados por la Dirección de Geología Regional, cuya información se encuentran en nueve boletines del Ingemmet (Cossio, 1964-69; Wilson y Reyes, 1964; Cossio y Jaen, 1967; Wilson et ál., 1967; Reyes, 1980; Wilson, 1984; Sanchez, 1995; Wilson et ál., 1995; Sanchez et ál., 1998; Díaz, 1995; y Díaz et ál., 1998). La región La Libertad abarca los cuadrángulos de Pacasmayo, Chepén, Cajamarca, Bolívar, Chocope, Otuzco, Cajabamba, Pataz, Trujillo, Salaverry, Santiago de Chuco, Pallasca, Tayabamba, Santa, Santa Rosa, Pomabamba, Jucusbamba y Tocache Nuevo.

Para empalmar unidades litológicas, se usaron imágenes satelitales Landsat TM y fotografías aéreas, y se hicieron las verificaciones de campo respectivas.

Para la delimitación de las diferentes unidades litológicas, se tomó como patrón los tipos de roca predominantes, los cuales fueron agrupados por el grado de homogeneidad de sus propiedades geotécnicas (rocas y suelo), su grado de fracturamiento, de meteorización y resistencia a la erosión, en función a su mayor o menor propensión a producir movimientos en masa, independientes de su edad.

De acuerdo con lo antes mencionado, los principales grupos de suelos y rocas se han clasificado en dos grandes unidades: depósitos inconsolidados y unidades del sustrato rocoso

Depósitos inconsolidados (I)

En esta unidad, se consideran 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.

Para la región La Libertad, se diferenciaron seis tipos de materiales no consolidados, que son productos de la meteorización, erosión y posterior acumulación. Presentan morfologías que van desde planas a plano-onduladas hasta acumulaciones de piedemonte con cierto declive. A esta unidad se le ha denominado unidad «I»,

la cual está acompañada de un número «I-1» que indica la clase de depósito. Ocupan un porcentaje importante en la región: 25.58 % de su área total.

De acuerdo a su origen, se clasifican en los siguientes tipos: fluviales, aluviales y proluviales; glaciales, morrenas; glacio-fluviales, coluvio-deluviales; eólicos; y marinos. Estos se describen a continuación:

Depósitos fluviales, aluviales y proluviales (I-1)

Los depósitos fluviales constituyen los materiales ubicados en el cauce o lecho de los ríos, o quebradas, terrazas bajas inundables y llanura de inundación. Son depósitos heterométricos constituidos por bolos, cantos y gravas subredondeadas en matriz arenosa o limosa, mezcla de lentes arenosos y areno-limosos. Son depósitos inconsolidados a poco consolidados hasta sueltos, fácilmente removibles y su permeabilidad es alta. Geomorfológicamente están asociados principalmente a las llanuras de inundación, y son susceptibles a erosión fluvial e inundaciones periódicas.

Los depósitos aluviales los conforman las extensas llanuras aluviales y terrazas (altas y medias) a diferentes niveles sobre los valles principales y tributarios mayores. Son depósitos semiconsolidados; algunos de ellos presentan cierto grado de consolidación, erosionados por los cauces actuales. Estos depósitos, generalmente, corresponden a una mezcla heterogénea de bolones, gravas y arenas, redondeadas a subredondeadas, así como limos y arcillas, que tienen de regular a buena selección, y se presentan niveles y estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial; su permeabilidad es media a alta. Se asocian principalmente a las planicies aluviales o terrazas altas, susceptibles a erosión fluvial (socavamiento en el pie de terrazas), algunos derrumbes y hasta deslizamientos cuando se encuentran conformando márgenes de ríos y quebradas.

Los depósitos proluviales se encuentran formando conos de deyección o abanicos. Se originan a partir de la existencia de material detrítico suelto acumulado y, al producirse precipitaciones proluviales intensas, se saturan, pierden su estabilidad y se movilizan torrente abajo por las quebradas. Sus depósitos llegan a confundirse muchas veces con las terrazas aluviales; el material que las constituye es heterométrico y mal clasificado. Por lo general, son subangulosos a subredondeados, englobados en una matriz

fina, permeables, medianamente consolidados; son susceptibles a la erosión fluvial, derrumbes y deslizamientos. Geomorfológicamente, están asociados directamente a las unidades de abanicos proluvio-aluviales y abanicos aluvionales (ver fotografía 3.1)

Depósitos glaciales (I-2)

Están representados, principalmente, por acumulaciones de morrenas, conformadas 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 del frente glacial, a lo largo de la Cordillera Occidental y la Cordillera Oriental, bordeando lagunas. Muchas de estas zonas actualmente se encuentran sin la presencia de glaciares.

Depósitos glacio-fluviales (I-3)

Están conformados por materiales de morrenas que han sufrido removilización por acción fluvial o por gravedad. Generalmente, están compuestos por material heterométrico, que consisten de gravas subredondeadas en matriz arenolimsa, de profundidad y permeabilidad variable, medianamente compactos. Se encuentran ocupando las laderas de montaña en zonas glaciales, rellenando los valles glaciales y en frentes de montañas, generalmente, en forma de talús de detritos. En algunos lugares, son susceptibles a erosión de laderas, derrumbes y deslizamientos por acción de aguas superficiales y de infiltración.

Depósitos coluvio-deluviales (I-4)

Esta unidad agrupa depósitos de piedemonte de diferente origen (gravitacional y fluvio-gravitacional) que se acumulan en vertientes o márgenes de los valles, como también en laderas superiores. En muchos casos, los depósitos son el resultado de una mezcla de ambos (ver fotografía 3.2).

Los depósitos coluviales o de caída son reconocidos por su geometría y porque son producto de deslizamientos, derrumbes, movimientos complejos, etc. Su fuente de origen es cercana. Están conformados por material generalmente grueso de naturaleza homogénea, heterométricos, mezclados con materiales finos como arena, limo y arcilla como matriz en menor proporción. Generalmente, se presentan sueltos a muy sueltos, pero pueden presentar algo de consolidación cuando son relativamente más antiguos, según la matriz que los engloba. Su distribución es mayormente caótica al pie de los taludes; constituyen talus de escombros, detritos de ladera, pie de monte; se les encuentra en las laderas de valles y al pie de barrancos escarpados.

Los depósitos deluviales están referidos a acumulaciones pequeñas a moderadas de depósitos de vertiente. Su origen está asociado,

generalmente, a flujos no canalizados y también a movimientos complejos (derrumbe-flujos o deslizamiento-flujos) que originan pequeños abanicos en su pie. Se los encuentra al pie de laderas y formando pequeños abanicos en su confluencia con valles principales.

En conjunto, por su naturaleza, son susceptibles a la erosión pluvial, remoción y generación de flujos de detritos (chorreras y huaicos). En antiguos movimientos en masa, son susceptibles a reactivaciones al realizar modificaciones en sus taludes naturales. Geomorfológicamente, están asociados a las unidades de depósitos de vertiente, depósitos de deslizamientos y abanicos deluvio-coluviales.

Depósitos eólicos (I-5)

Son acumulaciones de arenas sueltas distribuidas en las planicies y pampas costaneras y en vertientes inferiores, que penetran progresivamente hacia el continente. Son susceptibles a la dinámica del viento, lo cual origina dunas y arenamientos (ver fotografía 3.3).

Depósitos marinos (I-6)

Se ubican a lo largo de la costa o litoral conformando bahías o playas angostas. Generalmente, están constituidos por arenas desde muy finas a gruesas con formación de barras litorales. Son susceptibles a erosión marina (ver fotografía 3.4).

Unidades del sustrato

Estas unidades se han clasificado agrupando las litologías según su naturaleza. En la región, se diferencian las siguientes unidades: rocas intrusivas (II), rocas volcánicas (III), rocas volcánico-sedimentarias (IV), rocas sedimentarias (V) y rocas metamórficas (VI). Cada grupo puede estar acompañado de un número según el tipo de litología particular de la cual están compuestas.

Rocas intrusivas (II)

Las rocas intrusivas que afloran en la región La Libertad tienen una considerable presencia, la cual representa el 16.19 % del área total. Se ubica a lo largo de toda la faja costanera. Son rocas que forman parte principalmente del Batolito de la Costa. Presentan una morfología de montañas y colinas con pendientes que varían de moderadas a abruptas.

Estas rocas, de acuerdo con 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, erosión de laderas y flujo de detritos) (ver fotografía 3.5).



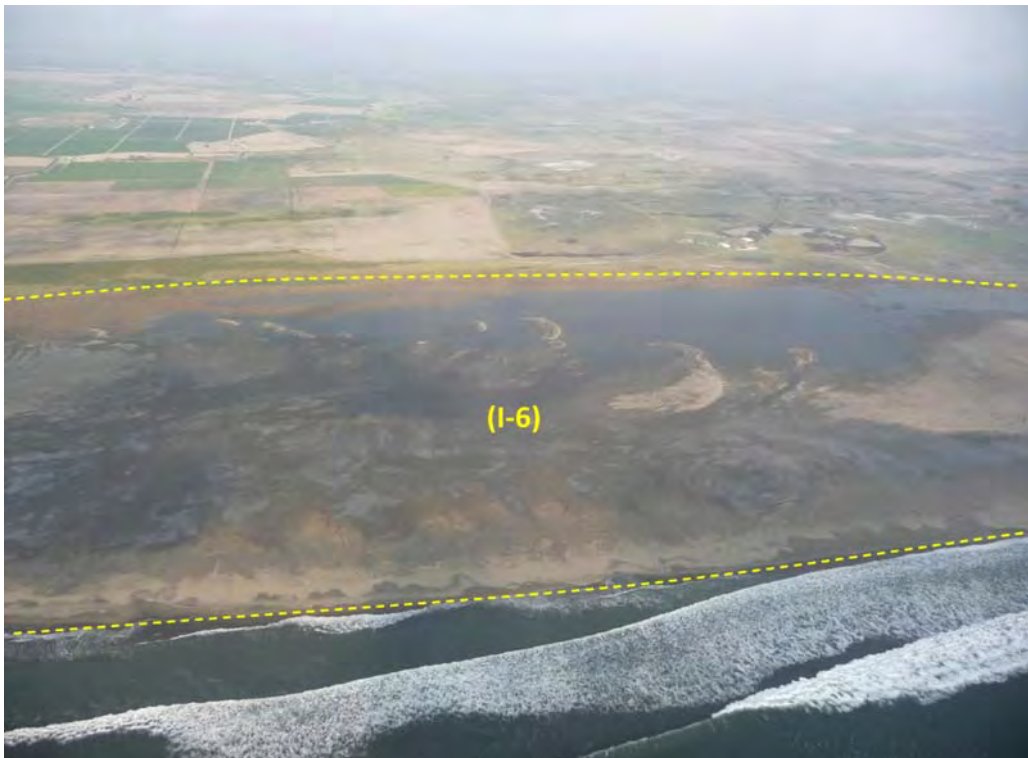
Fotografía 3.1 Depósitos proluviales (I-1) compuestos por bloques y gravas en matriz limo-arenosa. Ubicado en el río Huaraday, distrito de Chao, provincia Virú.



Fotografía 3.2 Depósitos coluvio-deluviales (I-4) afectados por procesos de erosión de laderas (cárcavas). Ubicado en el cerro Cholocday, al norte de la ciudad de Otuzco.



Fotografía 3.3 Depósitos eólicos (I-5) ubicados en la margen derecha del canal de riego del Proyecto Chavimochic.



Fotografía 3.4 Depósito marinos (I-6). Se muestra afectado por la inundación marina.



Fotografía 3.5 Afloramiento de rocas intrusivas afectado por la erosión de ladera. Rocas susceptibles a la generación de flujos de detritos de gran volumen.

La resistencia de estos materiales rocosos varía según la composición, textura y su localización por efectos del clima al que están expuestos. El granito, la roca más común de la familia de las rocas intrusivas, tiene una resistencia a la compresión de 100-200 Mpa; en estado fresco.

Las rocas ígneas intrusivas que afloran en la región han sido clasificadas en tres subunidades de acuerdo con su litología:

Granitos y monzogranitos (II-1). Son afloramientos de topografía moderada a fuerte. La distribución dentro de la región La Libertad es limitada, y tiene sus mayores exposiciones en la parte este de la región (al oeste de Pias, suroeste de Huancaspata y suroeste de Sitabamba). También se pueden encontrar pequeños afloramientos en el lado oeste de la región en forma de *stocks* (sureste de Pueblo Nuevo). Esta subunidad litológica es susceptible a la ocurrencia de derrumbes, deslizamiento-flujos de detritos y erosión en cárcava.

Tonalitas, dacitas y granodioritas (II-2). Son afloramientos de topografía moderada a muy fuerte a manera de plutones.

En el lado oeste de la región, afloran desde el valle de Chao hasta el valle de Jequetepeque, con orientación general SE-NW. Están distribuidas entre los 200 y 2600 m s. n. m. Consiste principalmente de granodioritas con gradaciones locales a tonalitas (Cossio y

Jaen, 1967). En el lado este de la región, el afloramiento principal se ubica al sureste del poblado de Bolívar entre los ríos Chota y Cujibamba. Consiste de un macizo plutónico (Plutón Corralen) compuesto por tonalitas con variaciones a granodioritas (Sanchez, 1995).

Esta subunidad es susceptible a la ocurrencia de flujos, movimientos complejos, derrumbes, erosión de ladera (cárcava y surcos) y arenamientos.

Pórfidos (II-3). Constituyen intrusiones de dimensiones menores. Se presentan en forma de pequeño *stock* compuesto por pórfidos cuarcíferos. Aflora en el cerro Organos, noreste de Chepén.

Grabros y dioritas (II-4). Afloran en el lado oeste y este de la región. En el oeste, constituyen intrusiones tipo *stocks* y cuerpos. Afloran de manera aislada y dispersa, y los afloramientos más representativos se encuentran comprendidos entre los ríos Santa y Virú, y los cerros Portachuelo, Las Cabras, La Agonía. Afloramientos menores se encuentran en la faja costanera, donde forman cerros y colinas bajas como los de Salinas, Chino, Santa Rosa, etc. En lado este, están compuestos por dioritas a granodioritas con facies anfibolíticas, lo cual evidencia un desarrollo de foliación en algunos sectores (Wilson et ál., 1995). Aflora entre los sectores de Parcoy-Buldibuyo y alrededores de Ongón. Esta unidad es susceptible a la ocurrencia de flujo y derrumbes principalmente.

Rocas volcánicas (III)

Se tiene, en la región, importante exposición de rocas de tipo volcánica (ver fotografía 3.6). Se han subdividido en dos grupos: uno conformadas por tobas; y el otro, por secuencias lávicas y piroclásticas. Su distribución se circunscribe a la zona occidental y oriental de la región, lo que abarca extensos afloramientos y ocupan un 19.40 % del área total de la región.

Tobas (III-1). Está conformada por mantos volcánicos de la Formación Lavasen. La litología predominante es un tufo dacítico o riolítico y, en menor proporción, brechas y tufos andesíticos. Los derrames son poco comunes (Wilson y Reyes, 1964).

Topográficamente, esta unidad se caracteriza por presentar farallones y pendientes muy fuertes. Por sus características, son susceptibles a la ocurrencia de caída de rocas.

Secuencias lávicas y piroclásticas (III-2). Esta subunidad está representada, principalmente, por el Grupo Calipuy. Consta de piroclastos, lavas y brechas volcánicas de composición principalmente andesítica, con algunos horizontes de riolitas y riolacitas.

Tiene una topografía más o menos uniforme. Dentro de esta unidad, también se considera a intrusiones dacíticas y andesitas porfíricas en forma de pequeños *stocks*. Generalmente, se presentan como cuerpos alargados que consisten, muchas veces, de sills o diques (Reyes, 1980). Los movimientos en masa vinculados a esta subunidad son pocos (caída de rocas, derrumbes, reptaciones de suelos) y se producen por cortes realizados en taludes para construir carreteras.

Rocas volcánico-sedimentarias (IV)

Ocupa aproximadamente un 4.42 % del área de la región. Dentro de esta subunidad, se agrupa a la Formación Casma, el Volcánico Oyotun y los grupos Zaña y Mitu.

La Formación Casma está dada por una secuencia de rocas volcánicas (derrames y piroclásticos de composición andesítica) con intercalaciones de sedimentos (lutitas, areniscas y escasos lechos de calizas). Esta se encuentra dentro del cuadrángulo de Santa y en el lado occidental de los cuadrángulos de Santiago Chuco y Santa Rosa. El Volcánico Oyotún consiste de una secuencia de rocas volcánicas (bancos medianos a gruesos de piroclásticos y derrames andesíticos, brechas) con escasas intercalaciones sedimentarias. El Grupo Zaña está compuesto por derrames y brechas andesíticas de color marrón, verde y gris oscuro, estratificado en bancos gruesos con ocasionales lechos de lutitas negras. El Grupo Mitu consiste en areniscas, conglomerados y volcánicos (derrames andesíticos) de coloración rojiza a morada.

Las secuencias volcánico-sedimentarias se encuentran formando montañas y colinas de moderada a pendiente muy fuerte. Sus valores de resistencia a la compresión son variables por encontrarse constituidas por diferentes tipos de litología.

Esta unidad es susceptible a la ocurrencia de flujos, erosión de laderas (cárcavas), deslizamientos y derrumbes.

Rocas sedimentarias (V)

Las rocas sedimentarias dentro de la región La Libertad tienen amplia distribución. Generalmente, se presentan estructuralmente plegadas y falladas. Ocupan un 26.84 %. Esta unidad ha sido dividida en cuatro subunidades tomando en cuenta la litología predominante de cada subunidad.

Los valores de resistencia a la compresión para estos materiales sedimentarios detríticos y químicos son los siguientes: a) lutitas o limo-arcillitas con un rango de 2-50 Mpa; b) areniscas con un rango de 40-110 Mpa; c) conglomerados con un rango de 90 Mpa; y d) calizas con un rango de 50-150 Mpa.

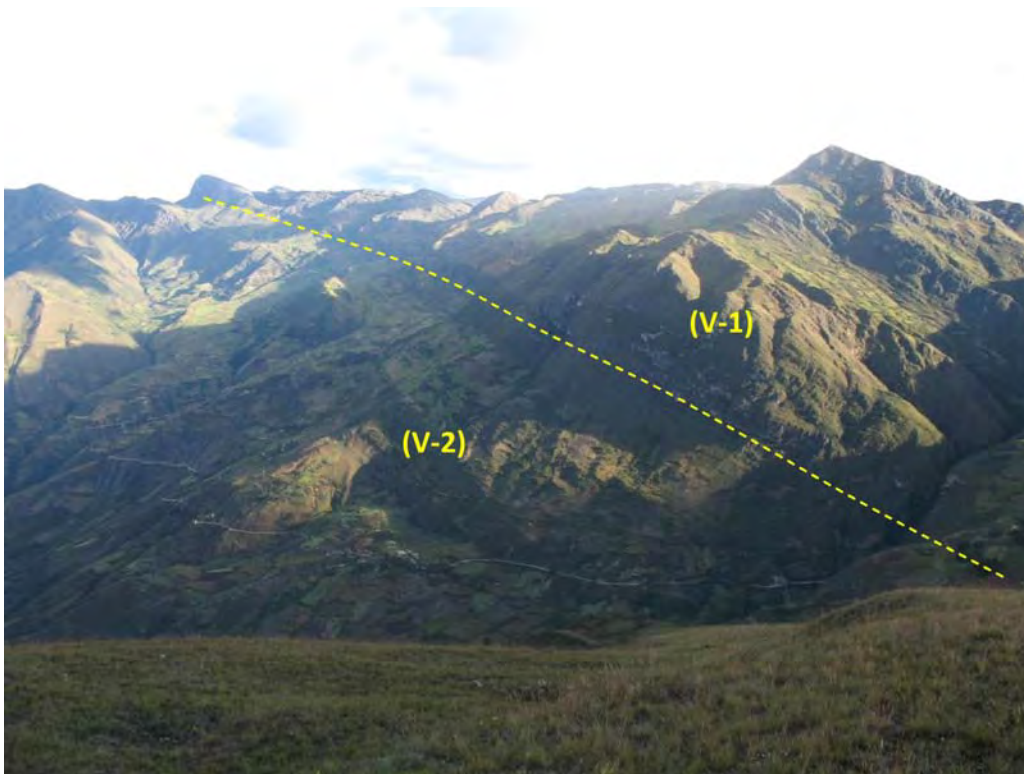
Calizas, calizas y arcillas, margas (V-1). Esta subunidad está constituida por secuencias de calizas biomicricas; calizas dolomíticas; calizas micricas dolomitizadas; intercalaciones de calizas con limoarcillitas; calizas bituminosas; calizas con abundante nódulo de sílice; calizas con intercalaciones de margas, lutitas y areniscas calcáreas; intercalación de areniscas, calizas y margas; calizas nodulares y lutitas negras bituminosas, fértidas; margas y arcillas negras con intercalaciones de caliza; arcillitas calcáreas y margas con intercalaciones delgadas de caliza; calizas, dolomitas y conglomerados intraformacionales; margas, arcillitas calcáreas y caliza; calizas lutáceas, nodular y abundantes fragmentos de fósiles, lutitas con capas delgadas de areniscas y calizas.

Los grupos y las formaciones que representan a esta subunidad son el Grupo Pucará (formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga) y las formaciones Chúlec, Inca, Pariatambo, Pariahuanca, Crisnejas, Jumasha, Celendín, Pulluicana y Quilquiñan. Esta agrupación de formaciones influye notablemente en la morfología, lo cual permite la presencia de pendientes muy escarpadas. Esta subunidad es susceptible, principalmente, a la ocurrencia de caídas de roca y derrumbes.

Areniscas, cuarcitas y lutitas (V-2). Esta subunidad está constituida por areniscas, lutitas y conglomerados con restos de plantas fósiles; areniscas carbonosas intercaladas con limoarcillitas y limolitas; arenisca, cuarcitas y ortocuarzitas con intercalaciones de lutitas pizarrosas; cuarcitas y areniscas con intercalaciones de lutitas; intercalación de areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas y lechos de cuarcitas; areniscas y cuarcitas blanquecinas intercaladas de lutitas (ver fotografía 3.7)



Fotografía 3.6 Vista panorámica de los afloramientos de rocas volcánicas, cubierta ligeramente por vegetación natural. Sectores de Agallpata y Julcán.



Fotografía 3.7 Se observan las rocas de las subunidades V-2 (compuesta por la intercalación de areniscas, cuarcitas y lutitas) y V-1 (compuesta por calizas intercaladas de margas). Oeste del poblado de Aricapampa, cerro Marco.

El grupo y las formaciones que representan a esta subunidad son el Grupo Ambo y las formaciones Oyón, Chimú, Farrat, Inca y Goyllarisquizga.

Esta unidad es susceptible a la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos y reptaciones de suelos. La mayoría de estas ocurrencias está asociada a la acción antrópica (cortes de talud hechos para la construcción de carreteras).

Areniscas y conglomerados (V-3). Esta subunidad está constituida por conglomerado compacto en matriz arenosa de color rosado; alternancia de conglomerados, areniscas y lutitas; areniscas, arcillitas y conglomerados rojos; conglomerados y arenas.

Las secuencias representativas de esta subunidad son las formaciones Rosa, Huaylas, Chota, Condebamba. Es una subunidad susceptible a la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos, caídas de roca, erosión de ladera, reptación de suelos y flujos.

Lutitas, lodolitas y areniscas (V-4). Esta subunidad está constituida por lutitas negras, carbonosas, fosilíferas, ocasionalmente nodulares y fisibles con intercalaciones de cuarcitas y areniscas. Se presenta cortada por diques y sills de andesitas, lutitas y pizarras con intercalaciones escasas de cuarcita, lutitas intercaladas con capas delgadas de caliza, areniscas, limolitas y lutitas estratificadas en capas delgadas.

Las secuencias representativas que pertenecen a esta subunidad son las formaciones Chicama, Contaya, Santa y Carhuaz (ver fotografía 3.8).

Esta subunidad es susceptible a la ocurrencia de flujos, deslizamientos, derrumbes, movimientos complejos, erosión de laderas (cárcava y surcos) y reptación de suelos.

Rocas metamórficas (VI)

Están conformadas por afloramientos del Complejo Marañón en el lado este de la región y por la Formación Salas en el lado oeste. Representan un área de 7.58 %. Afloran principalmente a lo largo del río Marañón (ver fotografía 3.9).

En el área del cuadrángulo de Pataz, consisten en una secuencia de rocas metamórficas compuestas de micaesquistos, filitas negras y localmente de metandesitas (Wilson y Reyes, 1964). El micaesquisto se presenta como una roca foliada; generalmente, forma escarpas o farallones. Las metandesitas pertenecientes al complejo marañón se presentan en bancos potentes y, generalmente, forman prominencias topográficas. Litológicamente, son similares a los micaesquistos. Las filitas se encuentran en fajas intercaladas de pizarras negras; se presentan en láminas bastante delgadas y localmente están bien contorsionadas.

Esta unidad tiene una alta susceptibilidad a derrumbes, deslizamientos, reptaciones y erosión en cárcava.



Fotografía 3.8 Intercalación de lutitas, lodolitas y areniscas de la subunidad V-4 afectada por la erosión de ladera. Margen derecha del río Tablachaca, cerca al desvío Cabana.



Fotografía 3.9 Afloramiento de roca metamórfica. Margen izquierda del río San Sebastián, noreste del poblado de Sitabamba.

CAPÍTULO IV

HIDROGRAFÍA SUPERFICIAL

POR GRISELDA LUQUE

GENERALIDADES

La cordillera de los Andes divide hidrográficamente a la región La Libertad en dos vertientes principales: la vertiente de Pacífico y la vertiente del Atlántico, las cuales drenan sus aguas hacia el océano Pacífico y el océano Atlántico, respectivamente, lo que constituye, así, la divisoria continental de las aguas (ver figura 4.1). La red hidrográfica de la región está constituida por diez cuencas hidrográficas, siete de las cuales vierten sus aguas al océano Pacífico y tres desembocan en el Atlántico, según la información proporcionada por el Inrena. En el cuadro 4.1, se muestran las áreas de las cuencas hidrográficas que pertenecen a la región La Libertad.

Las cuencas de la vertiente del Pacífico, también conocida como vertiente Occidental, tienen una extensión total aproximada de 15195.12 km², que equivale al 60 % del área total de la región. Los ríos que entregan sus aguas al Pacífico son de norte a sur: Chamán, Jequetepeque, Chicama, Moche, Virú y Chao los cuales

se encuentran en el sector septentrional de esta región. Como corresponde a los ríos de la costa, estos son torrentosos, de régimen estacional con crecidas intensas en el verano y una reducción importante de su caudal en los meses de invierno (de mayo a noviembre).

De ellos, los que tienen mayor influencia en la actividad agrícola son Jequetepeque (que genera un valle mayormente arrocero) y Chicama (en cuyo valle se desarrolla una amplia actividad azucarera). El río Moche tiene mayor importancia agropecuaria, mientras que los ríos Virú y Chao ostentan importancia local, aunque potenciados por el proyecto de irrigación Chavimochic, el cual, con aguas derivadas del río Santa, incorpora pampas desérticas a la ampliación de tierras de cultivo.

El sistema hidrográfico de la vertiente del Atlántico está conformado principalmente por tres ríos, de los cuales el más importante receptor de todos los tributarios es el río Marañón, puesto que dispone de agua todo el año.

Cuadro 4.1
Cuencas hidrográficas pertenecientes a la región La Libertad

Regiones hidrográficas			
Nivel cinco	Nivel cuatro	Nivel uno	(Km ²)
Chamán	Pacífico	Vertiente Pacífico	1 098.74
Jequetepeque	Pacífico	Vertiente Pacífico	571.26
Chicama	Pacífico	Vertiente Pacífico	4 965.38
Moche	Pacífico	Vertiente Pacífico	2 667.42
Virú	Pacífico	Vertiente Pacífico	2 024.54
Chao	Pacífico	Vertiente Pacífico	1 576.28
Santa	Pacífico	Vertiente Pacífico	2 392.72
Crisnejas	Marañón	Vertiente Atlántico	965.33
Alto Marañón	Marañón	Vertiente Atlántico	6 438.07
Alto Huallaga	Huallaga	Vertiente Atlántico	1 266.38

Fuente: Calculado según la división de cuencas hecha por Inrena.

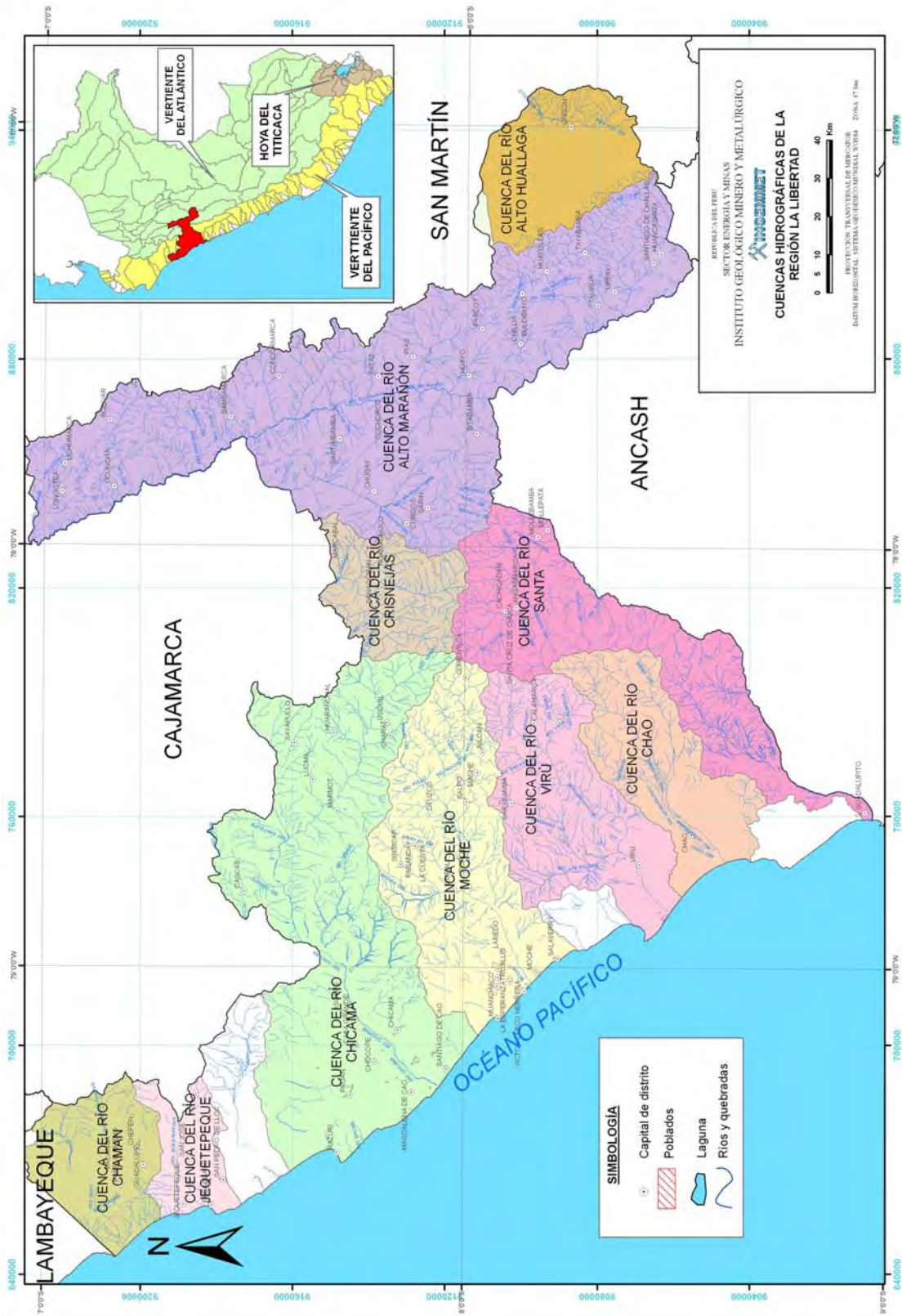


Figura 4.1 Mapa hidrográfico de la región La Libertad. Elaborado de acuerdo con el mapa de Inreña.

DESCRIPCIÓN DE RÍOS PRINCIPALES

Cuenca del río Chamán

La cuenca del río Chamán está conformada por quebradas con escasos escurrimientos casi nulos en estiaje. Sin embargo, en épocas de avenidas extraordinarias, sus aguas modifican su propio cauce, especialmente, en la parte baja del valle, debido a una pendiente relativamente baja. El subsistema hidrográfico del río Chamán está conformado por las confluencias del río San José y la quebrada San Gregorio.

La quebrada San Gregorio se origina sobre los 3200 m s. n. m., muy cerca de la localidad del mismo nombre. Presenta un drenaje de escurrimientos temporales, alimentada por las quebradas Quillón y Talla Mayo. Presenta caudal despreciable en los meses de estiaje. Su trayectoria recorre los caseríos Sauce, Zapote, entre otros, con dirección suroeste. Aguas abajo, por su margen izquierda, recibe escasos aportes de las quebradillas Peña Blanca y Agua del Oso, para posteriormente confluir con el río San José.

El otro afluente del río Chamán es el río San José. Este último se origina de la confluencia de las quebradas Pozo Verde y Caramut; sigue con orientación norte y suroeste; y en su recorrido confluye sucesivamente con las quebradas El Higuero, Agua del Medio, Agua de la Correa y Carrizo por su margen izquierda, para luego configurar un cauce abierto y con dirección al norte, confluyendo con la quebrada San Gregorio (ver fotografía 4.1).

A partir de la hacienda Mirador, se denomina propiamente río Loco Chamán, llamado así por la configuración tan irregular de su cauce en los tiempos de avenidas, lo cual determina un cauce amplio. A la altura de la localidad del Fundo Buenavista, recibe el escaso aporte de las quebradas Despoblado y Perol por su margen derecha. A partir del centro poblado Las Viejas, el río Chamán se dirige con orientación este-oeste hasta desembocar en el océano Pacífico, luego de cruzar el valle y pasar a inmediaciones del distrito Pueblo Nuevo.



Fotografía 4.1 Vista del río Chamán, cerca del canal de la represa Gallito Ciego, sector Pachanga.

Cuenca del río Jequetepeque

El río Jequetepeque es un río de la vertiente del Pacífico del Perú. Se encuentra bajo la influencia del clima del Pacífico y del Atlántico. En su curso, adopta cinco nombres diferentes desde su nacimiento al

litoral, relacionados con las categorías de quebradas, ríos secundarios y río principal.

El río Jequetepeque nace al sur de la ciudad de Cajamarca, en el conjunto de lagunas que se ubica al pie del cerro Quilupay.

Conforme sucede a muchos ríos, este, que nace como quebrada Colorada, va cambiando de nombre conforme se desplaza hacia el oeste; así, adopta los nombres de río Chilete y luego de río Tembladera, hasta entrar al desierto costanero donde se denomina río Jequetepeque. Con 160 km de longitud y una cuenca promedio de 4500 km², posee un régimen irregular, con descargas de hasta 160 m³ por segundo y llegando prácticamente a secarse en algunas épocas de estiaje (ver fotografía 4.2).

El régimen del río Jequetepeque es muy irregular, ya que, en los meses de estiaje, sus descargas pueden llegar a caudales menores

de 1.0 m³/s. El promedio de la pendiente en el río Jequetepeque es de aproximadamente 7.5 %.

A partir del año 1988, a fin de permitir la regulación de las descargas del río, entró en operación el Reservorio Gallito Ciego, ubicado en el lecho del río Jequetepeque, que ocupa las áreas comprendidas desde la parte baja de Tembladera hasta el lugar denominado Gallito Ciego.

En la parte baja del valle, a inmediaciones de Pacasmayo, este río irriga un amplio valle dedicado a la producción de arroz y, en menor cantidad, de maíz y algodón.



Fotografía 4.2 Vista del río Jequetepeque, tomada desde la carretera entre Magdalena y Chilete. Cabecera de la cuenca, en el sector norte, sector de Coymolache.

Cuenca del río Chicama

La cuenca del río Chicama se encuentra ubicada al norte del país. Abarcando una extensión de 5876 km², de la cual aproximadamente 2472 km² pertenecen a su cuenca húmeda.

Políticamente, la cuenca comprende territorios de las provincias de Trujillo y Otuzco, del departamento de La Libertad, y las provincias de Contumaza, Cajamarca y Cajabamba, del departamento de Cajamarca.

Altitudinalmente, se extiende desde el nivel del mar hasta la línea de cumbres que constituye la divisoria de aguas entre esta cuenca y la del río Marañón, y cuyo punto más alto corresponde a la señal del cerro Tuanga (4297 m s. n. m.).

La precipitación, principalmente en las zonas altas, presenta una distribución que varía desde un promedio anual de 5.5 mm en el litoral a 1100 mm en el sector de la sierra, sobre los 2800 m s. n. m. Se ha observado, asimismo, que la intensidad de la precipitación pluvial va en aumento con el nivel altitudinal.

La cuenca del río Chicama presenta una forma sui géneris, que se asemeja a la mayoría de las cuencas de la costa; es decir, se presenta ancha en la parte de la cuenca alta y estrecha en la desembocadura. Cuenta con un área de drenaje total de 5822 km², de los cuales el 42 % (2472 km²) se localiza por encima de los 1500 m s. n. m. Este drenaje pertenece a la cuenca húmeda.

El río Chicama nace en las alturas de las minas de Callacuyan, del cual adopta el nombre que mantiene hasta la localidad de Caina, punto a partir del cual toma el nombre de río Grande o Alto Chicama desde la hacienda el Tambo, nombre con el cual desemboca en el océano Pacífico (ver fotografía 4.3).

El río no cuenta con una estación de aforos convenientemente acondicionada para medir su caudal, el cual es estimado por la integración de los volúmenes captados por las diferentes tomas de valles y por el agua sobrante que aparece a nivel del puente de la carretera Panamericana.

El análisis de la información hidrométrica considerada muestra que el río Chicama, como los demás ríos de la costa, se presenta

torrentoso y muestra bastante pronunciada la diferencia entre sus extremos. Así, se tiene que la descarga máxima controlada ha sido de 1441.16 m³/s y la mínima de 0.50 m³/s, con una media anual de 26.60 m³/s (839 432 000 m³). Se sabe, también, que durante los meses de enero a abril se produce el alto grado de concentración de los caudales y escasez pronunciada en los meses de junio a Noviembre. El rendimiento medio anual de la cuenca húmeda se estima en 350 933 m³/km².

El río Chicama, con 172 km de recorrido y 6000 km² de área de cuenca, es un río que tiene su origen, desarrollo y muerte íntegramente en el departamento de La Libertad.



Fotografía 4.3 Vista panorámica del río Chicama, cerca de la bocatoma del proyecto Chavimochic.

Cuenca del río Moche

El río Moche pertenece al sistema hidrográfico del Pacífico. Tiene sus orígenes en la Laguna Grande, sobre los 3988 m s. n. m., en las cercanías del pueblo de Quiruvilca. Su cuenca tiene un área total de drenaje de 2708 km² y una longitud máxima de recorrido, desde sus nacientes hasta su desembocadura, de 102 km. Presenta una pendiente promedio de 4 %. La pendiente, que es más pronunciada en los afluentes, puede llegar, como en el caso de la quebrada La Cuesta, hasta un valor de 16 %.

Asimismo, se ha establecido que su cuenca colectora húmeda o «cuenca imbrifera» es de 1418 km², lo cual ha fijado el límite inferior en la costa de los 1500 m s. n. m. Esta cifra representa solo el 52 % del área total de la cuenca, y es la que se estima contribuye sensiblemente al escurrimiento superficial.

En líneas generales, la cuenca tiene una forma alargada que se ensancha a medida que el río se acerca a su desembocadura. Sus dimensiones promedio son 96 km de largo y 25 km de ancho. Los lados que siguen su sentido longitudinal corresponden a la línea de cumbres descendientes que la separa de la cuenca de los

ríos Chicama y Virú por el sur. Los lados menores limitan, por el este, con la cuenca del río Santa y, por el oeste, con el océano Pacífico.

El río Moche discurre, desde sus nacientes hasta su desembocadura, en el océano Pacífico en forma algo sinuosa, ya que el primer tramo, desde sus nacientes hasta sus cercanías a la localidad de Tuco, corre en sentido noreste y suroeste, y adopta posteriormente el sentido sureste y noroeste hasta su confluencia con el río Otuzco. Finalmente, a partir de este último punto, toma un rumbo noreste a suroeste y desemboca, en esta forma, en el océano Pacífico (ver imagen 4.1).

El escurrimiento superficial del río Moche se debe primordialmente a la precipitación estacional que cae sobre las laderas occidentales de la cordillera de los Andes. La información pluviométrica existente

ha permitido establecer, preliminarmente, que las precipitaciones se concentran durante los meses de enero a abril, inclusive, corresponde el período de sequías extremas a los meses de junio a septiembre.

El río Moche nace en la Laguna Grande con el nombre de Río Grande, y adopta posteriormente los nombres de río San Lorenzo y río Constancia. A la altura de la localidad de San Juan, a unos 14 km de su origen, toma el nombre de río Moche, el mismo que conserva hasta su desembocadura en el mar.

Sus afluentes principales por la margen derecha son los ríos o quebradas Motil, de 82 km² de área; Chota, de 98 km²; Otuzco, de 184 km²; Cumbia, de 496 km²; Catuay, de 106 km²; y, por la margen izquierda, el río Chancacap, de 122 km².



Imagen 4.1 Imagen satelital del río Moche. Fuente: Google Earth.

Cuenca del río Virú

El sistema hidrográfico del río Virú tiene su origen en un grupo de lagunas (Usqon, Brava y Negra) ubicadas en las faldas del cedro Pelón Chico, las cuales darán origen al río Huaca Pongo posteriormente. También se origina de las concentraciones de las precipitaciones pluviales estacionales que caen principalmente en los cerros Los Colorados y Guitarras, las que dan origen al río de

las Salinas. Estos ríos confluyen en el sector de la hacienda Tomabal, lo cual da origen al río Virú.

Este colector troncal del escurrimiento superficial de la cuenca cuenta con un área de drenaje total de 2024 km². Asimismo, la superficie de la cuenca colectora húmeda o imbibfera es de 1081 km², y su límite inferior es la cota de los 1500 m s. n. m. Vale decir que el 52 % del área de la cuenca contribuye sensiblemente al escurrimiento superficial.

El curso del río Virú, desde sus orígenes hasta su desembocadura en el océano Pacífico, es muy irregular y torrencioso, y sigue una dirección predominante de noreste a suroeste (ver imagen 4.2).

Los principales afluentes del río Huacapongo, principal formador, son los ríos Palconque de 91 km² y Carabamba de 696 km² por la

margen derecha-, y, por la margen izquierda, los ríos Tontada de 43 km², Pirhuay de 25 km² y La Vega de 242 km²; mientras que los principales afluentes de los ríos de las Salinas son las quebradas de Peñon, Apingullo, Zangal, Caña Brava y Seca.



Imagen 4.2 Vista de la cuenca de los ríos Virú y Chao. Fuente: Google Earth.

Cuenca del río Chao

El sistema hidrográfico del río Chao tiene su origen en las precipitaciones estacionarias que caen en los cerros ubicados en los sectores elevados de la cuenca alta, las que darán origen posteriormente a los ríos Huamanzaña, Orobal y Cerro Blanco; el primero por la margen izquierda, el segundo por el sector central y el último por la margen derecha. Estos ríos, en su confluencia en las cercanías de la hacienda Buenavista, darán origen al río Chao.

La longitud del sistema hidrográfico del río Chao es de 76 km, y presenta una pendiente promedio de 5 %, aunque, en las partes altas de sus tributarios (especialmente en el río Cerro Blanco), se encuentran pendientes de hasta 12 %.

El curso del río Chao es algo sinuoso, ya que, desde sus orígenes hasta la confluencia de sus tres formadores principales, en los alrededores de la hacienda Buenavista, toma una dirección predominante de noreste a sureste, y desemboca en general con este rumbo en el océano Pacífico (ver imagen 4.3).

El relieve general de la cuenca es el que caracteriza prácticamente a todos los ríos de la costa; es decir, el de una hoya hidrográfica escarpada y alargada, de fondo profundo, quebrada con fuertes pendientes.



Imagen 4.3 Vista del río Chao y la localidad que lleva el mismo nombre. Fuente: Google Earth.

Cuenca del río Santa

Esta cuenca comprende territorios de las regiones La Libertad y Áncash. Es el colector troncal del escurrimiento superficial de la cuenca del río Santa. Tiene su origen en la laguna de Aguash, la cual se halla ubicada en el extremo sureste del llamado Callejón de Huaylas (Áncash), a una altura aproximada de 3944 m s. n. m. Esta laguna, a su vez, vuelca sus aguas a través del río Tuco en la laguna Conococha. El río Santa es uno de los más caudalosos de la costa.

Se ha establecido que la superficie de la cuenca total colectora es de 10200 km², de los cuales 2392.72 km² discurren sobre la región La Libertad.

El relieve general de la cuenca es bastante accidentado. Tiene, al igual que los demás ríos de la costa, una hoya hidrográfica alargada, de fondo profundo, con fuertes pendientes y de relieve escarpado y abrupto, cortada por profundas quebradas y estrechas gargantas.

El río Santa tiene un desarrollo longitudinal aproximado de 294 km desde sus nacientes hasta su desembocadura. Presenta una pendiente promedio de 1.4 %, la cual se hace más pronunciada en un tramo de 13 km de longitud, comprendido entre las desembocaduras de las quebradas Cedros y Quitarasca, que

forma el denominado «Cañón del Pato», donde alcanza una pendiente de 4 % (ver fotografía 4.4).

Desde sus nacientes, gran parte de su recorrido se desarrolla en un valle de origen tectónico encontrándose encajonado por las llamadas Cordillera Blanca y Cordillera Negra, la primera de las cuales ofrece un importante paisaje de gran atractivo para los andinistas y turistas. Aguas debajo de la laguna Conococha, el río Santa se dirige hacia el noroeste recibiendo los principales afluentes de la Cordillera Blanca, ubicada en su margen derecha y cubierta por nieves perpetuas. Este río conforme avanza hacia el noroeste, se torna más turbulento y violento hasta que, en el lugar denominado «Cañón del Pato», logra romper la Cordillera Negra, y girando en una curva hacia la izquierda, llega posteriormente a desembocar al mar.

Los primeros afluentes por la margen derecha son los ríos Tuco, Queullish, Quilca, Coronguillo, Manta, Cashapampa, Pariac, Santa Cruz, Chuquicara, Tablachaca (este último discurre en el límite entre la región Áncash y La Libertad), mientras que, por la margen izquierda, solo cuenta, aguas abajo del Cañón del Pato, con el río Quipu. Aguas debajo de la hacienda La Rinconada, el valle se ensancha permitiendo la formación de un pequeño cono de deyección, el cual tiene aproximadamente 8.5 km de ancho en su extremo distal.



Fotografía 4.4 Vista del río Santa, en el sector El Silencio, distrito Chao, provincia Virú, límite con la región Áncash.

Cuenca del río Crisnejas

Este río se encuentra al sudeste de Cajamarca. Está formado por el río Cajamarquino que desciende desde la provincia de Cajamarca atravesando el valle del mismo nombre y llega hasta el valle de Condebamba, ubicado a 2000 m s. n. m., donde se une con el río Condebamba o Huamachuquino, que corre de sur a norte y que nace en la provincia de Sánchez Carrión de la región La Libertad, atravesando la provincia de Cajabamba.

El río Crisnejas, así formado, corre en dirección este, donde tributan los ríos Sanagorán y Huamachuco, para luego desembocar en el Marañón y con un recorrido de mucha pendiente y con sucesivas cascadas.

El caudal registrado en la estación de aforo Puente Crisnejas, ubicado entre los distritos Eduardo Villanueva (provincia San Marcos) y Sitacocha (Cajabamba), registra 45.37 m³/s, promedio entre los años 1968 y 1977.

Cuenca del 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 5800 m s. n. m. de altitud (ver fotografía 4.5). Recibe, en sus orígenes, los desagües (aguas) de las lagunas

Niñococha, Santa Ana y Lauricocha (Huánuco), además de los deshielos del nevado Matador. Parte del área de estudio se ubica en la cuenca denominada Alto Marañón.

El Alto Marañón

Forma parte del río Marañón que comprende desde el nevado de Raura (naciente) y 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.

El Alto Marañón tiene un curso orientado de sureste 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, podemos encontrar numerosos pongos y cañones que dificultan la navegación.

En la región La Libertad, los principales afluentes del Alto Marañón, por su margen izquierda, son los siguientes ríos: Chusgón, Gansul, San Sebastián. Por su margen derecha, se encuentran los ríos Cajas, Parcoy, Lavasen y Cujibamba.



Fotografía 4.5 Vista del río Marañón.

Cuenca del río Alto Huallaga

Esta cuenca comprende territorios de las regiones Pasco, La Libertad y San Martín. La cuenca integral de río Huallaga, desde sus nacientes en las alturas de cerro de Pasco hasta la ciudad de Huánuco (Puente Taruca), tiene una extensión aproximada de 4789.4 km² (ver imagen 4.4). En la región La Libertad, comprende el 26.4 % (1266.38 km²) del área total de la cuenca.

Es una cuenca húmeda en su integridad, sometida a precipitaciones significativas. Tiene cuatro subcuencas en el Alto Huallaga.

La subcuenca del Alto Huallaga, hasta el pueblo de Ambo, tiene una extensión de 1582.3 km², con una longitud de cauce de 83 km. Se pueden distinguir cuatro subcuencas secundarias: río Tingo, río Ticlacayam, río Pucurhuay y río Blanco. Esta última discurre sus aguas en la región La Libertad.

La línea de cumbres de la subcuenca bordea los 4800 m s. n. m. y desciende a 3200 m s. n. m. en su extremo inferior. El fondo del cauce está entre 200 y 1200 m, por debajo de la línea de cumbres. La pendiente promedio del cauce es de 2.8 % que baja de los 4400 a 2850 m s. n. m.

Lagunas

Entre los recursos hídricos importantes en la región, se estima la existencia de 246 lagunas según la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), ubicadas principalmente en la sierra liberteña, la mayoría en Pataz, Bolívar y Santiago de Chuco. Entre ellas, se tiene Pias (Pataz), el Toro y Sausacocha (Sánchez Carrión), y Los Ichus (Bolívar).

En la zona, existe una serie de lagunas con dimensiones y volúmenes variables. Dentro de la región La Libertad, se tiene, en la cordillera occidental, las más grandes y conocidas. Entre ellas, están las lagunas Collacocha, Sausacocha, Collasgón, Laguna Verde, Laguna Negra, Huangagocha, Piaz, Quishuar, Jelosay, Laguna Grande, Laguna de los Ángeles.

Laguna de Sausacocha

Se localiza a 6 km al este de la ciudad de Huamachuco. Tiene una extensión de 172 hectáreas de espejo de agua. Su profundidad varía entre 1.50 m en la orilla y de 12 a 15 m en el centro (ver fotografía 4.6).

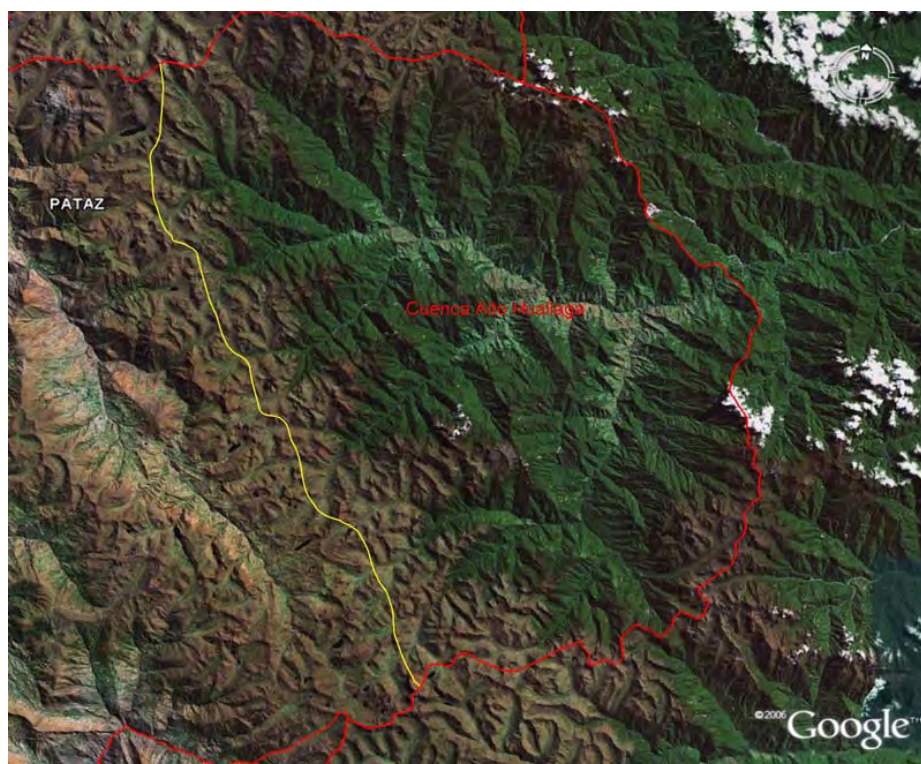


Imagen 4.4 Vista de la cuenca Alto Huallaga. Fuente: Google Earth.

Sus aguas son de color azulado y de baja temperatura. En ellas se crían truchas y carpas. Por sus alrededores, hay gran cantidad de totora, carrizo y otros vegetales que sirven de hábitat a patos silvestres y gallaretas.

La laguna es alimentada por las aguas de las lluvias y por filtraciones. Es navegable y hasta se puede realizar la práctica de deportes acuáticos.

Los pobladores explican su origen mediante subjetivas leyendas y mitos. Según su toponimia, Sausacocha proviene de *saws* 'saucé' y *cocha* 'laguna'; esto es, 'Laguna rodeada de sauces'.

Laguna Pias

Esta laguna se encuentra ubicada en el distrito de Pias, provincia de Pataz de la región La Libertad, a un altitud promedio de 1950 m s. n. m. La formación de la laguna se debe a la ocurrencia de un antiguo megadeslizamiento, arrancado en el cerro Chacpachuccho, ubicado en la margen derecha del río San Miguel. Se registraron, por lo menos, dos grandes deslizamientos que represaron el río

Parcoy, y que posteriormente, por erosión fluvial, provocaron el rompimiento de la presa (ver fotografía 4.7).

El río Parcoy, al cruzar la laguna Pias, adopta el nombre de río San Miguel, y finalmente desemboca en el río Marañón como un tributario más.

La laguna Pias tiene una capacidad de almacenamiento estimada en 20 000 000 m³ y una superficie de 2.4 km². Su forma es alargada. Se encuentra alimentada por los ríos Parcoy, El Sitio y por otros tributarios secundarios de caudal temporal.

Laguna de Collasgón

También es llamada como los pantanos de Collasgón. Se ubica en el sector de Cuyupampa, en el trayecto entre Huamachuco y Curgos. Esta laguna es el hábitat de una gran variedad de patos silvestres y otras aves. En los alrededores, entre el pastizal y la totora de los pantanos, habita gran cantidad de cuyes silvestres y gallaretas.



Fotografía 4.6 Vista de la laguna Sausacocha, a 6 km de la ciudad de Huamachuco, provincia Sánchez Carrión.



Fotografía 4.7 Vista de la laguna Pias, provincia Patate.

CAPÍTULO V

ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

POR GERSON COTRINA CHÁVEZ

GENERALIDADES

El presente capítulo presenta la descripción de la hidrogeología de la región La Libertad. En esta región, existen varias cuencas, muchas de ellas pertenecientes a la vertiente del Pacífico (Chao, Virú, Chicama y Santa), mientras que, en la vertiente del Atlántico, se tiene la cuenca del río Marañón, de la cual parten varias subcuencas que son muy importantes para la alimentación de acuíferos fisurados en la parte alta.

La existencia de agua subterránea se evidencia en la presencia de bofedales, manantiales, surgencias y humedales que le dan un aporte a los caudales de los ríos. El agua subterránea es usada principalmente para el abastecimiento de la población, así como para el uso agropecuario e industrial.

Para el sector de la vertiente del Pacífico, en la zona del Piso de valle, después de la puesta en funcionamiento del proyecto Chavimochic en 1985, el uso de las aguas subterráneas en el acuífero detrítico ha disminuido. La presencia de humedales cerca de la línea de playa son manifestaciones físicas de la presencia de agua subterránea. Esto debido al excesivo regadío que realizan los agricultores de los valles de Chao, Virú, Chicama y Moche.

Para la vertiente del Atlántico, las condiciones hidrogeológicas están asociadas a las intensidades de las precipitaciones pluviales, a las características litológicas de las formaciones geológicas, grados de alteración y fracturamiento; y a la distribución del sistema de drenaje pluvial. 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 proveniente de las aguas domésticas, agropecuarias e industriales, las cuales carecen de tratamiento antes de ser vertidas en cauces de ríos y el suelo.

PRINCIPALES FORMACIONES HIDROGEOLÓGICAS DE LA REGIÓN LA LIBERTAD

Los acuíferos principales de la región se encuentran en depósitos porosos no consolidados y en acuíferos fisurados. Las unidades que afloran en la región La Libertad, según los parámetros hidrogeológicos (porosidad y permeabilidad) aunados al

componente litológico y estructural, fueron clasificadas de la siguiente manera (ver mapa n.º 3).

Acuíferos

Son las formaciones rocosas que permiten transmitir y almacenar agua en pequeñas o grandes proporciones. En la región La Libertad, 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 tienen facilidad de transmitir y almacenar agua. Son importantes porque en ellos se encuentra la mayor parte del agua subterránea. En esta unidad, se han separado, de acuerdo con su transmisividad, en acuíferos de alta, mediana y baja productividad. Esta unidad se encuentra conformada por gravas que van de subangulosas a subredondeadas en matriz arenosa, con esporádicos lentes de arcillas y limos.

Esta unidad se ha clasificado según su productividad en:

Alta productividad (APe-I)

Esta subunidad la conforman los depósitos fluviales, aluviales y proluviales, los cuales se encuentran contorneando la mayoría de ríos, quebradas, terrazas bajas, llanuras aluviales y los materiales que se encuentran en los conos de deyección. Se presentan inconsolidados; en algunos casos, pueden tener una gran potencia y, en otros, solo pueden ser casi superficiales. Su transmisividad es alta, por lo que es alta su producción. Está constituida principalmente por depósitos heterogéneos de cantos y gravas subredondeadas con matriz arenosa poco consolidados, así como por materiales de escombros que fácilmente son removibles. Estos depósitos se encuentran principalmente en los sectores del Piso de valle como en Jequetepeque, Guadalupe, Ascope, Trujillo, Huanchaco, Chao y Guadalupito.

Mediana productividad (APr-I)

La constituyen los depósitos de ambiente coluvial y deluvial, los cuales son depósitos de piedemonte, deslizamientos, derrumbes, movimientos complejos, entre otros. Su distribución

es mayormente caótica. Por lo general, son depósitos que se encuentran conformados por clastos heterogéneos, con matriz arcillosa a limosa y arenas no compactas. Esta última característica no ayuda en la transmisividad efectiva de las aguas subterráneas, por lo que se considera de producción regular. Principalmente, se encuentran en las zonas altas de Chillia, en algunos sectores de Pataz y en las riveras del río Chicama.

Baja productividad (APp-I/II/III/IV)

Agrupar a los depósitos glaciales, glacio-fluviales, eólicos y marinos. Estos depósitos son poco a medianamente compactos. Poseen una permeabilidad y transmisividad muy variable. En esta subunidad, también se incluyen a los materiales de los taludes de detritos.

b) Acuíferos fisurados sedimentarios

Esta unidad hidrogeológica se caracteriza porque las aguas se transmiten y almacenan en las fisuras de las formaciones sedimentarias. Estas formaciones son, en algunos casos, muy estacionales, (esto quiere decir que puede contener aguas subterráneas solo por temporadas) y, en otros, son prolongadas; todo depende del espaciamiento entre fisuras. Entre las formaciones características se tiene:

Acuífero conformado por areniscas y cuarcitas (AFSe-I)

Esta unidad se encuentra conformada principalmente por areniscas, lutitas y conglomerados, con intercalación de areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas, y lechos de cuarcitas, las cuales se encuentran fisuradas por la presencia de fallas, pliegues y lineamientos estructurales. No es extraño encontrar algunas surgencias en los afloramientos con características termales, ya que los recorridos que poseen las aguas que se infiltran en estas formaciones son muy extensos, y el gradiente geotermal hace que las aguas adquieran temperaturas elevadas. Los sectores donde existe esta unidad hidrogeológica se encuentran en las localidades de Sánchez Carrión, Sarín, Sayapullo y Gran Chimú.

Acuífero conformado por calizas, calizas y margas (AFSp-I)

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 se ha observado el afloramiento de esta unidad se encuentran formando dolinas y karst, lo que indica una alta producción; sin embargo, en otros sectores, las margas hacen que la productividad varíe. Es por ello que esta

subunidad posee poca conductividad hidráulica. Se pueden observar los afloramientos de esta formación en el sector de Curgos, Chugay y Santa Cruz de Chuca.

c) Acuíferos fisurados volcánico-sedimentarios

Esta unidad hidrogeológica se caracteriza porque las aguas que transmite y almacena son por medio de las fisuras de las formaciones volcánicas sedimentarias. Las características de esta unidad hidrogeológica son muy especiales, puesto que la composición de las aguas, en algunos casos, tiene altas concentraciones de minerales, o su pH es bajo y su conductividad es muy alta. Tienen diferente comportamiento que los fisurados sedimentarios, ya que no forman dolinas ni oquedades.

Entre las formaciones características se tiene:

Acuífero conformado por areniscas, conglomerados y derrames andesíticos (AFVsr-I)

Esta unidad agrupa rocas que tienen una secuencia de rocas volcánicas intercaladas con rocas sedimentarias, como areniscas, calizas, lutitas y conglomerados. Estas secuencias, en muchos casos, son muy competentes; en otros, son muy sueltas, lo que indica poca capacidad de transmisividad y aumento de su productividad por fallas. Muchos de los afloramientos de esta unidad hidrogeológica se encuentran hacia el este de la región La Libertad, en los sectores de Huaylillas, Bolívar, Longotea y el río Chocta.

Acuitardos (AT):

Esta unidad se caracteriza por ser poco permeable, lo que indica que puede almacenar agua, pero la transmite muy lentamente.

Entre las formaciones que se encuentran en la región La Libertad, se han identificado las siguientes unidades litológicas:

a) Acuitardos intrusivos (AT-I / II / III / IV)

Estas unidades hidrogeológicas están compuestas por todas las rocas intrusivas en la región La Libertad, las cuales, en su parte superficial, pueden almacenar gran cantidad de agua, pero no transmiten mucho a las demás formaciones en profundidad. Dentro de las principales unidades intrusivas existentes en la cuenca, se tiene a las rocas formadas por granitos y monzogranitos, tonalitas y granodioritas, gabros y dioritas. Algunas de estas unidades afloran en el sector de Julcán, Huaso, Carabamba, La Cuesta, Usquil y Poroto.

b) Acuitardos volcánicos (AT-V / VI)

Dentro de esta unidad hidrogeológica, se encuentran materiales conformados por rocas volcánicas entre tobas, secuencias lávicas y piroclásticas, cuyas permeabilidades son muy pobres y cuya porosidad es alta.

c) Acuitardos sedimentarios (AT-VII / VIII)

Están constituidos por diferentes formaciones litológicas, principalmente por lutitas, lodolitas, areniscas y conglomerados, que se encuentran compactos, que no transmiten tan rápidamente el agua y cuya porosidad no es tan efectiva. Estas formaciones son muy buenos almacenes de agua subterránea, pero no transmiten fácilmente. En esta unidad, se tiene a las rocas de las formaciones Chota, Condebamba, Santa Rosa, Huaylas, Chicaza, Contaya y Carhuaz.

d) Acuitardos volcánicos sedimentarios (AT-IX)

Se encuentran conformados por diferentes formaciones litológicas que no transmiten el agua tan rápidamente y cuya porosidad no es tan efectiva. Dentro de estas unidades hidrogeológicas, se encuentran los materiales andesíticos y conglomerados, con poca transmisividad y alta porosidad. Estas rocas pertenecen a las formaciones Casma, Oyotún, al grupo Zaña y Mitu.

Acuicludo (Ac-i)

Esta unidad se caracteriza por no transmitir agua, pero sí su almacenamiento. Dentro de las manifestaciones existentes en la región La Libertad, se tiene a los esquistos, micaesquistos y gneis, que en algunos casos se encuentran alterados por la excesiva acción de la lluvia, de tal manera que forman material suelto, el cual posee una permeabilidad superficial alta. En profundidad, la naturaleza de estos materiales son muy compactos, lo que lo hace un acuicludo que puede almacenar, mas no transmitir nada de aguas subterráneas.

VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS EN LA REGIÓN LA LIBERTAD

El agua de los acuíferos porosos no consolidados puede contaminarse de varias formas. Se saliniza por prácticas inadecuadas de riego, donde aportan sales al acuífero, bien sea por disolución, por quema de pastizales, por el uso de fertilizantes y pesticidas en los cultivos o por efecto de sobreexplotación de agua subterránea, 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 descargas de agua con bacterias, coliformes fecales, contaminantes químicos que inciden directamente en el acuífero o indirectamente a través de pozos, contaminan el acuífero de la región. Los lixiviados de botaderos de basura o superficies contaminadas también contaminan los acuíferos.

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

Vertimiento de aguas servidas

Las aguas servidas son una mezcla de 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.

Los sectores donde el vertimiento de aguas servidas no tiene control se ubican en la sierra. En estos sectores, el control sanitario se realiza mediante letrinas, las cuales no se encuentran revestidos; en consecuencia, los lixiviados se infiltran en algunos lugares donde existen acuíferos fisurados, contaminándolos. En el sector del piso de valle, se realiza el tratamiento de aguas residuales para reutilizarlas en el cultivo de alfalfa, caña de azúcar, pastizales, entre otros. Sin embargo, este proceso no es controlado, lo que puede contaminar, en algún momento, el acuífero poroso de los sectores de Virú, Trujillo, Chao y Jequetepeque, por lo que se recomienda ejecutar controles permanentes en el tratamiento de aguas residuales, monitoreando continuamente las aguas tratadas con la finalidad de evitar la contaminación del acuífero.

Vertimiento de residuos sólidos y desmontes en cuerpos de agua

Es costumbre generalizada, en la mayoría de las regiones de la costa, el vertimiento de basuras y desmontes en las orillas de los ríos, sin ningún cuidado y control. La basura está conformada por residuos de plásticos, vidrios, latas y restos orgánicos, que no se descomponen o al descomponerse producen sustancias tóxicas (el fierro produce óxido de fierro), que producen impactos negativos. En épocas de estiaje, se concentra la mayor cantidad de basura, por ejemplo, en el río Loco-Chamán y en el río Moche.

Vertimiento de productos químicos y desechos industriales

Es la deposición de productos diversos (abonos, petróleo, aceites, ácidos, soda, aguas de formación o profundas, etc.) provenientes 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 acuíferos. Esto se desarrolla principalmente en la zona del piso de valle, donde las características de los acuíferos son más vulnerables para la contaminación.

CAPÍTULO VI

CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO

POR GRISELDA LUQUE

GENERALIDADES

Se considera a los mapas geomorfológicos una herramienta indispensable para el análisis de los peligros naturales por su estrecha relación con los procesos de movimientos en masa (procesos geodinámicos).

En general, desde el punto de vista morfoestructural regional, el área andina representa el 80 % del territorio de la región La Libertad. Esto significa que han actuado fuerzas que originaron el territorio nacional sobre dicha área. Así, la morfología de la región ha sido fuertemente influenciada por el levantamiento y la contracción de los Andes, y por fenómenos de erosión y denudación, tales como los fluviales y los de efecto glacial. El proceso geodinámico ha sido muy intenso, tal y como lo indican su accidentado relieve, los pliegues, fallas y brechas en algunas zonas de formación estratigráfica y erupciones volcánicas.

La Cordillera Occidental forma parte de esta región a partir de los 8° 15' de latitud sur y de los 77° 45' de longitud occidental, con una dirección E-O hasta el cerro Juanida (4191 m s. n. m.). Los Andes orientales siguen una dirección S-N y constituyen una barrera de gran importancia climática.

Los Andes en la región han sido fuertemente transformados durante millones de años por un conjunto de fuerzas externas e internas, cuya acción conjunta ha dado como resultado un territorio costero poco accidentado, aunque con numerosas incidencias andinas, así como un territorio fuertemente accidentado que se caracteriza por sus valles transversales y longitudinales que han sido excavados por los ríos que drenan el departamento.

Al producirse los últimos grandes levantamientos durante el Terciario, las aguas fluviales iniciaron el tremendo trabajo de drenar el altiplano, lo que originó el excavamiento de los valles y de sus cuencas hidrográficas, así como el perfilamiento de la Cordillera Occidental, que es la divisoria continental de las aguas, y de la Cordillera Central, que es la divisoria regional.

Una vez aclarados los procesos morfogenéticos, se realiza el mapa geomorfológico. Este último se considera una herramienta indispensable para el análisis de los peligros naturales por su estrecha relación con los procesos de movimientos en masa (procesos geodinámicos).

El origen de estos ambientes geomorfológicos está muy ligado al proceso del levantamiento andino (profundización y ensanchamiento de valles) mencionado anteriormente. Asimismo, está asociado a eventos de glaciación y deglaciación, procesos de movimientos en masa, etc.

Las unidades geomorfológicas diferenciadas son muy variables, producidas por agentes tectónicos, erosionales y depositacionales, ocurridos a lo largo de su historia geológica.

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

La cartografía geomorfológica y delimitación de unidades¹ se fundamenta 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, piedemontes y montañas) teniendo en cuenta su amplitud de relieve (altura relativa); para el caso de montañas se consideró, además, como criterio de diferenciación la pendiente.
- 3) Se incluye en la descripción de las diferentes unidades, la litología principal de los afloramientos rocosos 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, la cual toma gran importancia en los procesos morfogenéticos (Pellegrini, 2000), principalmente en la utilización de colores para las diferentes unidades, los cuales se encuentran estandarizados en los países europeos.

¹ Es 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 (En: TAPIA-VARELA, G. y LOPEZ-BLANCO, J., 2001).

Se consideró la base topográfica del Perú a escala 1:100 000 y la geología (Carta Geológica Nacional), teniendo en cuenta los límites de las unidades geológicas (sustrato 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 aéreas².

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

Las unidades geomorfológicas de la región están relacionadas a procesos erosivos y control litológico estructural, así como también por depositación como son las acumulaciones de depósitos de piedemonte, fluvio-glaciales, etc., asociación morfogenética (fluvial, aluvial, glacial y gravitacional), que permitió establecer las unidades geomorfológicas. Estas últimas se han podido clasificar en dos grandes clases según sus geofomas, las cuales se describen a continuación (ver mapa n.º 4):

Geofomas de carácter tectónico-degradacional y erosional

Presentan mayor distribución en el área de estudio. Se reconocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, etc.).

En el contexto general, se encuentran conformadas por alineamientos alargados, constituidos por rocas de tipo metamórfico, intrusivo, extrusivo (volcánico) y sedimentario, con un moderado estado de meteorización superficial y de erosión.

Se caracterizan por presentar cimas crestadas como resultado de la interstratificación de litologías variadas. En algunos casos, son cimas amplias o subredondeadas, las que constituyen divisorias de aguas. Muchas de ellas se encuentran conformadas por roca descubierta; es decir, no existe cobertura de suelos, lo que produce procesos de meteorización y erosión superficial de la roca expuesta.

Las laderas presentan una 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 Neógeno, generalmente ubicadas inmediatamente debajo de las cimas.

Para una mejor aplicación según los objetivos del estudio, se dividieron en seis subgrupos:

Relieve montañoso o colinado en rocas metamórficas (RMC-rm)

Constituyen relictos de cadenas montañosas antiguas expuestas en el lado oriental de la región. Esta unidad representa el 11.76 % del área total de la región. Por su carácter litológico (complejo Maraón e intrusivos paleozoicos), originan superficies moderadas a ligeramente abruptas, superficies de cimas redondeadas y alargadas, y drenajes dendríticos muy densos con valles en V. Se localizan en los sectores de Sartimbamba, Aricapampa, Huayo, Sitabamba y Marca Capilar (ver fotografía 6.1), y en los sectores encañonados del río Maraón y algunos tributarios.

Esta unidad se presenta muy erosionada y asociada a procesos de cárcavas y flujos de detritos.

Relieve montañoso o colinado estructural-erosional en rocas sedimentarias (RMCE-rs)

Comprende una amplia zona de distribución de relieve en la región, ocupando el mayor porcentaje con 25.36 %. Se encuentra expuesto en el lado nororiental. Incluye laderas de montañas y colinas estructuralmente plegadas (anticlinales y sinclinales), con pendientes que varían desde suaves hasta abruptas, erosionadas (ver fotografía 6. 2 y 6.3).

Litológicamente, está compuesto por secuencias sedimentarias de las formaciones cretácicas principalmente (lutitas, areniscas, lutitas carbonosas y, también, secuencias de calizas). Estructuralmente, se asocia a una zona de pliegues estrechos, sobreescurrecimientos e imbricaciones. Se encuentra conformada por las formaciones Crisnejas, Casma, Goyllarisquizga (Chimú, Santa-Carhuaz, Farrat), Celendín y Huaylas. Localmente, pueden reconocerse montañas anticlinales, con laderas estructurales notables o cuestras.

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

Corresponde a rocas sedimentarias y volcánicas del Pérmico, como la formación Mitu y Casma. Las laderas presentan rangos de pendiente entre 15° y 28°. Presenta una morfología moderada hasta suave, muy distribuida en la región. Se encuentra colindante con zonas de fuerte pendiente y también montañas con laderas estructurales. Se distribuye principalmente en la parte suroccidental de la región. Equivale al 4.96 % del área total de la región. Se localiza en los sectores de Huanaco, León, Coscobamba y Portachuelo (ver imagen 6.1).

En esta unidad, se presentan derrumbes y caída de rocas, deslizamientos (en roca), y procesos de erosión de laderas.

² La fotointerpretación geomorfológica se llevó a cabo usando imágenes satelitales Landsat y fotografías aéreas, y 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.



Fotografía 6.1 Relieve montañoso en rocas metamórficas, en el sector Sitabamba, disectado por el río San Sebastián, provincia Santiago de Chuco.



Fotografía 6.2 Vista de un relieve montañoso estructuralmente plegado (anticlinal), camino a Huaranchal.



Fotografía 6.3 Vista de un relieve colinado estructuralmente plegado (anticlinal), alrededores de la laguna Pias, provincia Pataz. Bordean las montañas estructurales.

Relieve montañoso o colinado en rocas volcánicas (RMC-rv)

Se expone ampliamente en el lado occidental y sur de la región, y en la frontera con la región La Libertad, ocupando el 18.94 % del área total de la región. El paisaje muestra acumulaciones de materiales volcánicos del tipo de derrames lávicos, piroclásticos o intercalaciones de ambos.

Litológicamente, corresponde al grupo del volcánico Calipuy. La morfología más característica está representada por superficies planas y onduladas que forman altiplanos volcánicos amplios, con frentes escarpados a abruptos. Se presenta en los sectores de Otuzco, Colpa, Calipuy, Huaso y Julcán. Los movimientos en masa asociados son derrumbes, deslizamiento, caída de rocas y erosión de laderas (ver fotografía 6.4).

Relieve montañoso o colinado en rocas intrusivas (RMC-ri)

Se distribuye en forma discontinua y principalmente en el lado occidental, ocupando el 13.48 % del área total de la región. Se dispone como *stock* o batolitos de formas irregulares a alargadas. Por su naturaleza litológica, se originan geoformas con laderas subredondeadas a cóncavas hasta escarpadas por erosión pluvial.

El drenaje característico es de tipo dendrítico a dendrítico rectangular por la presencia de fracturas o diaclasas. Presenta valles profundos en forma de V.

Sus laderas presentan pendientes pronunciadas a fuertes (ver fotografía 6.5).

Se encuentra en rocas intrusivas de tipo granodiorita, dioritas, tonalitas y granitos, que conforman la Cordillera Oriental en el sector este, límite con la región San Martín, y en el sector occidental (Higuerón, Sinsicap y La Cuesta.).

Geodinámicamente, el relieve está asociado a las ocurrencias de derrumbes y caída de rocas.

Relieve Kárstico R-kr

Zona que posee una topografía particular. Se presenta en zonas calcáreas o dolomíticas, 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).



Imagen 6.1 Vista del relieve colinado en rocas sedimentarias y volcánicas, en la margen derecha del río Santa, al suroeste de la región. Imagen del Google Earth.



Fotografía 6.4 Vista de un relieve montañoso en rocas volcánicas (RMC-rv) pertenecientes al volcánico Calipuy, ubicado en el sector Loma Colorada, localidad de Huanchaco (H).



Fotografía 6.5 Vista de un relieve montañoso en rocas intrusivas frente al pueblo Sinsicap.

En la región, se tiene depresiones cerradas denominadas dolinas (ver fotografía 6.6). Se ubica al este de la localidad de Chillia, aproximadamente a 6.5 km, y al noreste del poblado de Taurija (ver imagen 6.2). Representa el 0.19 % del área total de la región. Se presenta principalmente en rocas carbonatadas. El relieve se encuentra asociado a peligros geológicos como caída de rocas, derrumbes y desplomes.

Geformas de carácter deposicional o agradacional

Para delimitar las geformas de carácter deposicional o agradacional, se reconocieron aquellas características que las conforman, como el depósito y acumulación de material, y las rupturas de pendiente características. Para los objetivos que persigue el presente estudio, fue necesario la individualización de depósitos de movimientos en masa o gravitacionales (deslizamientos, flujos y combinaciones) y depósitos glacio-fluviales. Asimismo, se consideraron los depósitos con superficies planas asociadas a laderas estructurales, depósitos aluviales antiguos y fluvio-glaciares, ubicados inmediatamente en los cursos fluviales y fondos de valle, limitados en muchos casos por depósitos de piedemontes y laderas de montañas o colinas.

Para una mejor descripción, se han diferenciado diecinueve subunidades:

Piedemonte aluvio-torrencial (P-at)

Es una planicie inclinada extendida al pie de los sistemas montañosos occidentales, formada por la acumulación de corrientes de agua estacionales, de carácter excepcional, asociadas usualmente al fenómeno El Niño. Ocupa el 4.48 % del área total de la región. Corresponde a las quebradas afluentes a los ríos Loco de Chamán, Jequetepeque, Chicama, Moche, Virú, Chao y Santa (ver imagen 6.3).

Geodinámicamente, están asociado a flujos de detritos excepcionales.

Piedemonte aluvial (P-a)

Corresponde a las planicies inclinadas que descienden hacia el río Marañón y afluentes, como el río Lavasen. Representa el 0.03 % de la superficie de la región. Está constituido por una sucesión de abanicos aluviales o deluviales que descienden de las colinas y montañas circundantes tanto a valles afluentes o directamente al río Marañón (ver imagen 6.4).



Imagen 6.2 Vista de relieve Kárstico (R-Kr), en el sector Chillia, provincia de Pataz. Fuente: Google Earth.



Fotografía 6.6 Vista de una dolina en el sector Urpay, provincia Pataz.



Imagen 6.3 Vista de piedemonte aluvio-torrencial, al noroeste de Casagrande. Fuente: *Google Earth*.



Imagen 6.4 Vista de un piedemonte aluvial, confluencia de los ríos Lavasén y Marañón. Fuente: *Google Earth*.

Está asociado a la ocurrencia de flujos de detritos (huaicos) periódicos y excepcionales, y erosión fluvial.

Piedemonte coluvio-deluvial (P-cd)

Se origina de la acumulación de materiales heterogéneos de tamaños variados en las bases de las laderas de montañas, colinas, lomas y escarpes, por efectos de las acumulaciones de depósitos de magnitud cartografiable. Está asociado a movimientos en masa (deslizamientos, deslizamiento-flujos, derrumbes y avalanchas de detritos principalmente). Se incluyen procesos de reptación, relativamente antiguos a prehistóricos. Los piedemontes coluvio- deluviales fueron identificados durante los trabajos de campo en las imágenes satelitales y fotografías aéreas (ver fotografía 6.7).

Generalmente, su composición litológica es homogénea; los depósitos de corto recorrido están relacionados a las laderas superiores adyacentes.

Los principales ejemplos cartografiados se ubican en los sectores de Pias, Genolen, Asia, La Collpa y Tayabamba, los cuales pueden reactivarse a manera de deslizamientos, derrumbes, movimientos complejos o sufrir procesos de erosión de laderas (surcos, cárcavas). Constituyen el 0.92 % del área total de la región.

Vertiente de detritos (Vd)

Es un depósito inconsolidado acumulado en las partes bajas de las laderas de 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 presenta una geoforma característica (ver fotografía 6.8).

Por encontrarse cerca de su fuente de origen, presenta una naturaleza litológica homogénea. Sin embargo, su granulometría es variable, con fragmentos angulosos; y su grado de compacidad es bajo, no consolidado. Representa el 0.93 % del área de la región.

Está asociada 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 la margen izquierda de los ríos Chicama y Grande, ambas márgenes de los ríos Casca y Cajas e inmediatamente debajo de las montañas estructurales.

Vertiente glacio-fluviales (V-gf)

Se encuentra ocupando las laderas y fondos de valles glaciares en las zonas montañosas que han sufrido un proceso de deglaciación en el Pleistoceno.

Corresponde a sedimentos de formas irregulares que bordean zonas montañosas de litología sedimentaria y volcánica, y que se han originado por procesos de deglaciación durante el Pleistoceno. Su distribución en la región está restringida, ocupando el 0.22 % del área total de la región, a altitudes superiores a los 3800 m s. n. m., al lado oriental de la región. La vertiente está conformada por depósitos glaciofluviales (ver imagen 6.5).

Geodinámicamente, está asociada a reptación de suelos en terrenos saturados, colapsos o derrumbes, y flujos.

Valle glaciario con lagunas (V-g)

Corresponde a depresiones ubicadas en las cabeceras de los valles de los ríos afluentes al río Marañón (margen izquierda), en el sector Rangrarangra, al sureste de la región, quebrada que lleva el mismo nombre (ver fotografía 6.9).

Estos valles constituyen tributarios de ambientes glaciares con formación de lagunas de diferentes dimensiones. Ocupan solo el 1.0 % del total de la región. Están conformados por depósitos glaciares y fluvio-glaciares asociados. Como ejemplo de esta unidad, se tiene la laguna Qhishuar, ubicada al oeste de la región, cerca del límite con la región San Martín. Se encuentra asociado a la generación de flujos de detritos, por el colapso de diques morrénicos de lagunas.

Valle fluvial y terrazas indiferenciadas (VT-i)

Consiste en valles tributarios de cauce angosto, no diferenciable a la escala de trabajo. Presenta terrazas adyacentes discontinuas encima de la llanura de inundación fluvial, en la margen izquierda del río Marañón. Constituye el 0,16 % de la superficie de la región. Está asociado a erosión fluvial y derrumbes en las márgenes activas (ver imagen 6.6).

Valle de represamiento (V-r)

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 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 desfogue.



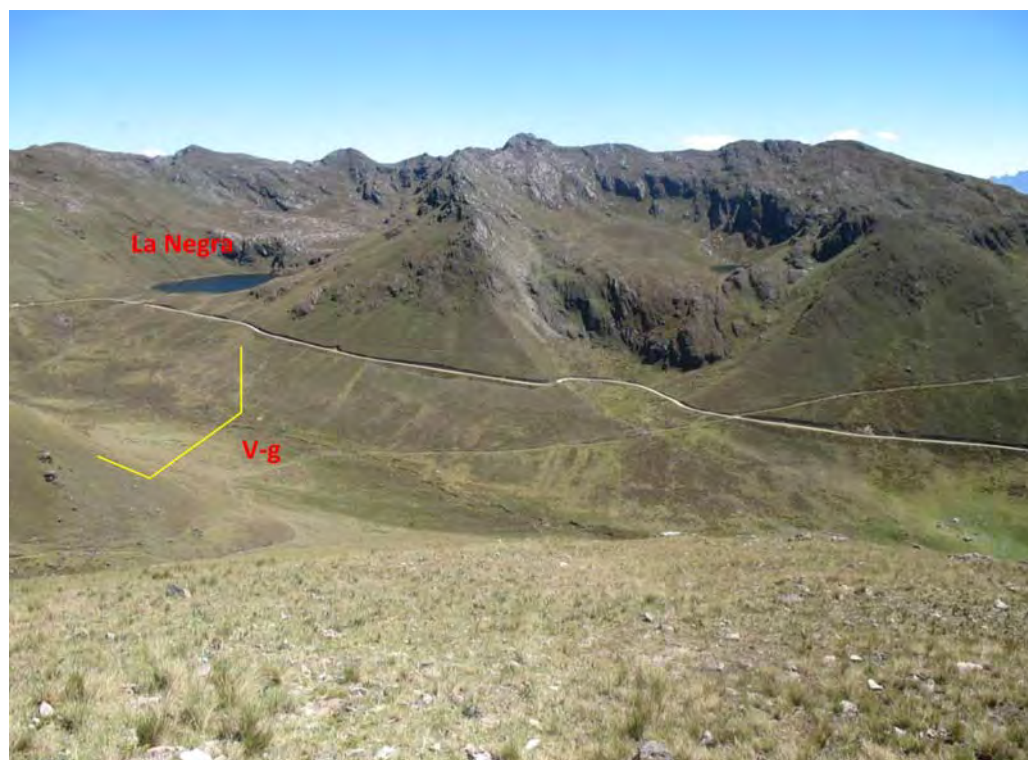
Fotografía 6.7 Vista de un piedemonte coluvio-deluvial (P-cd) conformado por el material procedente de un deslizamiento antiguo. Sector La Colpa, distrito Tayabamba, provincia Patatez.



Fotografía 6.8 Depósito de vertiente de detritos (Vd) formado por la acumulación de clastos caídos desde la parte superior de la ladera, margen derecha del río Santa.



Imagen 6.5 Vista de los depósitos glacio-fluviales (V-gf) en las cabeceras del río Chivano, afluente del río Marañón (margen derecha), sector nororiente de la región, cerca del límite con la región San Martín. Fuente: *Google Earth*.



Fotografía 6.9 Vista de un valle glaciar con laguna (La Negra) V-g. Sector Rangrarangra, provincia Sánchez Carrión.



Imagen 6.6 Valle fluvial y terrazas indiferenciadas (VT-I), río Marañón. Fuente: *Google Earth*.

La unidad de valle de represamiento fue identificada en los ríos Parcoy y Buldibuyo, ubicados cerca del poblado de Pias y Buldibuyo, respectivamente. El valle fue originado por deslizamientos, cuyos materiales cerraron el valle (ver fotografía 6.10).

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

Abanicos de piedemonte (Ab)

Conos y abanicos con ligera pendiente hacia el valle (desde suave 2° hasta $10-15^\circ$), formadas por acumulaciones de material suelto en la desembocadura de quebradas o ríos tributarios. Están compuestos por depósitos de detritos clásticos de variados tamaños.

Pueden generar el represamiento del valle o desviaciones de cursos fluviales, lo que controla la morfología actual de valles. 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.

Sus principales exposiciones se pueden apreciar en los valles del río Chicama, Santa y Marañón (ver fotografías 6.11, 6.12 y 6.13). Constituyen el 0.26 % del área total de la región.

Están asociados a flujos de detritos (huaicos) periódicos y excepcionales que erosionan parte del abanico antiguo o se restringen a una margen, así como a procesos de erosión fluvial, erosión de laderas, flujos y avalanchas de detritos posteriormente canalizados.

Llanura aluvial o cauce inundable (Lli)

Corresponden a superficies bajas, adyacentes a los ríos principales, sujetas a inundación recurrente (estacional o excepcional). En algunos casos, están ocupadas por áreas urbanas y agrícolas. Morfológicamente, se distinguen como terrenos planos compuestos de material no consolidado, removible (ver fotografías 6.14 y 6.15).

En la región La Libertad, sus mejores exposiciones se encuentran principalmente en ambas márgenes de los ríos Loco de Chamán, Jequetepeque, Chicama, Moche, Virú y Chao. Por su morfología, los ríos de la vertiente del Pacífico son ríos juveniles, con mayor pendiente longitudinal, a diferencia de los ríos de la vertiente oriental donde se muestran como ríos encajonados y algo divagantes. Ocupan el 0,92 % del área total de la región.



Fotografía 6.10 A. Uno de los principales represamientos de valle, originado por un deslizamiento (D). Está ubicado en la margen derecha del río Parcoy, provincia Pataz. El represamiento formó la laguna Pias (L). Las fotos B y C son vistas panorámicas que pertenecen al mismo represamiento de valle.



Fotografía 6.11 Vista de un abanico proluvial depositado en la margen derecha del río Tablachaca, afluente del río Santa.



Fotografía 6.12 Vista de un abanico aluvial depositado por los cursos de los ríos que bajan desde los relieves montañosos estructurales en rocas sedimentarias. Sobre el abanico, se encuentra asentado el poblado El Pallar, provincia Sánchez Carrión. Estos abanicos se entremezclan con los depósitos de valle del río Chusgón.



Fotografía 6.13 Vista de un abanico aluvial depositado en la margen izquierda del río Chicama.



Fotografía 6.14 Vista de la llanura de inundación (Lii) del río Sanagorán, en la margen derecha. Dentro de la llanura de inundación, se encuentra ubicado el poblado Sanagorán (A), provincia Sánchez Carrión.



Fotografía 6.15 Vista de la llanura de inundación del río Chicama.

Es un área sujeta a inundaciones fluviales ocasionales a excepcionales y erosión en las terrazas bajas, albardones de flujos canalizados o huaicos.

Terrazas aluviales (T)

Corresponden a planicies adyacentes a la llanura de inundación principal, diferenciables a escala de trabajo. Sobresalen los ríos Jequetepeque y Chicama en el sector oeste y noreste de la región. Sobre estos terrenos, se desarrollan extensas zonas de cultivo. Equivalen al 1.27 % del área total de la región.

Son terrenos ubicados encima del cauce y llanura de inundación fluvial. Además, son terrenos planos, de ancho variable; su extensión está limitada a los valles (ver fotografías 6.16 y 6.17).

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

Geodinámicamente, se asocian a procesos de erosión fluvial en las márgenes de ríos y quebradas por socavamiento, con generación de derrumbes, áreas susceptibles a inundaciones y flujos de detritos.

Isla (I)

Corresponde a superficies planas a semiplanas con pendientes inferiores al 2 %. Es el resultado de la dinámica de transporte y sedimentación de los ríos. Estas islas están conformadas por materiales poco resistentes de tipo grava, arenas, limos y algo de arcillas, que pueden desaparecer al producirse una subida del caudal de los ríos, los cuales movilizan estos sedimentos. Se ubican en los cauces de ríos; aparecen totalmente rodeadas de agua. En la fotografía 6.18, se observa una isla fluvial sujeta a erosión e inundación en tiempo de crecida de los ríos.

También se puede observar en los cauces de los ríos Chicama y Santa. Estas geoformas generalmente son afectadas por procesos de erosión o inundaciones de tipo fluvial.

Terraza lacustre (T-l)

Es una planicie ligeramente inclinada. Está ubicada en los bordes de las lagunas, conformada por arenas, limos y arcillas, como en el caso de la laguna Sausacocha. Sobre estos terrenos, se ubica la localidad de Huamachuco. Actualmente, existen edificaciones sobre antiguos bofedales (ver imagen 6.7).

Es un terreno sujeto a inundaciones. Las terrazas podrían presentar asentamientos diferenciales debido a las arcillas.

Laguna permanente (Lg)

Las más representativas son las lagunas Sausacocha y Collasgón, ubicadas a 6 km de la ciudad de Huamachuco, y la laguna Pias, formada por un represamiento. Es un área sujeta a inundaciones (ver fotografía 6.19).

Terraza marina (T-m)

Corresponde a superficies elevadas sobre el nivel del mar que no son afectadas por las olas y las corrientes litorales. La terraza marina se expone en las pampas de las Salinas a 9 km aproximadamente de la localidad de Chao (ver imagen 6.8). Está asociada a la ocurrencia de arenamientos y erosión marina.

Planicie costanera (P-c)

Corresponde a extensas planicies en las costas de Santa, Trujillo, Chocope y Jequetepeque. Está conformada por depósitos aluviales y eólicos no consolidados (ver fotografía 6.20). Equivale al 8.37 % del área de la región. Se encuentra asociada a arenamientos y flujos de detritos excepcionales de las estribaciones adyacentes durante eventos del fenómeno de El Niño.

La formación de la planicie costanera donde está situada esta zona no es uniforme ni en su petrografía ni en su origen. Sin embargo, debido a la gran influencia que ha tenido la deposición de material en suspensión, la mayor parte presenta un origen aluvial.

Playa marina (P-m)

Corresponde a superficies planas y angostas en el litoral de Santa (playas Alconcillo y Lancón), y a otras de menor extensión en las costas de Trujillo y Puerto Malabrigo. Está compuesta por depósitos cuaternarios de origen marino no consolidado (ver fotografía 6.21). Es un área sujeta a inundaciones y *tsunamis*, erosión marina, arenamiento y migración de arenas tierra adentro.

Mantos eólicos (Me)

Son acumulaciones reducidas de arenas eólicas a manera de mantos. Se hallan en el valle inferior de los ríos Jequetepeque, Moche y Chicama (ver fotografía 6.22). Constituyen el 5.8 % de la superficie de la región. Están asociados a arenamientos.

Cordón de dunas (C-d)

Se presenta en alineaciones paralelas de gran longitud. Cada una de ellas está diferenciada por una cresta tras otra (en sucesión regular) (ver imagen 6.9). Es un área sujeta a arenamientos.



Fotografía 6.16 Terraza (T) en la margen derecha del río San Miguel.



Fotografía 6.17 Valle del río Chicama. Se puede apreciar el cauce del río, así como las terrazas (T).



Fotografía 6.18 Vista de isla fluvial, ubicada en el río Chusgón.



Imagen 6.7 Vista de terraza lacustre en los bordes de las lagunas ubicadas en los alrededores de la ciudad de Huamachuco.
Fuente: Google Earth.



Fotografía 6.19 Vista de la laguna Pias.

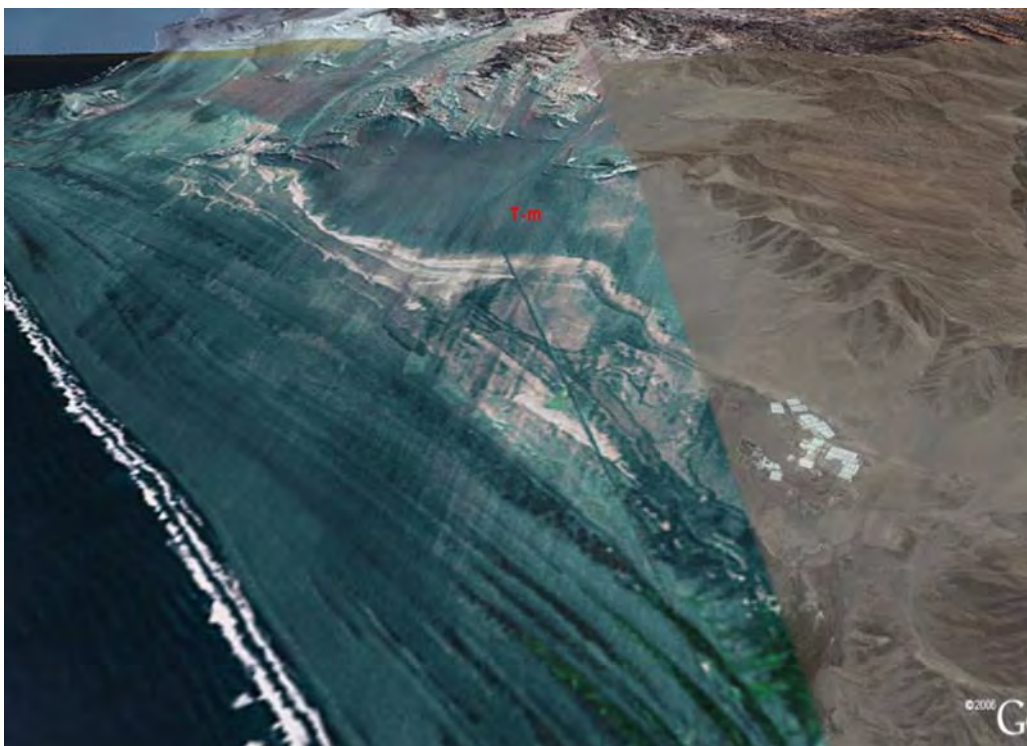


Imagen 6.8 Vista de una terraza marina (T-m) ubicada al borde del litoral. Fuente: Google Earth.



Fotografía 6.20 Vista de la planicie costanera, tomada desde la Panamericana Norte.



Fotografía 6.21 Vista de la playa marina en Salaverry.



Fotografía 6.22 Vista de mantos eólicos.



Imagen 6.9 Vista de cordón de duna, se encuentran entre los valles de los ríos Jequetepeque y Chicama. Fuente: Google Earth.

CAPÍTULO VII

EVALUACIÓN DE PELIGROS NATURALES

POR LUCIO MEDINA Y GRISELDA LUQUE

DATOS HISTÓRICOS DE EVENTOS DESASTROSOS OCURRIDOS EN LA REGIÓN

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

En este caso, se valió de información bibliográfica y periodística (Ingemmet, Indeci, El Comercio, entre otras fuentes) sobre relato y

detalle de algunos eventos escritos en la literatura, así como de 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 generado la atención en el pasado, donde se revela la ocurrencia de inundaciones fluviales, deslizamientos, huaicos o flujo de detritos, derrumbes y erosión fluvial, entre otros.

Cuadro 7.1

Cronología de los principales peligros geológicos y geohidrológicos en la región La Libertad

Fecha de ocurrencia	Descripción del peligro
1600	Deslizamiento Uchumarca: Jaén y Vargas (1963) presumen que el deslizamiento ocurrió en el año 1600. En la actualidad, se considera como deslizamiento antiguo con reactivaciones.
1925 y 1983	Erosión fluvial-inundación: se ubica en la bocanoma Santa Lucía y sector Huaca del Sol. Parte de esta huaca y los terrenos de cultivo fueron afectados por lluvias excepcionales en el año 1925. En 1983 afectó terrenos agrícolas. Fuente: Fidel Y Zavala (1997).
10/11/1946	Derrumbe y caída de rocas: el movimiento sísmico de 1946 ocasionó grandes fracturas en la parte alta del cerro Cacañán, paralela a la dirección dominante del cerro. Además, ocurrieron derrumbes y caídas de roca que causaron la destrucción de viviendas, y muerte de once personas en el pueblo de Sitabamba. Fuente: Spann (1946).
1970	Deslizamiento de Condormarca: según Sotomayor (1976), en la localidad de Condormarca, ocurrieron fenómenos de movimientos en masa (deslizamiento y reptación de suelos) en diferentes épocas. La última fue debido al sismo del 34 de mayo de 1970. De las 61 viviendas que en ese momento existían, el 29 % fue destruido totalmente; el 45 % resultó fuertemente agrietado; y el 26 % quedó en buen estado.
1977, 2001 y 2004	Huaico en la quebrada El Tingo: afectó al poblado de Vijus, ubicado dentro el distrito de Pataz. Produjo pérdidas humanas y materiales. El poblado está situado en la desembocadura de la quebrada El Tingo. Fuente: Ingemmet, 2005.
1983	Huaico excepcional en la quebrada Caballo Muerto: afectó restos arqueológicos de la huaca Galindos, ubicado en la quebrada Caballo Muerto. Se reactivó durante el fenómeno de El Niño de 1983-1984. Fuente: Fidel y Zavala, 1997.
09/03/1993	Inundación-erosión fluvial: crecida inusual afectó puente sobre el río Huamanzaña, distrito de Chao. Debilitó uno de los estribos. Fuente: Fidel y Zavala, 1997.
02/03/1994	Deslizamiento, flujo, erosión fluvial (aluvión): ocurrió en el río Tambo, distrito de Sanagorán. Causó destrucción en el sector sur de la población de Sanagorán. Afectó viviendas, sembríos y vías de comunicación; hubo heridos. Se recomendó que la nueva sede de la capital del distrito se ubique en el área de Chugurbamba. Fuente: Dávila y Valenzuela, 1997.

continuación

Fecha de ocurrencia	Descripción del peligro
1998	Deslizamiento: ocurrió en la margen izquierda de la quebrada La Rompedora, distrito de Sayapullo. La última reactivación fue en 1998, con asentamientos de terreno, lo que afectó el camino de herradura. Fuente: Zavala y Medina, 2006.
1998	Deslizamiento traslacional-derrumbe: ubicado al pie de la quebrada Agua Mala, en el distrito de Sayapuyo, provincia Gran Chimú. Presenta 120 m de longitud de escarpa, 55 m de desnivel entre escarpa y pie, escarpas sucesivas. Fue reactivado como derrumbe por socavamiento del pie de ladera; obstrucción parcial del cauce por derrumbes en la cara libre de la quebrada Agua Mala. Fuente: Zavala y Medina, 2006.
12/04/2000	Deslizamiento de Bellavista: se encuentra ubicado en las faldas del cerro Rocoy. Afectó a los sectores de Bellavista y Bambas, ubicados en el distrito de Chillia. Destruyó 30 hectáreas de diversos cultivos y desapareció la totalidad de los locales públicos. Se reubicaron 127 familias. Fuente: El Comercio (29-04-2000).
2001	Flujo de detritos (huaico): ocurrió en la quebrada Huinchispuquio, distrito de Tayabamba. Flujo de grandes proporciones arrastró material detrítico interrumpiendo el tránsito a causa de los constantes derrumbes y deslizamientos en ambos márgenes de la quebrada, así como derrumbes en sus nacientes y por el corte de carretera. Afectó tramo de 50 m de carretera, se llevó un ómnibus en el distrito de Tayabamba. Fuente: Zavala y
2001 y 2005	Flujo de detritos (huaico): ocurrió en la quebrada Hualanga, distrito de Pataz. Afectó un tramo de carretera Chagual-Vijus, en la desembocadura de la quebrada. Fuente: Ingemmet, 2005.
5072003	Deslizamiento-flujo de Auyos-Asia: El deslizamiento traslacional y retrogresivo ocurrió a las 21 h (reactivación del antiguo deslizamiento). Afectó a 300 cabezas de vacunos, al puente Naranjos, un tramo de la carretera de acceso a Tayabamba (km 425+500 al km 431+500), parte del cementerio y represó el río Buldibuyo. Como consecuencia hubo dos muertos y nueve viviendas afectadas. Fuente: Zavala y Vilchez, 2003.
03/05/2005	Deslizamiento de Urpay: se reportaron deslizamientos que afectaron a viviendas y terrenos de cultivo en el distrito de Urpay. Los daños registrados fueron 560 personas afectadas, 68 personas damnificadas, 14 viviendas urbanas destruidas y 129 hectáreas de terreno de cultivo para riego afectadas. Fuente: Indeci, 2006.
04/03/2005	Huaico de Quiruvilca: debido a las fuertes lluvias, se produjo un huaico que destruyó viviendas y bloqueó la carretera en la localidad de La Victoria, distrito de Quiruvilca. Los daños ocasionados fueron 24 personas damnificadas y 4 viviendas urbanas afectadas. Fuente: Indeci, 2006.
08/04/2006	Huaico de Usquil: a las 21 h, a consecuencia de las constantes lluvias, se desbordó una quebrada que produjo un huaico que afectó a habitantes y varias viviendas de la localidad Las Mercedes, distrito Usquil. Fuente: Indeci,
04/04/2009	Deslizamiento - Flujo de Collona: pertenece al distrito de Sartimbamba, el evento inició a las 14 horas 30 minutos y duró aproximadamente 4 horas con 30 minutos: Hubieron 53 viviendas destruidas, 48 deshabitadas, 100 familias reubicadas.
12/04/2009	Derrumbe de Retamas: ocurrió el domingo 12 de abril del 2009 a las 03.00 horas aproximadamente a consecuencia de fuertes precipitaciones pluviales. Indeci reportó 25 personas damnificadas, 150 personas afectadas, 09 personas fallecidas y 05 viviendas destruidas.

PRINCIPALES EVENTOS OCURRIDOS DURANTE EL FENÓMENO DE EL NIÑO 1997

Según la Corporación Andina de Fomento (2000), en el siglo pasado se han presentado veintidós episodios del fenómeno de El Niño, los mismos que son cada vez más recurrentes e intensos. Los eventos ocurridos en 1982-83 y 1997-98 han sido calificados de extraordinarios desde el punto de vista de la magnitud de las

alteraciones, y han dejado una secuela de problemas sociales y económicos.

En el cuadro 7.2, se mencionan algunas zonas afectadas por el fenómeno de El Niño de 1997-98, trabajo que fue elaborado según la información existente en la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet.

Cuadro 7.2
Principales peligros ocurridos durante el fenómeno de El Niño 1997-98

Fecha de ocurrencia	Paraje/distrito	Descripción del peligro y daños
18/03/1998	Zona de la curva de Sun, Moche	Erosión fluvial: el desborde del río Moche afectó 50 casas como consecuencia de la erosión fluvial. Fuente: diario El Sol.
17/03/1998	Pueblo Chiclin, Trujillo	Inundación fluvial: el desborde del río Chicama provocó el colapso de numerosas viviendas. Fuente: diario El Sol.
14/03/1998	Moche, Trujillo	Inundación fluvial: el desborde del río Moche (intensas lluvias) provocó inundación de calles y tierras de cultivo. Fuente: diario La República.
14/03/1998	Sinsicap	Flujo: intensas lluvias ocasionaron flujos de detritos. Dejó 8 muertos y 4 desaparecidos. Fuente: diario La República.
10/03/1998	Yacamate, Virú	Inundación fluvial: el desborde de los ríos Colorado y Huaraday arrasó 300 casas del centro poblado Yacamate. Fuente: diario La República.
26/02/1998	Moche, Trujillo	Inundación fluvial: el desborde del río Moche dejó en ruinas unas 20 casas y mil hectáreas de cultivo de panllevar. Fuente: diario La República.
26/02/1998	Chiclin y Sausal	Inundación fluvial, flujo de lodo: el desborde del río Chicama afectó viviendas, colegios y el hospital de Chiclin. Los servicios de agua y desagüe colapsaron. Fuente: diario La República.
24/02/1998	San Pedro de Lloc	Desborde del río Chilco: San Pedro de Lloc fue aislada por el corte de la carretera en el km 650. Fuente: diario El Comercio.
24/02/1998	Chepén	Inundación fluvial: el desborde del río Chamán a la altura del km 702 destruyó un tramo de la carretera. Asimismo, dejó aislada a la ciudad de Chepén. Fuente: diario El Comercio.
24/02/1998	Sector La Bocana, Trujillo	El desborde del río Moche afectó más de 300 hectáreas de maíz, arroz y cultivos de panllevar. Fuente: diario El Comercio.
24/02/1998	Chicama	Inundación fluvial: El desborde del río Chicama inundó un número indeterminado de campos de caña de azúcar. Fuente: diario El Comercio.
22/02/1998	Poblados de Quillan y Quillapampa, Virú	Flujo: intensas lluvias produjeron flujos de detritos. Afectó 100 m del canal principal del proyecto Chavimochic. El servicio de energía eléctrica quedó interrumpido. Fuente: diario Expreso.
18/02/1998	Poblados Atahualpa y Pampas de Jaguey, Ascope	Intensas lluvias ocasionaron el desborde del río Chicama, lo que afectó viviendas y terrenos de cultivo. Hubo aproximadamente 200 familias damnificadas y 150 hectáreas de cultivo destruidas. Fuente: diario La República.
15/02/1998	Chepén	Flujo: intensas lluvias produjeron flujos de detritos que arrasaron más de 500 viviendas. Hubo 2 muertos y 60 heridos. El número de damnificados se calculó en 1500. Fuente: diario El Sol.
14/02/1998	Laredo	Flujo: intensas lluvias produjeron flujos de detritos, lo que dejó 674 damnificados, 133 casas destruidas, un pueblo joven destruido y 80 hectáreas de cultivo arrasadas. Fuente: diario La República.
11/02/1998	Poblados de Palermo e Inca, Virú	Flujo: intensas lluvias produjeron flujos de detritos que arrasaron viviendas. Hubo varios desaparecidos. 150 familias se refugiaron en la parte alta de los cerros. Fuente: diario La República.
11/02/1998	Quebrada San Idelfonso (qda. Río Seco), El Porvenir	Inundación fluvial afectó la quebrada San Idelfonso (qda. Río Seco) en el sector de El Porvenir, el cementerio y las principales avenidas. Fuente: diario El Sol.

Fuente: Elaboración propia según la información de la DGAR-Ingemmet.

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 ál. (2001). Se diferencian procesos activos y antiguos¹ (algunos reactivados).

Adicionalmente a la clasificación de Varnes, se adoptaron algunos términos y agrupaciones propuestos en la Guía para la Evaluación de Movimientos en Masa en la región Andina 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.

Cada ocurrencia tiene un código de identificación, la que se le ha asignado de acuerdo con 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. Se incluye en un gran porcentaje de fichas, una o más fotografías.

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 (ver mapa 6). Esto permitió, a su vez, la actualización del Banco de Datos de Peligros Geológicos de Perú. Cada ocurrencia adicionalmente tiene una o más fotografías ilustrativas en formato digital.

TIPOS DE PELIGROS NATURALES INVENTARIADOS

En el presente estudio, se han identificado 2653 ocurrencias (en trabajos de campo y gabinete), de las cuales 899 han sido comprobadas en trabajos de campo y 1754 mediante la interpretación de imágenes satelitales y fotografías aéreas.

El gráfico 7.1 muestra la distribución porcentual de ocurrencias según origen. En ella, se puede notar que los peligros geológicos por procesos de movimientos en masa (caídas, deslizamientos, flujos, movimientos complejos y reptación de suelos) representan el 87 %, seguido por el grupo de otros peligros geológicos (arenamiento, erosión de ladera y erosión marina) con 11 % y, finalmente, por los peligros geohidrológicos (inundación y erosión fluvial) con 2 %.

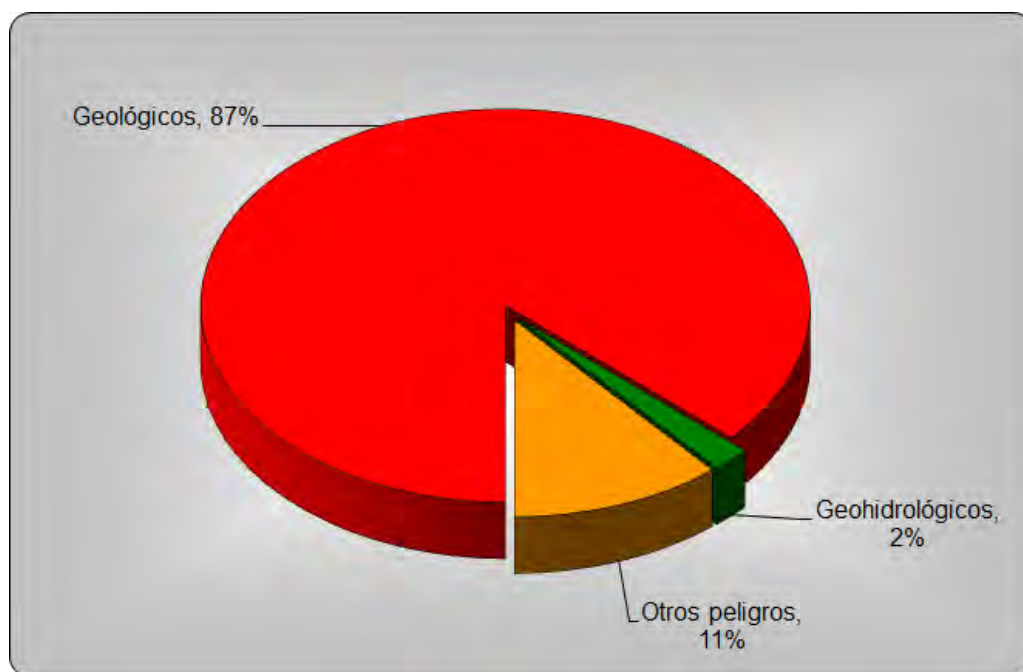


Gráfico 7.1 Distribución porcentual de los peligros identificados en la región La Libertad según su origen.

¹ En la estimación de la edad del movimientos en masa, se emplean las cuatro categorías para edad sugeridas por McCalpin (1984): 1) Activo (con récord histórico: < 140 años), 2) Inactivo (joven: 140-5000 años), 3) Inactivo (maduro: 5,000 a 10,000 años) y 4) Inactivo (viejo: antiguo > 10,000 años). Esta clasificación puede aplicarse a otros peligros con inferencia y criterio subjetivo.

Según el análisis estadístico simple, las ocurrencias de los peligros a nivel de provincias de la región La Libertad (ver gráfico 7.2) son las siguientes: Pataz 23,2 %; Sánchez Carrión 14,8 %; Virú 14,4

%; Ascope 12,4 %; Santiago de Chuco 6,6 %; Otuzco 6,4 %; Gran Chimú 5,9 %; Bolívar 5,7 %; Trujillo 4,7 %; Chepén 3,7 %; Pacasmayo 2,1 %; y Julcán 0,1 %.

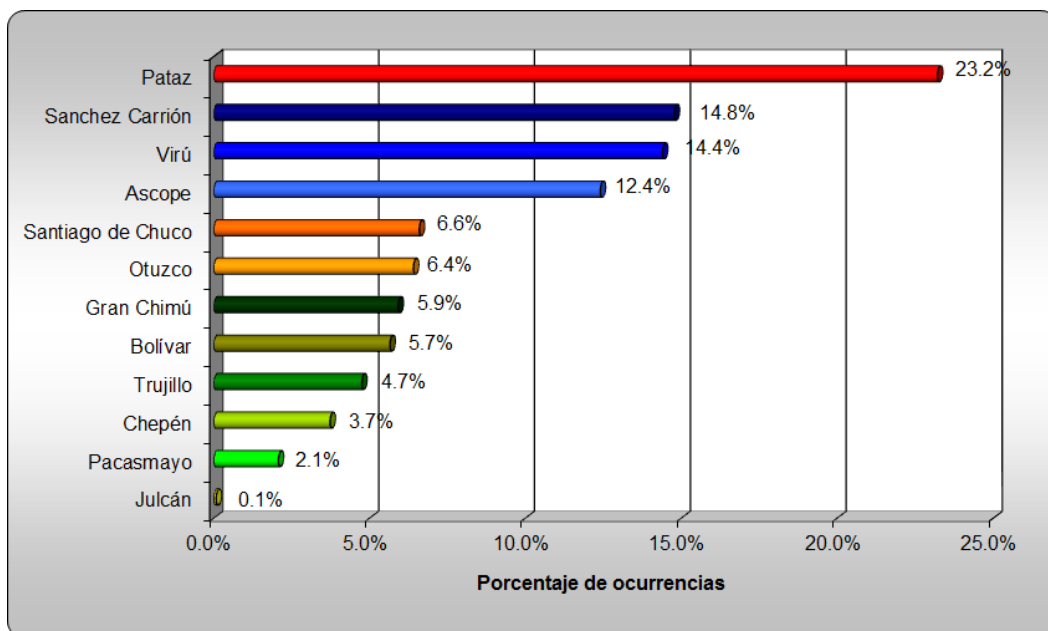


Gráfico 7.2 Porcentajes de ocurrencias por provincias.

Según el gráfico 7.3, los distritos más afectados por las ocurrencias de peligros geológicos son los siguientes: Chao, con 255 ocurrencias; Chicama, con 135 ocurrencias; Tayabamba, con 119 ocurrencias; y Casagrande, con 113 ocurrencias. Los peligros geológicos que ocurren en los distritos de Chao, Chicama y Casagrande están asociados principalmente a periodos de lluvias excepcionales (fenómeno El Niño), mientras que los eventos que ocurren en el distrito de Tayabamba están asociados a la composición litológica de la roca, pendiente del terreno y precipitaciones pluviales.

Las principales ocurrencias de los diferentes eventos se describen en los cuadros de los anexos I al X. Los cuadros están divididos en cinco columnas: en la primera, se indica el paraje, sector o área afectada, distrito y provincia; en la segunda columna, las causas o factores desencadenantes; en la tercera, se indica la estimación del peligro; en la cuarta, se incluye un comentario geológico-geodinámico relevante, el cual comprende las dimensiones del área afectada; y finalmente, en la quinta columna, se indican los daños ocasionados o probables.

Movimientos en masa

Los movimientos en masa constituyen los procesos geológicos que involucran desplazamiento o remoción de masas rocosas

(fracturadas o meteorizadas), depósitos inconsolidados, o ambos, por efecto de la gravedad (ver figura 7.1). Su ocurrencia en la región está estrechamente ligada a intensas precipitaciones pluviales, eventos del fenómeno de El Niño y modificaciones antrópicas (factores detonantes), así como factores condicionantes o intrínsecos (litología, pendiente, morfología, cobertura vegetal, etc.).

Los tipos de peligros representados por los movimientos en masa que se presentan en la región La Libertad son los siguientes: flujo, deslizamientos, caídas, movimientos complejos (involucra combinación de uno o más de los tipos principales de movimientos) y reptación de suelos.

Se han identificado un total de 2301 ocurrencias por movimientos en masa. La distribución de ellas se muestra en la gráfico 7.4. En primer lugar, se encuentran los flujos (56.1 %), seguidos por caídas: desprendimientos de rocas y derrumbes (21.9 %), deslizamientos (15.4 %), movimientos complejos (4.2 %), y reptaciones de suelo (2.4 %).

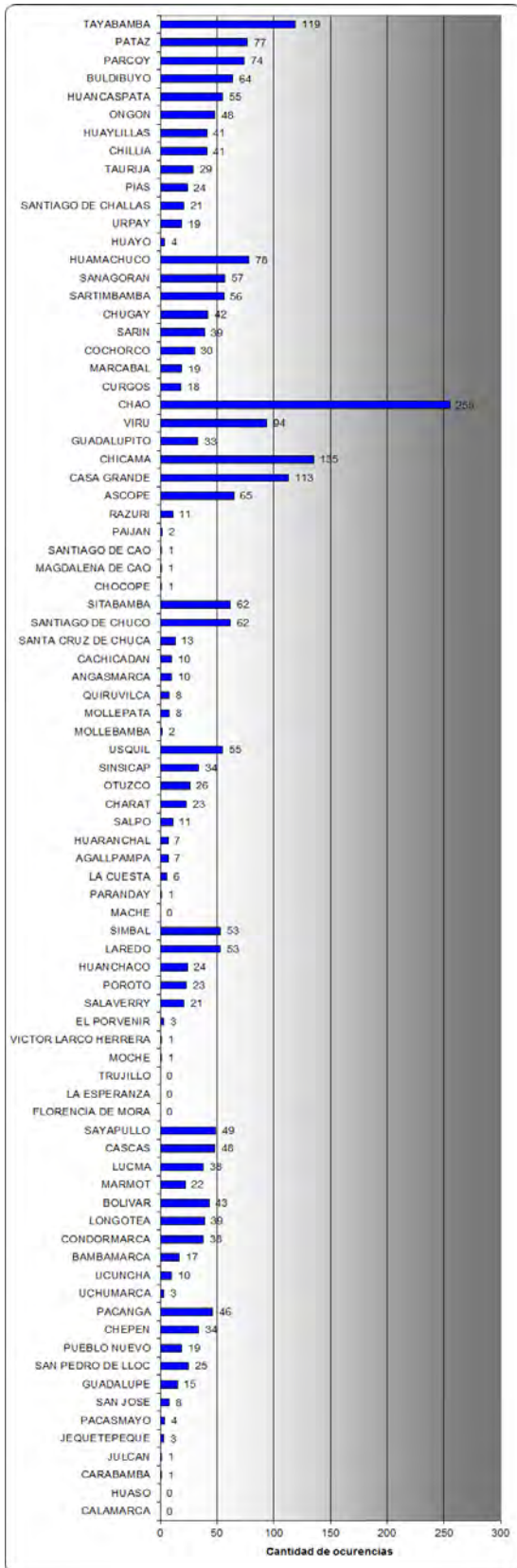


Gráfico 7.3 Ocurrencia de peligros geológicos y geohidrológicos por distritos.

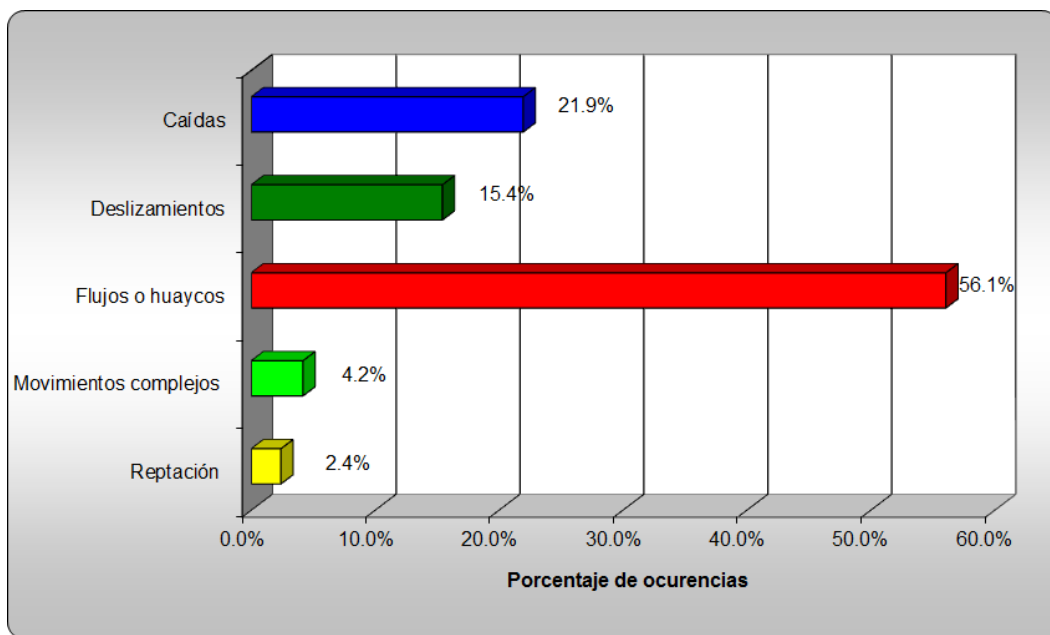


Gráfico 7.4 Distribución porcentual de los principales peligros geológicos por movimientos en masa ocurridos en la región La Libertad.

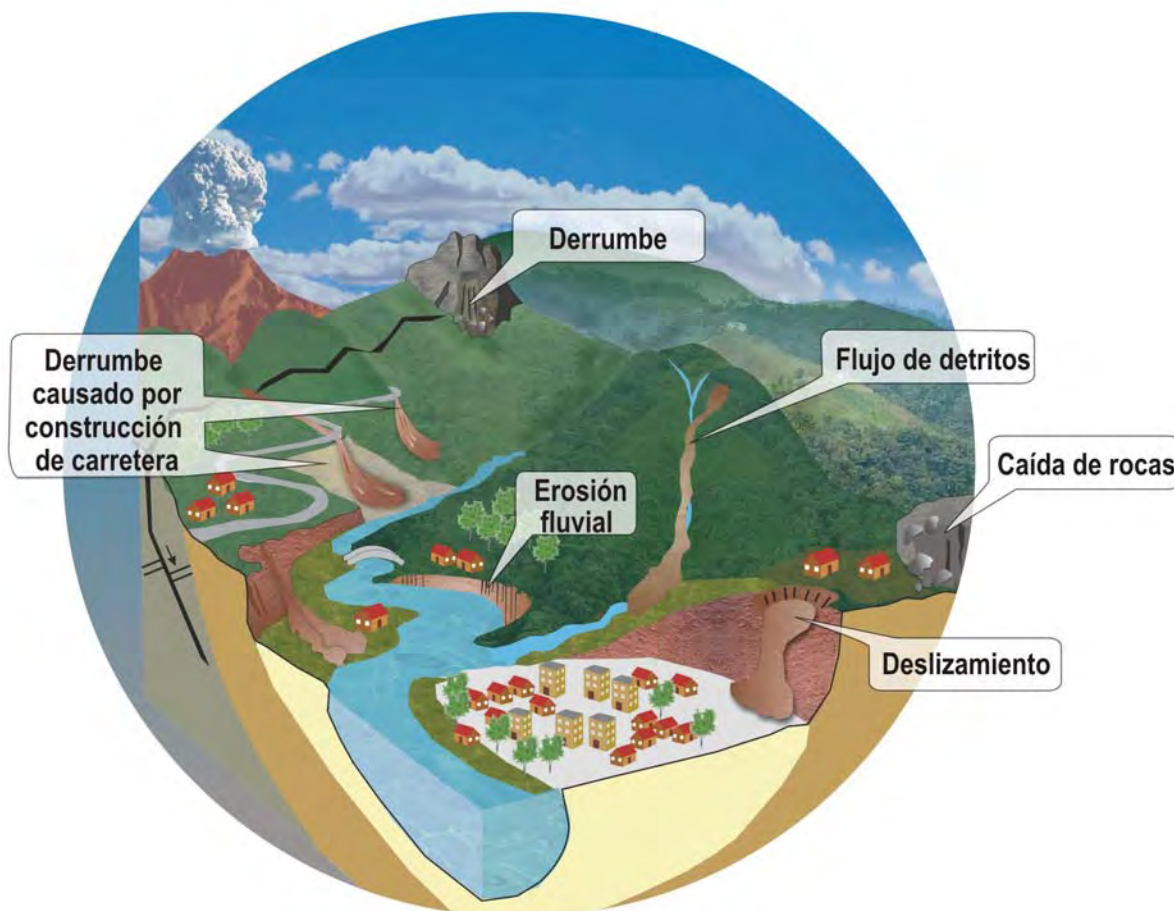


Figura 7.1 Principales tipos de ocurrencia de movimientos en masa: deslizamiento, flujo, caída de rocas, derrumbe, etc. Ilustración: Giovanna Alfaro - INGEMMET.

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 pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamientos (Varnes, 1978. En PMA: GCA, 2007).

En función al mecanismo principal y morfología de las zonas afectadas por el movimiento, así como del material involucrado,

las caídas se subdividieron bajo dos tipos principales: caída de rocas y derrumbes.

Las ocurrencias de caídas abarcan el 22 % del total de movimientos en masa identificados en la región. La provincia de Pataz es la más afectada por este tipo de eventos (ver gráfico 7.5).

Una breve descripción de los principales peligros geológicos por caída (desprendimiento de rocas y derrumbes) se encuentra en el Anexo I.

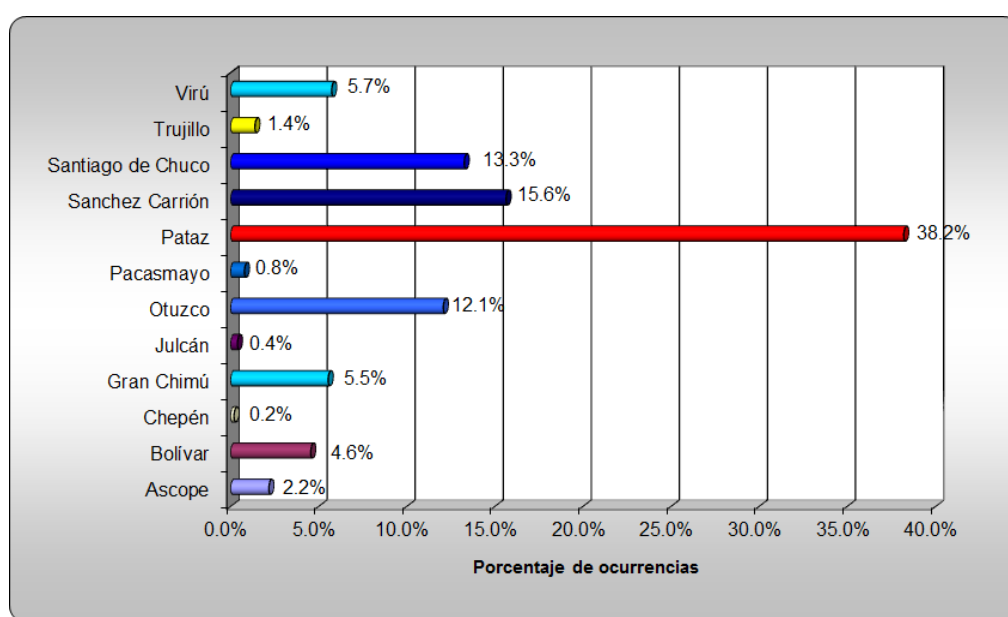


Gráfico 7.5 Porcentaje de las ocurrencias de caída con respecto a las provincias de la región La Libertad.

Caída o desprendimiento de rocas: ocurre en laderas de montañas y colinas de moderada a fuerte pendiente, frentes rocosos escarpados, montañas estructurales. Las caídas están asociadas a litologías de diferente naturaleza (rocas sedimentarias, principalmente en la región), sujetas a fuerte fracturamiento, así como en taludes (cortes) para obras civiles (carreteras y canales principalmente) (ver fotografía 7.1).

Una característica importante de la caída de roca es que el movimiento no es masivo ni del tipo flujo. Existe 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 ambos («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. Se les diferencia como derrumbes (ver fotografía 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. Los deslizamientos 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 ser de varias formas desde circulares hasta rectas, así como pueden presentar saltos de terreno desde centímetros hasta varios metros. Sus dimensiones son

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



Fotografía 7.1 Caída de rocas. Cerro Atacolpa, distrito Tayabamba, provincia Pataz.



Fotografía 7.2 Derrumbe en talud superior de carretera. Tramo Trujillo-Otuzco, sector Plazapampa, provincia de Otuzco.

desde pocos metros, algunas decenas y hasta kilométricas, como el caso de la figura 7.2.

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

En principio, estos fenómenos tienen una causa natural, ya que muchas de las laderas que conforman los cerros tienen una predisposición a la generación de deslizamientos, tal como se evidencia en las cicatrices de antiguos deslizamientos. Algunos de ellos se han reactivado por diferentes factores.

Los deslizamientos inventariados en la región ocupan el tercer lugar en ocurrencia con 15 % (un total de 355 ocurrencias). Son del tipo rotacional (331 ocurrencias) y traslacional (33 ocurrencias), e involucran rocas sedimentarias principalmente,

intercalaciones de suelos coluvio -residuales, deluviales y proluviales.

La mayor cantidad de deslizamientos ha ocurrido en las provincias de Pataz y Sánchez Carrión, seguidas por las provincias de Santiago de Chuco, Otuzco, Gran Chimú, entre otras (ver gráfico 7.6).

En el Anexo II, se hace una descripción de las principales ocurrencias de deslizamientos inventariados en la región.

Los deslizamientos que muestran escarpas antiguas de mayor dimensión del orden de decenas de metros han sido reconocidos en fotografías aéreas, imágenes satelitales, interpretación de cartas topográficas y comprobación en campo (ver fotografías 7.3 y 7.4).

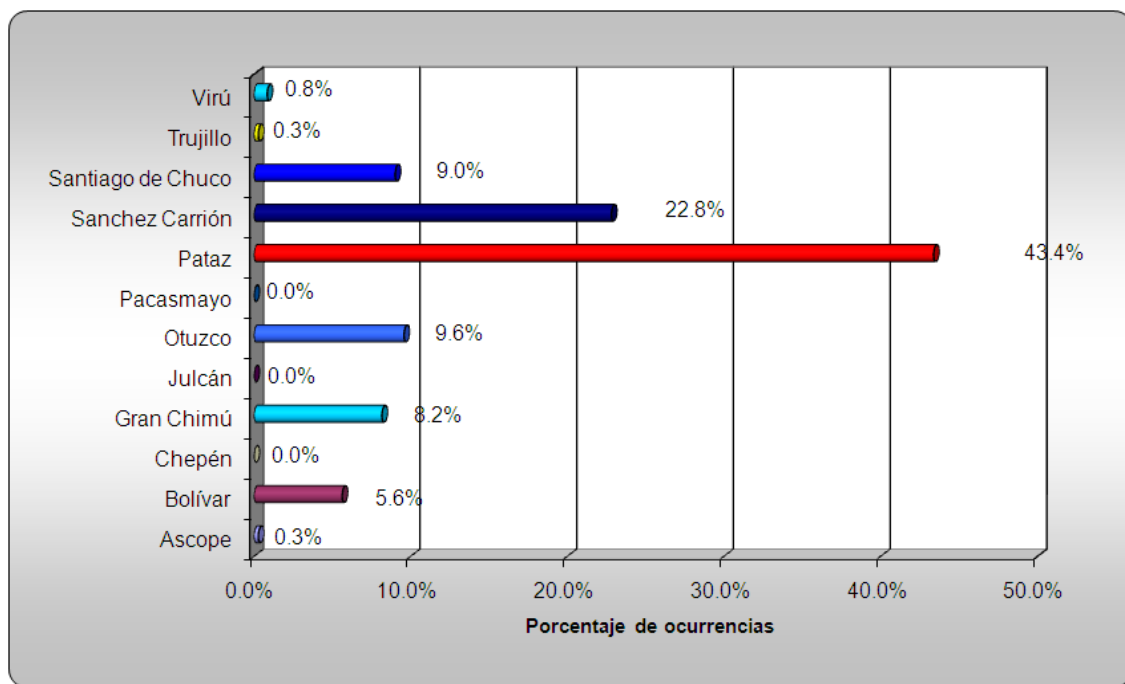


Gráfico 7.6 Porcentaje de las ocurrencias de deslizamiento con respecto a las provincias de la región La Libertad.

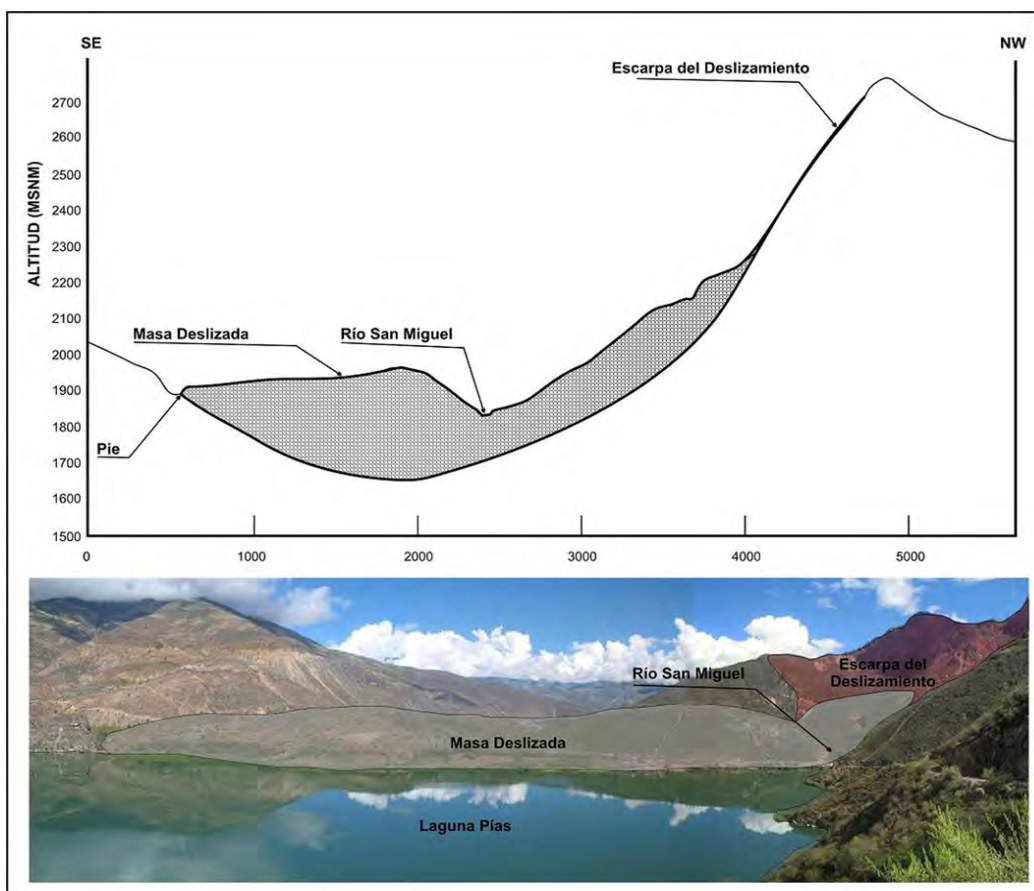


Figura 7.2 Perfil esquemático de deslizamiento que represó el río Parcoy y formó la laguna de Pias.



Fotografía 7.3 Escarpa de deslizamiento Pias, ubicado en el cerro Chacpachuccho, distrito de Pias, provincia de Pataz. Este deslizamiento fue descrito por Ferro en 1974.



Fotografía 7.4 Vista panorámica del deslizamiento de Auyos-Asia, ubicado en la provincia de Patate. Se distinguen dos eventos: el área de embalse frente a Tollos y el grado de inestabilidad de la zona. Foto: W. Zavala, noviembre 2003.



Fotografía 7.5 Deslizamiento traslacional, ubicado en el cerro Orcón, noreste del poblado de Charrat, provincia de Otuzco.

C) Flujos

Los flujos son un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhiben 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 más conocidos en el Perú son los de detritos, denominados también huaicos.

En la región, se ha identificado un porcentaje importante (56 % del total de ocurrencias de movimientos en masa inventariados) de este tipo de evento. Ocupa el primer lugar y está asociado a terrenos con vertientes ligeramente inclinadas. Asimismo, se presenta tanto en depósitos canalizados (proluviales y aluvionales) como en no canalizados (deluviales) (ver fotografías del 7.6 al 7.8).

Muchos abanicos prehistóricos (ver figura 7.3) con depósitos de gran dimensión se encuentran principalmente en las márgenes de los ríos Chicama, Jequetepeque, Moche, Huancasongo, Chorobal, Santa, Maraón y en las quebradas Cupisnique, Mullipuerto, etc.

La mayor cantidad de ocurrencias de flujos de detritos (huaicos) se encuentra en las provincias de Virú y Ascope (ver gráfico 7.7). Estos están asociados principalmente a los eventos de precipitaciones pluviales excepcionales (fenómeno de El Niño).

En el Anexo III, se hace una descripción de las principales ocurrencias de flujos inventariados en la región.

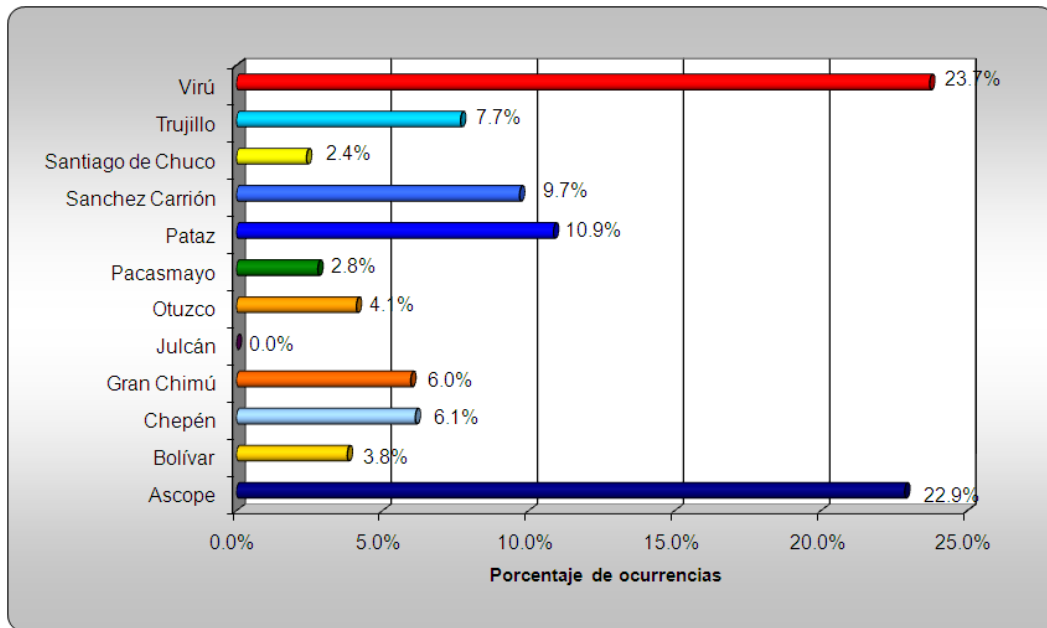


Gráfico 7.7 Porcentaje de la ocurrencia de flujos con respecto a las provincias de la región La Libertad.



Fotografía 7.6 Depósitos de flujos antiguos al pie de la quebrada Chimina, distrito de Sarín, provincia de Sánchez Carrión.



Fotografía 7.7 Depósitos de flujos antiguos ubicados al pie de la quebrada Salavín, margen izquierda del río Chicama, distrito Marmot.



Fotografía 7.8 Depósitos de flujo de lodo antiguo ubicados al pie de la quebrada Río Seco, margen derecha de la quebrada de León, distrito Laredo.

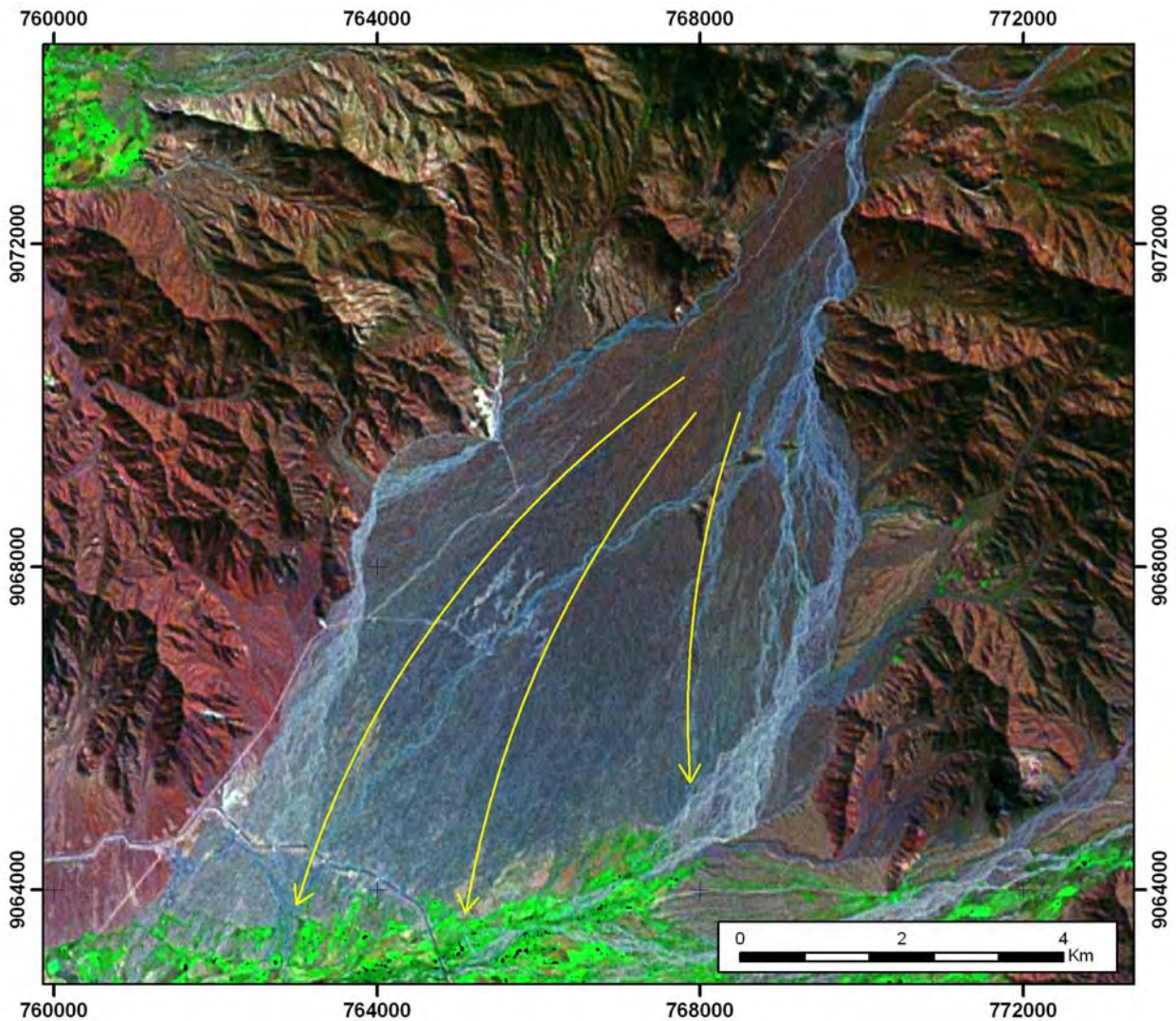


Figura 7.3 Imagen satelital de depósito de flujos (avalancha de detritos). Sector Pampa Zapotal, distrito Chao, provincia de Virú.

D) Movimientos complejos

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

Se han identificado unas 90 ocurrencias (4 %).

Las dimensiones de estos eventos van de decenas a cientos de metros. Un ejemplo se muestra en la figura 7.4 y en la fotografía 7.9.

En el Anexo IV, se hace una descripción de las principales ocurrencias de los movimientos inventariados.

E) Reptaciones de suelos

Según el PMA: GCA (2007), la reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno donde no se distingue una superficie de falla (ver fotografía 7.10). La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera, cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

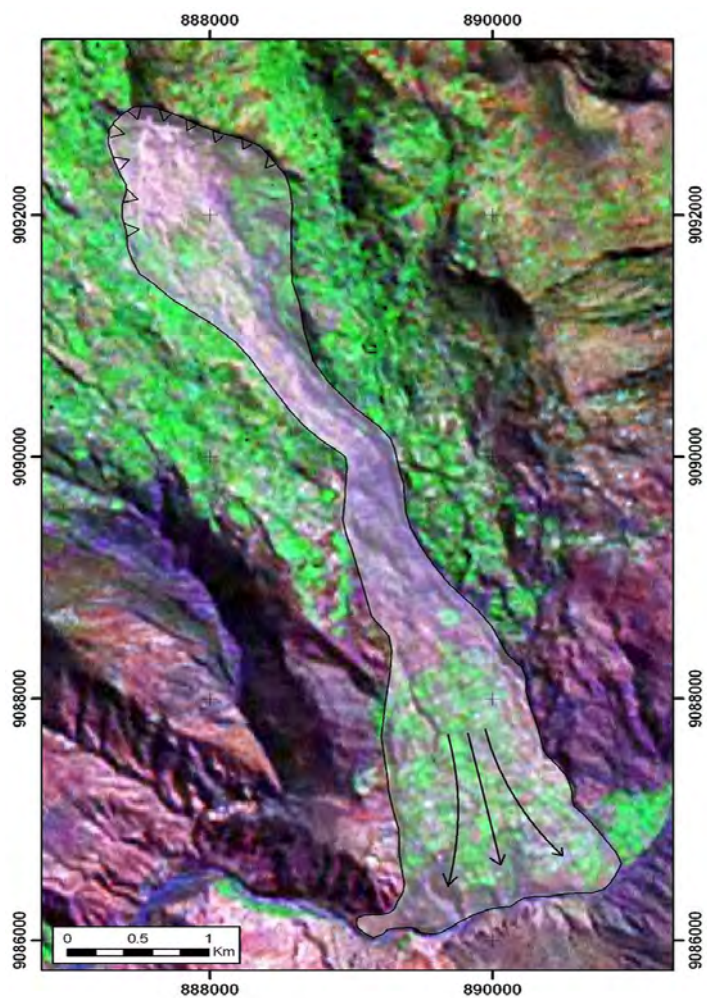
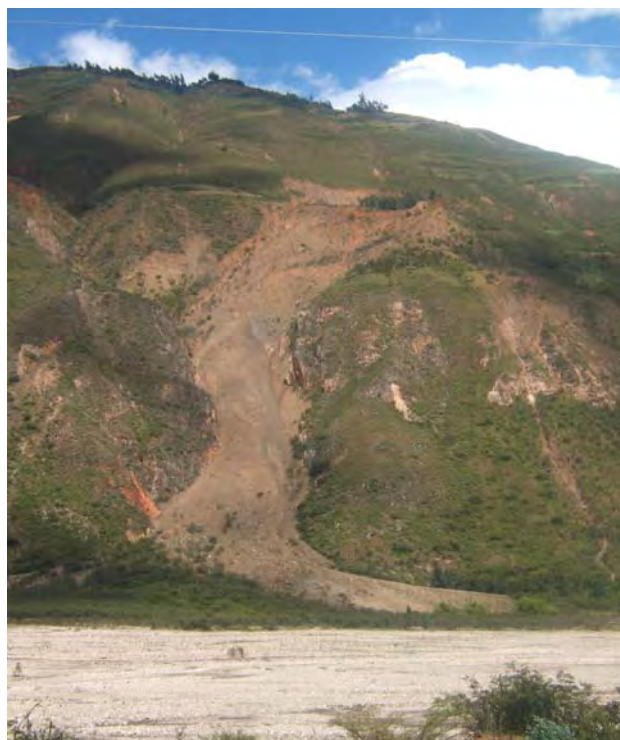


Figura 7.4 Imagen satelital. Se observa un movimiento complejo (deslizamiento-flujo) en el sector Bellavista, distrito Chillia, provincia Pataz. Según versiones de los pobladores, el evento destruyó viviendas de los caseríos Bellavista, Bambas, Colmena, Palles y Huayachi.

Fotografía 7.9 Movimiento complejo (deslizamiento-flujo) en la margen izquierda del río Chusgón, al sur del caserío Yanasara.



Dentro de este movimiento, se incluyen la soliflucción y la geliflucción. Este último término es reservado para ambientes periglaciales. Ambos procesos son causados por cambios de volumen de carácter estacional en capas superficiales del orden de 1 a 2 metros de profundidad, combinados con el movimiento lento del material de ladera.

La reptación de suelos y la soliflucción son importantes en la contribución a la formación de delgadas capas de suelo coluvial a lo largo de laderas de alta pendiente. Estas capas pueden ser subsecuentemente la fuente de deslizamientos de detritos superficiales y de avalanchas de detritos.

La reptación de suelos en la región La Libertad representa un reducido porcentaje (2 %) de los movimientos en masa inventariados. Las reptaciones se encuentran afectando principalmente áreas de pastizales, desarrolladas sobre terrenos desde suave hasta moderada y fuerte pendiente (5°, 20° y 35°). Las principales áreas afectadas se encuentran dentro de las provincias de Pataz, Santiago de Chuco y Sánchez Carrión (ver mapa 6). Una lista de las principales zonas afectadas se describe en el Anexo V.



Fotografía 7.10 Reptación de suelos. Talud superior del pueblo de Cachicadán, provincia de Santiago de Chuco.

Peligros geohidrológicos

Dentro de la categoría de Peligros Geohidrológicos, se han considerado los procesos de erosión fluvial e inundaciones.

Se presentan principalmente en las márgenes de los ríos Marañón, Chusgón, Chicama, Jequetepeque, Moche, Virú, Huamanzanga, Santa y en las quebradas afluentes (ver mapa 6). Representan el 2 % (54 ocurrencias) de los peligro naturales inventariados, y están asociados a la ocurrencia de precipitaciones pluviales excepcionales.

A) Erosión fluvial

La erosión fluvial, como proceso geohidrológico, normalmente acompaña a una inundación, y muchas veces es la que precede a esta³.

En su ocurrencia intervienen factores como:

- Morfología y dinámica del río, pendiente y ancho del cauce, tipo de drenaje (meándrico, anastomosado, etc), naturaleza del suelo o sustrato en las márgenes, (grado de compacidad del suelo), etc.

³ La erosión fluvial suele estar ligada también como consecuencia de flujos o avalancha de detritos, que erosionan las márgenes de los cauces por aumento considerable de sólidos o carga sólida.

- Tipo de avenida o crecida del río: máximas estacionales o excepcionales, relacionadas a la pluviosidad de la región en un tiempo determinado, incluyendo la cantidad o volúmenes de sólidos, muchas veces generados por flujos de detritos o huaicos.
- Ocupación de áreas susceptibles (áreas urbanas y rurales, obras viales).
- Falta de defensas ribereñas en las plataformas de carreteras (enrocados o gaviones aguas arriba), mal diseño de puentes (longitud, tirante y estribos), mala ubicación de estructuras.
- Plataformas de carreteras (asfaltadas o afirmadas) o trochas carrozables.
- Terrazas (bajas y altas), conos proluvio-aluviales o «aluvionales», laderas ocupadas como áreas de cultivo, áreas urbanas y rurales, sin defensas ribereñas.
- Otras obras de infraestructura mayor: bocatomas, canales de derivación, etc.

En la región, este fenómeno afecta sectores ubicados en la cuenca media y baja de los ríos Chusgón, Chicama, Jequetepeque, Moche, Virú, Huamanzanga, Santa, que en periodos de avenidas excepcionales (precipitaciones) tienden a cambiar su curso (ver fotografías 7.11, 7.12, 7.13 y 7.14).

En el cuadro del Anexo VI, se describen los lugares principales afectados por la erosión fluvial.

Los daños por procesos de erosión fluvial se dan sobre:

- Estribos y pilares centrales de puentes de diferente tipo de material y estructura, en ríos principales, tributarios o quebradas secundarias.



Fotografía 7.11. Erosión fluvial en la margen derecha del río Chicama. Afecta carretera afirmada Trujillo-Cascas.



Fotografía 7.12 Erosión fluvial en ambas márgenes del río Chusgón (caserío Pallar), distrito Huamachuco, provincia Sánchez Carrión. Durante el fenómeno El Niño, de 1997 a 1998, la erosión fluvial afectó la carretera afirmada de acceso a Tayabamba y destruyó la mitad de las viviendas del centro poblado El Pallar.



Fotografía 7.13 Erosión fluvial en la margen derecha del río Marañón. Afecta la plataforma de la carretera afirmada Chagual-Pías.



Fotografía 7.14 Erosión fluvial en la margen izquierda del río Chicama. Afectó la plataforma asfaltada de la carretera Panamericana Norte.

B) Inundaciones fluviales

Se conoce como zonas inundables a 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 (ver fotografía 7.15).

Los factores que generan la susceptibilidad de estas zonas a inundarse se clasifican así:

- Áreas planas depresionadas con deficiencias de drenaje superficial. Incluyen zonas urbanas con deficiencia de sistemas de drenaje pluvial 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, 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.

Un resumen de las áreas susceptibles a inundaciones se muestra en el Anexo VII.



Fotografía 7.15 Área susceptible a inundación fluvial, ubicada en la margen derecha del río Chicama, caserío Sinupe, distrito de Cascas, provincia de Gran Chimú. Afectaría cultivos de arroz.

Otros peligros naturales

Dentro de esta categoría, se han considerado a los procesos de arenamiento, erosión de ladera y erosión marina.

A) Arenamiento

Los procesos de arenamiento están asociados a la unidad de planicie costanera y playas adyacentes al litoral, con una dinámica eólica importante, donde la dirección y velocidad del viento y la geomorfología del entorno favorecen la migración y acumulación de arenas.

Se encuentran, además, acumulaciones o mantos eólicos en las laderas o colinas bajas de las estribaciones occidentales

de los Andes, ya sea en forma de lomadas alargadas, onduladas, dunas y barcanas. Estos procesos influyen directamente en la obstrucción del tráfico o tránsito vial en algunos tramos de la carretera Panamericana Norte, algunas trochas, viviendas cercanas al litoral (Salaverry) y donde generalmente el riesgo es considerado bajo. También afecta al canal principal de riego del Proyecto Especial Chavimochic (ver fotografías 7.16, 7.17 y 7.18). Dentro de la región, se han inventariado 61 sectores afectados por arenamiento.

En el cuadro del Anexo VIII, se mencionan los lugares principales afectados por arenamiento.



Fotografía 7.16 Mantos de arena que rodean al cerro Cabras. Sobre el depósito, está asentado el AA. HH. Pueblo del Sol perteneciente al distrito El Porvenir, provincia Trujillo.



Fotografía 7.17 Mantos de arena en la margen derecha del canal de riego del Proyecto especial Chavimochic ubicado en el sector del Cerro Urango, distrito Chao, provincia Virú.



Fotografía 7.18 Mantos de arena que afectan la carretera de acceso por la Panamericana Norte. Altura del km 491. Sector Pampa Los Pancitos, distrito de Chao, provincia Virú.

B) Erosión de laderas

La erosión de los suelos por el agua 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 (ver fotografía 7.19).

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. Ocurre en suelos permeables y con pendientes medias a fuertes, o cuando la intensidad y la duración de la precipitaciones pluviales son altas (ver fotografía 7.19).

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 la amplitud de la formación de cárcavas guardan una íntima relación con la cantidad de agua de escurrimiento y la velocidad de esta. Además, están reguladas por las

características del suelo (permeabilidad y cohesión), del relieve, del clima y de la cobertura vegetal protectora. Las cárcavas pueden acrecentar sus dimensiones en profundidad, amplitud y longitud, gracias a diversos procesos que pueden ocurrir aislada o simultáneamente. El perfil transversal de las cárcavas puede ser en V o en U, todo depende del tipo de material existente.

Los procesos de erosión de laderas que se describen dentro de este grupo de procesos condicionan la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos y flujos de detritos o chorreras (ver fotografías del 7.20 al 7.23).

Estos procesos representan un porcentaje muy importante en la ocurrencia de peligros naturales (227 sectores), y presentan algunas áreas con procesos desarrollados de erosión en surcos y cárcavas, con extensiones de centenas de metros (ver Anexo IX). Afectan terrenos de cultivo y pastoreo, tramos de carreteras y, en algunos casos viviendas, rurales. Algunos sectores con gran desarrollo de erosión en surcos y cárcavas (acompañado de reptación de suelos) son los siguientes:

- Varios sectores de las quebradas afluentes a los ríos Santa, Chorobal, Huancaspongo, Carabamba, Moche, Chicama y Jequetepeque.
- Quebradas afluentes al río Marañón y Chusgón.



Fotografía 7.19 Erosión laminar y erosión en cárcava. Sector Loma Colorada, al sur del caserío Huanchaco, distrito Charat, Provincia Otuzco.



Fotografía 7.20 Erosión en cárcava con acumulación de flujos de detritos, ubicada en el cerro Oropungo, quebrada Huacaniday, distrito de Cochorco, provincia Sánchez Carrión.



Fotografía 7.21 Erosión en cárcava con acumulación de flujos, ubicada en la margen derecha del río Tablachaca, cerro Mashgón, distrito y provincia de Santiago de Chuco.



Fotografía 7.22 Erosión en cárcava. En la margen izquierda, se observa un deslizamiento. Está ubicada en el sector de Pinantay, cerro Chacarorco, suroeste del poblado de Lucma, distrito Lucma, provincia gran Chimú.



Fotografía 7.23 Erosión en cárcava, en la quebrada Chivo (Poterillo), ubicada dentro del distrito de Curgos, provincia Sánchez Carrión, carretera Huamachucho-Chugay.

C) Erosión marina

Según Vilchez et ál. (2007), es el fenómeno que produce el desgaste de las formaciones rocosas por acción del oleaje y corriente marina del borde litoral. En este caso, se encuentran comprometiendo los depósitos aluviales, conformados por intercalaciones de arenas, cantos, bolos y limos que forman acantilados, producen derrumbes y caída de detritos. Los mayores efectos se producen durante la marea alta cuando sus aguas alcanzan el pie de los taludes.

En el área, se han encontrado cinco sectores importantes afectados por este fenómeno, de los cuales tres han sido descritos en el Anexo X. Uno de estos eventos ocurre al oeste de la ciudad Víctor Larco Herrera. En este lugar, para disminuir su capacidad erosiva, se han construido muros rompeolas.

En las fotografías 7.24, 7.25 y 7.26, se muestran algunos ejemplos de erosión marina.



Fotografía 7.24 Erosión marina, acumulación de conos de taludes. Sector de la Barranca, distrito de Guadalupe, provincia de Pacasmayo. Fotografía: Manuel Vilchez, 2007.



Fotografía 7.25 Erosión marina produce derrumbes en el acantilado. Ubicada al norte del balneario de Cherrepe, provincia de Chepén. Fotografía: Manuel Vilchez, 2007.



Fotografía 7.26 Erosión marina al oeste de la ciudad Víctor Larco Herrera, provincia Trujillo.

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 que han producido distintos grados de destrucción en superficie. Estos sismos son parte de la principal fuente sismogénica en razón a que en ella se han producido los sismos de mayor tamaño conocidos en el Perú. Una segunda fuente la constituye 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).

En estas condiciones, en el Perú los sismos se constituyen como el mayor peligro al cual se encuentra sometido nuestro territorio, de ahí que los daños que ellos provocan en las ciudades dependerán de su tamaño y de la capacidad de respuesta de las estructuras a la aceleración a la cual son sometidas. La correcta equivalencia entre estos dos factores permitirá reducir los daños causados por este tipo de peligro. Para el monitoreo de la actividad sísmica que

ocurre en el territorio peruano, el Instituto Geofísico del Perú 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 análisis de la sismicidad histórica e instrumental presente en la región La Libertad. El número de sismos presentes en esta región nos ha permitido realizar estimaciones de las aceleraciones máximas esperadas para un periodo de 50 años, así como conocer las posibles intensidades que podrían afectar a las distintas localidades existentes en la región. De esta manera, se espera contribuir a la zonificación del peligro sísmico.

Sismicidad histórica de La Libertad

La historia sobre los acontecimientos sísmicos ocurridos en el Perú ha sido descrita con detalle por Silgado (1978). Existe información de sismos históricos importantes que han producido diversos niveles de daño en las ciudades y localidades ubicadas en esta zona. La descripción de los sismos más significativos que han ocasionado daños en distintos puntos de la región se presentan en el cuadro 7.3 (Silgado, 1978). Según las informaciones contenidas en el cuadro, las máximas intensidades en la escala Mercalli Modificada evaluadas en la región La Libertad oscilaron entre VI y X.

Cuadro 7.3
Descripción de los datos macrosísmicos ocurridos en la región de estudio

Fecha	Hora	Localidades	Intensidad	Observaciones
23/03/1606	20:00	Saña	VI	Se estremeció violentamente la tierra en Saña, Lambayeque.
14/02/1619	11:30	Trujillo	IX	<p>Arruinó los edificios y templos de Trujillo. La destrucción se extendió a las villas de Saña y Santa. Según la crónica del Padre Calancha, el movimiento fue sentido en más de 300 leguas de N a S (2000 km ±) y en más de 60 leguas de E a W (300 km±).</p> <p>A este efecto, Feijoo (1763) decía que " material viscoso y pestilente expelió envuelto en agua gredosa que se formaron ríos que corrieron por las campiñas de suerte que el río de la Villa del Santa, el de Barranza y otros tiñeron sus corrientes con tal maligna inundación".</p> <p>Aquel día murieron 350 personas, de las cuales 130 quedaron sepultadas en las ruinas. Este movimiento de tierra se sintió fuerte en Lima, aunque no ocasionó daños, según lo refirió Fray Antonio Vásquez de Espinoza (1628), quien se encontraba en el interior de una platería y vio salir a los pobladores huyendo de sus casas a la calle Después de cuatro días, se supo el gran daño que había hecho (en Trujillo), por lo que el virrey envió socorro por haber quedado la ciudad tan destruida tras el terremoto.</p>
06/01/1725	23:25	Trujillo	IX	Un notable movimiento sísmico ocasionó diversos daños en Trujillo. En los nevados de la cordillera Blanca, originó la rotura de un largo glaciar, la cual desbordándose arrasó un pueblo cercano de Yungay y murieron 1500 personas. El sismo se sintió en Lima.
14/03/1747	13:30	Tauca-Conchucos	VII	Fue un sismo destructor en Tauca, Conchucos. Causó muertos. Se registraron daños en Corongo.
02/09/1759	23:15	Trujillo	VII	Un gran temblor causó cinco víctimas en Trujillo y averió sus construcciones. La catedral sufrió daños en sus bóvedas, arquerías y torres. Fue sentido a lo largo de la costa entre el pueblo de San Pedro, Lambayeque, hasta la Villa de Santa. En los pueblos de las sierras de Huamachuco el movimiento sísmico fue intenso.
02/01/1902	09:08	Casma-Chimbote	IX	El movimiento de tierra fue fuerte y prolongado en Casma y Chimbote, donde causó alarma. Fue sentido moderadamente en Chiclayo y Paita. Fue leve en Lima. A las 10 horas se repitió en Casma con menor intensidad.
09/01/1906	05:00	Piura-Trujillo	VI	Hubo un temblor en el norte del país. Fue fuerte en Piura y de mediana intensidad en Trujillo.
28/09/1906	10:25	Norte del Perú	VIII-IX	<p>Notable conmoción sísmica en un área de forma elíptica de 310 000 km², que comprendía gran parte de la costa, sierra y hasta las estribaciones de la Cordillera Oriental. El eje mayor de 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., lo que produjo el cuarteo de paredes, el desquiciamiento de techos y el desplomo de las antiguas murallas.</p> <p>El sismo fue sentido fuertemente en Huancabamba, Ayabaca, Sullana, Piura, Morropón, Tumbes y Santa.</p>
20/06/1907	06:33	Chiclayo-Trujillo	VIII	Sismo localizado por Scieberg (1930) a 7° S, 81° O. Grado V MM de Mercalli en Chiclayo, Lambayeque y Eten. Grado IV MM en Olmos, Trujillo y Huancabamba. En Lima y Callao, fue breve, con prolongado ruido.

Fecha	Hora	Localidades	Intensidad	Observaciones
24/07/1912	06:50	Norte del Perú	X	<p>Terremoto en el norte arruinó la ciudad de Piura y poblaciones circunvecinas, y dejó muertos y heridos. Iceberg (1930) estimaba una intensidad de X-XI en el área epicentral que parece exagerada actualmente en vista del tipo, edad y calidad de las construcciones que predominaban en esa ciudad a comienzos de siglo.</p> <p>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, con más edificaciones, fue la más afectada, pues quedó en condiciones de habitabilidad solo el 1 %. Las estadísticas de la época evaluaron las pérdidas en un millón y medio de soles.</p> <p>En el terreno, en el cauce seco del río Piura, se formaron grietas con surgencia de agua; otros daños afectaron el terraplén del ferrocarril. En el puerto de Paita, se produjeron agrietamientos del suelo. Al sur en la ciudad de Trujillo y en el puerto de Salaverry, se estimó una intensidad de grado VI RF. Según Picón (1926), el epicentro macrosísmico estuvo situado dentro del departamento de Piura, en una región de la Cordillera Occidental al E de Huanca, NE de Piura y NW de Huancabamba.</p>
20/05/1917	23:45	Zaña-Chiclayo	VIII	Se sintió en Zaña, Chiclayo, Chimbote y Casma. Causó daños en la ciudad de Trujillo, con agrietamiento de algunas casas y muchos edificios públicos, etc.
14/05/1928	17:12	Norte del Perú	X	<p>Notable conmoción sísmica que trajo devastación y muerte en varias poblaciones interandinas del norte del Perú. La ciudad de Chachapoyas, capital del departamento de Amazonas y edificada en el valle de Utcubamba con 2318 m s. n. m., sufrió casi total destrucción. Sus casas de adobe y adobón, así como las antiguas murallas no pudieron resistir los violentos embates y se desplomaron en gran parte.</p> <p>La formación de grietas en el suelo, algunas hasta de dos metros de profundidad, y grandes derrumbes fueron comunes dentro del área epicentral. Uno de los deslizamientos, en el valle del Chamaya, sepultó al pueblo de Pinpincos, donde perecieron 25 personas. Aun a los cuatro años de haberse registrado este mismo, Panizo (1933) pudo constatar, durante su visita al valle de Chinchipe, los notables agrietamientos producidos en la superficie del terreno y los enormes desprendimientos que se originaron. Al NW del área pleistocénica, en territorio ecuatoriano, quedaron deteriorados los antiguos edificios del puerto de Guayaquil, los de Yaguachi en Machala y las construcciones de los distritos andinos del Cantón de Loja. Una atenuación de los efectos destructores se apreció en Cajamarca (2814 m s. n. m.), en Piura, Lambayeque y Trujillo, situados en la costa.</p>
21/06/1937	10:13	Costa Norte	VIII	Gran temblor sentido en la costa desde el paralelo 5° hasta el 11° de latitud sur y hacia el interior unos 180 km. 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, ocurrieron derrumbes parciales de las torres de las iglesias. Fue de intensidad VI de la escala MM. Produjo ligeros daños en las ciudades andinas de Cajamarca y Cutervo. Se sintió fuerte en Chimbote y Casma. Fue sentido en todas las poblaciones del Callejón de Huaylas hasta Chiquián, lo mismo que en Celendín, San Marcos, Pomabamba, situados en la vertiente del Alto Marañón. En Trujillo, la intensidad fue de VII-VI MM.

Fecha	Hora	Localidades	Intensidad	Observaciones
10/11/1946	12:53:00	Pallasca-Pomabamba	VII	Violento terremoto ocurrió en las provincias de Pallasca y Pomabamba en Ancash, asociado a un visible caso de dislocación tectónica. Causó 1386 víctimas. El movimiento sísmico tuvo un área de percepción de 450 000 km ² . La región epicentral fue situada entre las coordenadas 8°10' a 8°26' de latitud sur y 77°27' a 77°52' de longitud oeste. Fue el escenario de grandes efectos destructores, donde ocurrieron transformaciones topográficas y derrumbes en la parte alta del pueblo de Quiches, en el que se produjo una escarpa de falla de 10 km de longitud con rumbo promedio de N 42°W y buzamiento del plano de dislocación de 58°SW. Se produjeron grandes derrumbes en las quebradas de Pelagatos, Shuitococha, Llama y San Miguel, que ocasionaron represamientos. Por otro lado, se produjeron numerosos agrietamientos en el terreno cerca a Quiches, Mayas, Huancabamba, Conchucos y Citabamba. Su efecto en las construcciones, en el material de adobe y tapial de las edificaciones de Quiches, Sihuas, Mayas y Conchucos fue grande. Las intensidades percibidas en los cerros Paltas y Sillapata (Tayabambita) fue de XI (MMI); en Mayas y San Miguel, de X (MMI); en Sihuas, Quiches y Conchucos, de VIII (MMI); y en Chimbote y Trujillo, de V (MM).
14/02/1948	17:00	Quiches	VII	Fue un violento temblor en Quiches y pueblos aledaños del río Marañón. Fue la réplica más violenta del sismo del 10 de noviembre de 1946. Las intensidades observadas fueron de VII (MMI) en Quiches; VI (MMI) en Sihuas; y de V (MMI) en Pomabamba, Tauca, Corongo y Cabana.
08/05/1951	15:03	Chiclayo	VI	Movimiento sísmico regional surtido entre los paralelos 7° y 12° latitud sur. En la ciudad de Chiclayo, tuvo el grado V de la escala MM.
23/06/1951	20:44	Costas Litoral Norte	VI	Sismo originado en el océano frente a las costas del Litoral Norte. En la ciudad de Trujillo y el puerto de Pacasmayo, se apreció una intensidad de Grado V en la escala MM. Fue sentido en las poblaciones de Cajamarca y en las situadas en el Callejón de Huaylas.
12/12/1953	12:31	Norte del Perú	IX	Un fuerte y prolongado movimiento sísmico afectó seriamente a la parte NW del Perú y parte del territorio ecuatoriano. En las poblaciones peruanas 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 110° de latitud sur, y por los meridianos 75° y 81°W. El área de mayor destrucción abarcó unos 5 000 km ² . Dentro de esa superficie, sufrieron algunas construcciones recientes de concreto armado, las ruinosas de adobe y otras de ladrillo. La intensidad del movimiento se apreció entre el grado VII y VIII de la escala MM. Largas grietas se produjeron en los terrenos húmedos, algunas de dirección N-S y otras más extensas a lo largo de un canal de irrigación; una de ellas tenía unos cincuenta metros de longitud y alcanzaba, en algunos trechos, 30 a 40 cm de ancho. Eyección de lodo en las quebradas de Bocapán, en los esteros de Puerto Pizarro y en otros lugares. Deslizamientos del material suelto, en El Alto, en los alrededores de Zorritos y de las partes altas del cañón del río Tumbes.
19/06/1955	02:45	Norte del Perú	VI	Fuerte movimiento de tierra estremeció la zona norte a las 02:45 horas. Ligera destrucción en la hacienda Cartavio (Trujillo) y en Chimbote. Fue sentido al norte de Piura hasta el sur de Lima.
20/11/1960	17:02	Piura	VI	Movimiento sísmico en el NW. En Piura, causó dos muertos, varios heridos y grandes daños a las construcciones. Horas después, un pequeño <i>tsunami</i> golpeó las costas del departamento de Lambayeque. La primera ola de 9 m de altura aproximadamente causó daños en los puertos de Eten y Pimentel, y en las caletas de Santa Rosa y San José, así como la muerte de tres personas. La isla Lobos de Afuera, situada a unas diez millas frente al puerto de Pimentel, fue barrida completamente. Siguieron otras dos olas de menos magnitud.

Fecha	Hora	Localidades	Intensidad	Observaciones
18/04/1962	14:15	Casma	VI	Movimiento destructor que causó numerosos agrietamientos en las construcciones de adobe de la ciudad de Casma y deterioros en una de las torres de la catedral de Huaraz. Los deslizamientos de relaves en el asiento minero de Quiruvilca y carretera Trujillo- Huamachuco causaron cuatro muertos.
15/11/1962	18:25	Costa Trujillo	VI	Fue originado en la costa frente a Trujillo. Hubo daños leves en las construcciones pobres. Fue sentido en Chiclayo, Trujillo y Chimbote.
30/08/1963	10:30	NW del Perú	VI	Intenso temblor en el NW. Rotura de objetos decorativos y menaje en Piura. Grado V en la escala MM. Alarma en Chiclayo y Trujillo.
17/10/1966	16:41:00	Lima	VIII	Fue uno de los sismos más intensos desde 1940. Dejó un saldo de 100 muertos y daños materiales ascendientes a mil millones de soles oro. El área de percepción cubrió aproximadamente 524 000 km ² y fue destructor a lo largo de la franja litoral comprendida entre Lima y Supe. La aceleración registrada en Lima estuvo acompañada de periodos dominantes del orden de un décimo de segundo. La amplitud máxima fue de 0,4 g., entre ondas de aceleraciones menores de 0,2 g. Rotura de vidrios por doquier y ruidos intensos. En el centro de Lima y en algunos sectores, se veían caídas de cornisas y enlucidos. En la hacienda San Nicolás a unos 156 km al N de Lima, aparecieron numerosas grietas y de varias de ellas surgió agua de color amarillo; también en el km 169 de la carretera Panamericana Norte. Se observaron otras en el km 51+000 y el km 22+000 de la carretera Central; quedaron bloqueadas a consecuencia de los derrumbes. En la costa, hubo deslizamientos de material suelto de los acantilados de Chorrillos, Miraflores y Magdalena.
04/02/1969	23:11	Trujillo Chiclayo	VII	Sismo con magnitud 6,0 en la escala de Richter. Las ciudades del norte del país, especialmente Trujillo y Chiclayo, fueron sacudidas por un violento sismo. En Chiclayo causó gran alarma.
31/05/1970	15:30	Áncash	IX	Eran las 15:30 del domingo del 31 de mayo de 1970 cuando ocurrió uno de los terremotos más catastróficos en la historia del Perú. Según la publicación de PMA: GCA (2007). La pérdida de vidas ha estimado en 18.000 personas. Este número incluye las víctimas ubicadas sobre las vertientes arriba de Yungay, la totalidad de la población de Yungay y aquellas personas ubicadas sobre el abanico de Ranrahirca. Si esta cifra de muertos es correcta, el evento del Huascarán de 1970 sería uno de los cinco peores movimientos en masa, originado de un único desprendimiento, en la historia mundial y el segundo más grande en la historia de Sudamérica en tiempos históricos. En la región La Libertad fue sentido con una intensidad de V MM y VIII MM
09/12/1970	23:55	Norte del Perú	X	Un sismo de magnitud 7,2 sacudió y afectó las poblaciones del NW del Perú. Murieron 48 personas. En la vecina República del Ecuador, hubo otros tantos muertos y daños materiales. La máxima intensidad fue de VII grados en la escala MM. Cerca del caserío de Dacha, se agrietó el suelo, lo que produjo el brote de arena y lodo. En el área de Querecotillo en terraza fluvial y aluvial, se formó un sistema de grietas en echelón de longitud de 500 m con abertura de 0,30 m y salto de 0,25 m; el rumbo general era S 60 W (Taype, 1971).
10/07/1971	20:33	Norte del Perú	VI	Un sismo fuerte en el NW del país produjo, en Sullana, la caída de dos viviendas antiguas ya dañadas por el terremoto de diciembre de 1970 y ligeros desperfectos en otras viviendas. Hubo alarma en Piura y Tumbes. Con menor intensidad, se sintió en Chiclayo y Trujillo.

Fecha	Hora	Localidades	Intensidad	Observaciones
05/05/1971	12:28	Sihuas	VII	Violento sismo estremeció la provincia de Sihuas, departamento de Áncash. Como consecuencia de los desplomes y deslizamientos que se produjeron en el caserío de San Miguel de Chingalpo y pueblo de Quiches, murieron cinco personas y treinta quedaron heridas. Otros deslizamientos inutilizaron las vías de acceso a esa provincia. El movimiento se originó en el mismo foco del terremoto de 1946.
09/06/1974	14:16	Chiclayo	VI	Fuerte sismo que afectó a las ciudades de Chiclayo y Piura, y causó daños materiales.
23/11/1986	01:38	Lambayeque	VII	Sismo de magnitud 5.2 Ms en la escala de Richter afectó a la cuenca Chancay-Lambayeque.
06/04/1991	14:48	La Libertad	VII	Sismo de magnitud 5.0 Ms, cuyo epicentro se ubicó al noreste de la cuenca y afectó poblados de la región La Libertad.
05/11/1995	09:25	Lambayeque	VI	Fuerte Sismo cuyo epicentro se ubicó en las coordenadas 06° 15' S y 79° 00' W, con una magnitud de 4.9 Ms en la escala de Richter. Afectó al departamento de Lambayeque.
27/03/2000	09:54	Lambayeque	VI	Sismo cuyo epicentro se ubicó en las coordenadas 06° 17' S y 80° 12' W, con una magnitud de 4.8 Ms en la escala de Richter.
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. En estas localidades, se han reportado el desplome y daños mayores en un gran número de casas de adobe (aproximadamente 500 viviendas), las mismas que ocasionaron un gran número de personas con heridas de diferente grado (23 personas). Se han reportado 2500 damnificados y la muerte de 5 personas por derrumbes de sus viviendas. Intensidades de IV-V fueron evaluadas en Contamina, Juanjui, Iquitos, Chiclayo, Trujillo, Huánuco.

Para la mayoría de los sismos descritos en el cuadro 7.3, Silgado (1978) elaboró sus respectivos mapas de intensidades, de los cuales dos de ellos afectaron a la región: el correspondiente al sismo del 14 de febrero de 1619, cuyo epicentro macrosísmico estuvo situado cerca de la ciudad de Trujillo, y afectó en un radio de 400 km a partir del epicentro, lo que dejó 350 muertos (ver figura 7.5); y el terremoto del norte del Perú del 24 de julio de 1912 que afectó a Trujillo con una intensidad de VI en la escala MM, cuyo epicentro se localizó en Huancabamba (ver figura 7.6). Asimismo, podemos mencionar al sismo del 28 de septiembre de 1906 ocurrido a las 12:25 horas con una intensidad de VIII y IX. Según algunos investigadores, este último sismo parece ser el mayor ocurrido en el área de Zaña.

Distribución de intensidades sísmicas máximas

Según 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 del área de la región de La Libertad, se observa que prevalecen las intensidades máximas en los sectores de Huamachuco, Bolívar, Ongón, Buldibuyo, Pataz, Sitabamba, Santiago de Chuco, Tayabamba, y son del orden de VI (MM) con un 75 % de área total. El resto del área se caracteriza por presentar una franja delgada con intensidades del orden de VII (MM). Dentro de este, se localizan los distritos de Chepén, Guadalupe y Jequetepeque; más cerca de la costa, con intensidades máximas de VIII en

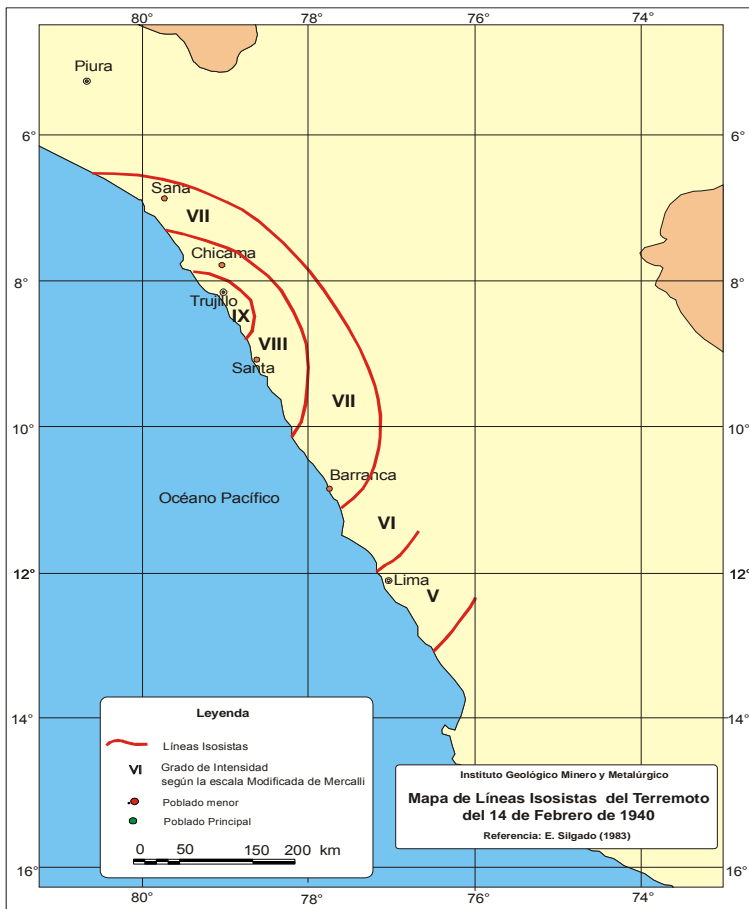


Figura 7.5 Mapa de isosistas del sismo del 14 de febrero de 1619, Trujillo.

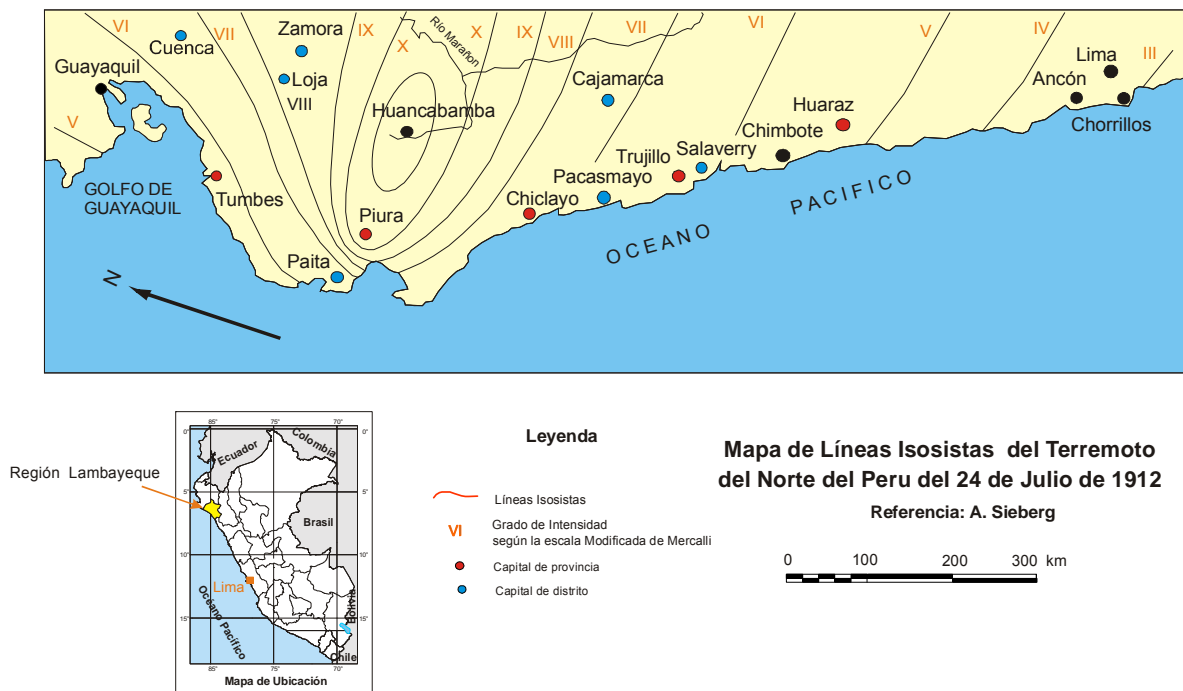


Figura 7.6 Mapa de isosistas del sismo del 24 de julio de 1912, Huancabamba.

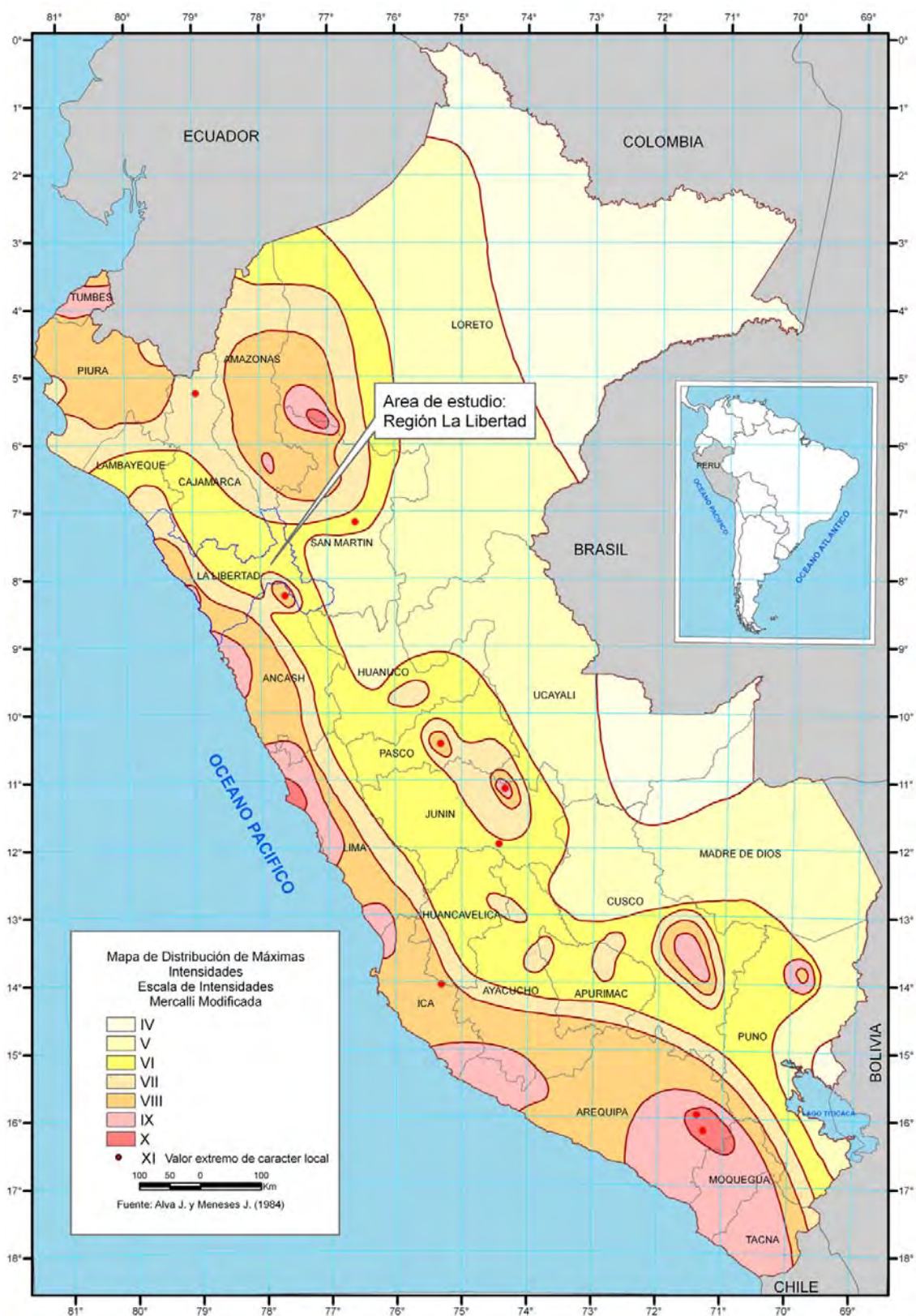


Figura 7.7 Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sismicas.

Sismotectónica de la región

El entorno sismotectónico del Perú se caracteriza por la colisión y subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamérica, proceso conocido como subducción, el mismo que dio origen a la aparición de la fosa peruana-chilena, a la cordillera de los Andes, a los principales sistemas de fallas activas y a la ocurrencia continua de un gran número de sismos de diversas magnitudes. Estas características geomorfológicas, geológicas y geofísicas permiten considerar al Perú como uno de los países de mayor riesgo sísmico en América Latina.

Estudios sobre la neotectónica de Perú (Sebrier et ál., 1982), así como la elaboración de los mapas neotectónicos (Machare et ál., 1991) y sismotectónicos de Perú (Tavera et ál., 2001) han permitido identificar la presencia sobre nuestro territorio de un importante número de fallas activas, muchas de las cuales producen sismos continuamente.

Del mismo modo, en la región de La Libertad, se puede observar que presenta una falla activa denominada Shonita, que se halla influenciada por las fallas de Chalquibamba y Quiches, ubicadas hacia el sur de Tayabamba, y la falla de la Cordillera Blanca.

Según el estudio de Sebrier et ál. (1982), se tienen las siguientes fallas:

Falla de la Cordillera Blanca. Está limitando el borde oeste de la Cordillera Blanca. Tiene rumbos entre N100°E y N150°E con buzamientos entre 55° y 75° hacia el SW. Sus movimientos son normales a normales ligeramente sinestrales. El sistema de fallas tiene una longitud de 190 km, y cada una de las fallas que lo conforman no tiene más de unos 8 km. Los saltos verticales son variables; están comprendidos entre 1 m y 50 m.

La Falla de Chalquibamba. Se ubica en el departamento de Cajamarca, al norte de la localidad de Chaquilbamba y al este de Marcabal (Bellier et ál., 1989; Macharé et ál., 1991). Por lo tanto, está situada en la Cordillera Occidental, al sureste de la deflexión de Cajamarca, entre 3720 m y 3815 m de altitud.

Es una falla de tipo normal. Su escarpe de falla está constituido por una cara libre y un talud de escombros, los dos bien conservados. La faz libre tiene una altura que varía entre 0,80 m y 1,50 m, y un buzamiento entre 72° suroeste (Bellier et ál., 1989).

La falla corta la superficie afectando unidades mesozoicas y morrenas glaciares atribuidas a la última glaciación (10 000 BP) (Bellier et ál., 1988).

La actividad de la falla activa Chalquibamba se desarrolló en varios episodios de deformación; el último podría corresponder a la crisis sísmica de abril de 1937 (Silgado, 1978), donde sus focos sísmicos tuvieron una profundidad de 5,5 km aproximadamente.

La Falla Shonita. Está situada en el flanco occidental del macizo de Tamboras-Huayacalda, en la provincia de Santiago de Chuco, departamento de La Libertad (Macharé et ál. 2004).

Ella se reconoce por un escarpe que corta la topografía actual, lo que produce un salto vertical de 25 m que se prolonga sobre una longitud de 2.8 km. Esta ruptura afecta principalmente a morrenas laterales y depósitos fluvio-glaciares.

El escarpe de falla que corta los depósitos cuaternarios tiene un aspecto bastante fresco; así, la faz libre del escarpe está levemente degradada y cubierta de un delgado coluvio parcialmente colonizado por pastos. Esto permite medir el azimut del plano de falla en N152°E y su buzamiento en 58° al suroeste, y salto de tipo normal.

Un escarpe similar ha sido observado a 6 km, en la prolongación noroeste de la falla Shonita, al norte de la quebrada Compaccha. Otro escarpe parecido de 4 km se encuentra en la prolongación sureste en la ladera del cerro Huayacalda, lo cual permite pensar en una estructura del orden de 10 km en la zona.

Esta falla es un nuevo hito que indica que, a pesar de su baja sismicidad, esta región ha sufrido sismos superficiales con ruptura visible, que deben ser considerados en las evaluaciones de peligro sísmico.

Falla de Quiches. Se ubica en el norte del departamento de Áncash, entre los poblados de Quiches y Chingalpo, en la margen occidental del río Marañón, al noreste de Huaraz. Forma parte de la Cordillera Occidental.

La falla de Quiches tiene un rumbo noroeste-sureste, una longitud de 20 km, y se divide en dos segmentos (Llamacorral y Angashari).

Según estudios de fotointerpretación, cartografiado geomorfológico, estudio morfológico y microtectónico, estudios paleosismológicos y análisis sísmológicos, se llegó a establecer que la falla hizo aflorar areniscas cuarzosas y calizas cretáceas (Bellier et ál., 1990). De la misma manera, desplazó dos depósitos de morrenas glaciares cuaternarias y depósitos fluvio-glaciares.

Esta falla fue reactivada con movimiento normal durante un fuerte sismo ocurrido el 10 de noviembre de 1946 en Áncash ($M=7.25$). Dicho sismo generó escarpes verticales de hasta 3.5 m. El mecanismo focal obtenido por Silgado (1951) y Doser (1987) es de tipo normal puro, con planos nodales orientados en dirección noroeste-sureste. La orientación de los planos nodales es de N315°E coherente con la orientación de la traza de falla observada sobre el terreno. Doser (1987), a partir de sismogramas teóricos, obtiene una profundidad para el foco de 15-17 km, un momento sísmico de 1.7E26 dina-cm y una longitud de 28 km. El total de la

energía sísmica se ha liberado en 6 segundos. La magnitud estimada es de 6-6.3 Ms y 6.5-6.9 mb.

Del análisis paleosismológico, se puede determinar que el periodo de recurrencia es de 11 000 años (Doser, 1987; Schwartz, 1988).

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 Instituto Geofísico del Perú, que considera los sismos ocurridos entre los años 1500 a 2005. Según el mapa de la figura 7.8, 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. 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. Sismos

en menor número se producen en la zona andina propiamente dicha (Tavera y Buforn, 2001; Bernal y Tavera, 2002).

En la sección A-A', se observa que la profundidad de los sismos aumenta 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 344 y 560 km de distancia horizontal desde el punto A, se observa menor ocurrencia de sismos, los cuales son más superficiales, lo que puede indicar la existencia de una posible laguna sísmica. A partir de la distancia de 580 a 850 desde el punto A, aumenta el número y la 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 de 600 km; de esta forma, se marca el límite inferior de la deformación superficial en el interior del continente.

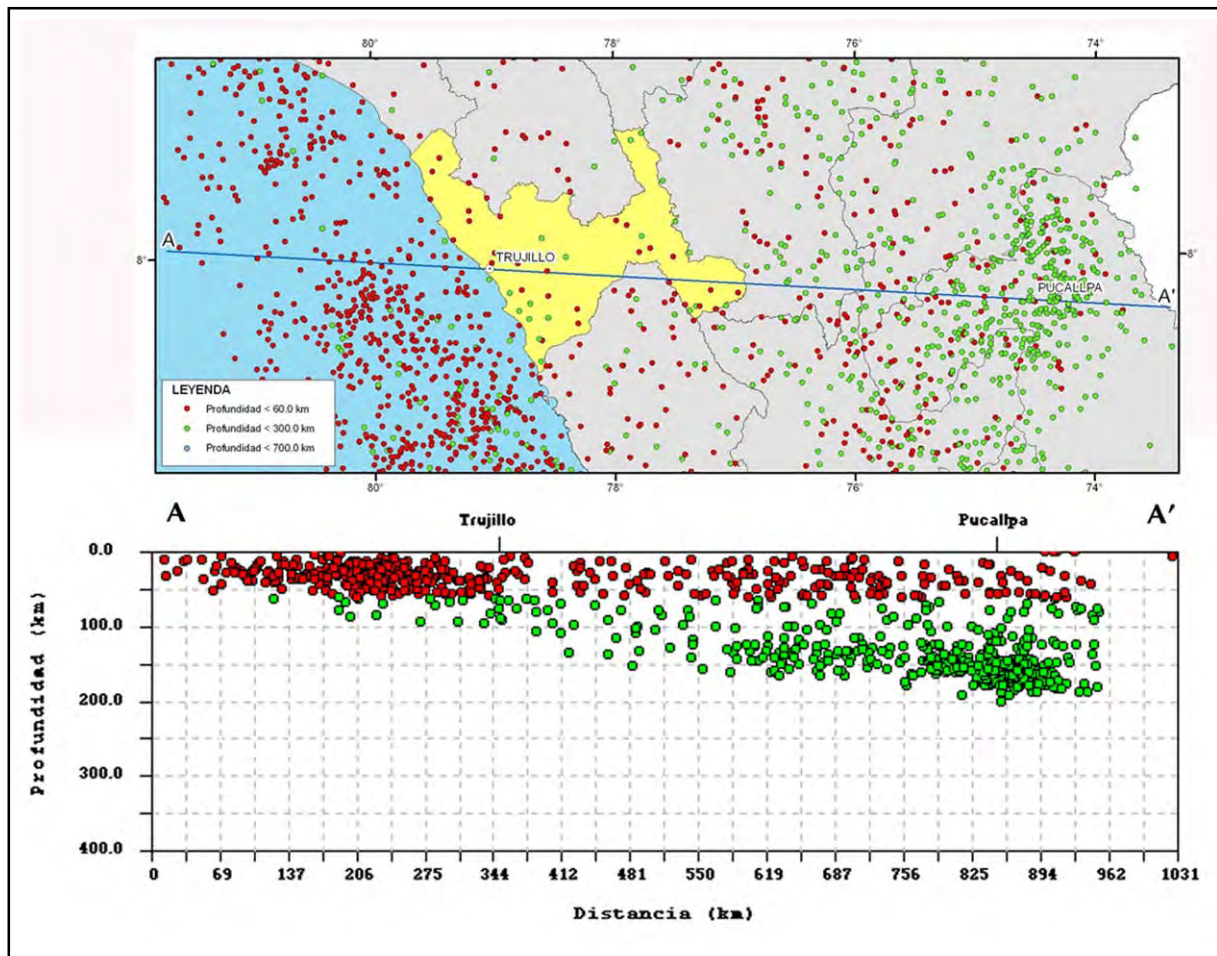


Figura 7.8 Distribución espacial de los sismos en los alrededores de la región.

Estudio sísmico probabilístico

A fin de conocer las aceleraciones máximas producidas por un sismo que en el futuro pudiera ocurrir en la región La Libertad, se ha procedido a evaluar el peligro sísmico de dicha cuenca 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 usado el programa RISK III (McGuire, 1999).

Se muestran los mapas de aceleraciones máximas para un periodo de 30, 50 y 100 años, con un 10 % de excedencia; en ellas se observa que las aceleraciones mayores se presentan a lo largo del borde sur occidental y, en parte, en el borde nororiental de la región La Libertad. Dentro de la región, se muestra el mapa de distribución de aceleraciones máximas para un 10 % de excedencia para 20 años que oscilan entre 265 a 325 gals. (ver figura 7.9); para 50 años de vida útil varían de 292 a 363 gals. (ver figura 7.10); y para 100 años varían de 335 a 428 gals. (ver figura 7.11). En los tres mapas, se observa que las aceleraciones mayores se presentan a lo largo del borde occidental de la región y, hacia el noreste, las aceleraciones disminuyen gradualmente. Estos resultados muestran que las áreas más propensas a soportar aceleraciones importantes se encuentran en el sector oeste cerca de la línea de costa, siendo coherente con el importante número de sismos que ocurre en dicha área.

El rápido decaimiento de los valores de aceleración se debe, por una parte, a que el número de sismos que ocurre en el continente disminuye, así como la participación de la Cordillera Andina como un elemento atenuador de la energía liberada por los sismos que ocurren en la zona de subducción.

Zonificación y aceleraciones máximas

Los diversos estudios de sismicidad existentes en la bibliografía han sido base para que autores como Alva (1994) elaborasen el Mapa de Zonificación Sísmica para el Perú, el mismo que actualmente es utilizado en el Reglamento de Construcción Sísmica con la norma técnica de edificación E-30 Diseño Sismorresistente actualizado al 2003. El territorio nacional se considera dividido en tres zonas, como se muestra en la figura 7.12. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y atenuación de estos con la distancia epicentral, así como la información geotectónica. Según dicho mapa, la región se divide en tres zonas, y la que corresponde a la región La Libertad es la Zona 3, localizada desde la línea de costa hasta el margen occidental

de la cordillera de los Andes. Dentro de esta zona se ubican las provincias de Chepén, Pacasmayo, Ascope, Trujillo, Virú, Gran Chimú, Julcán, Otuzco, Sánchez Carrión, Santiago de Chuco, Pataz y Bolívar.

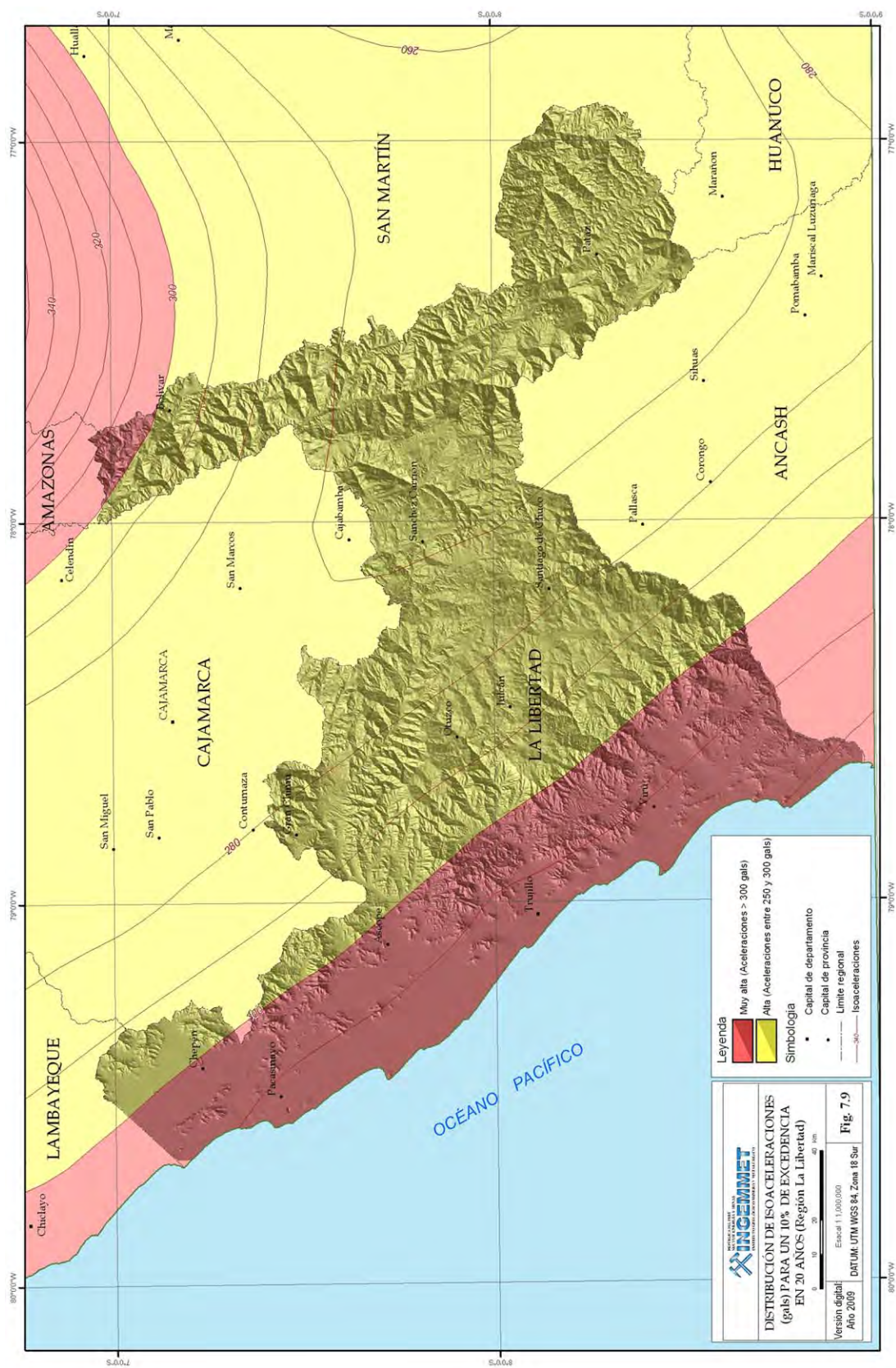
El mapa de zonificación sísmica es coherente con el de aceleraciones máximas, y de su comparación es posible definir la existencia de una sola zona de alta a muy alta sismicidad bien marcada, en la cual las áreas con valores de intensidades máximas coinciden con las de intensidades, principalmente para la región La Libertad, área de interés en el presente estudio.

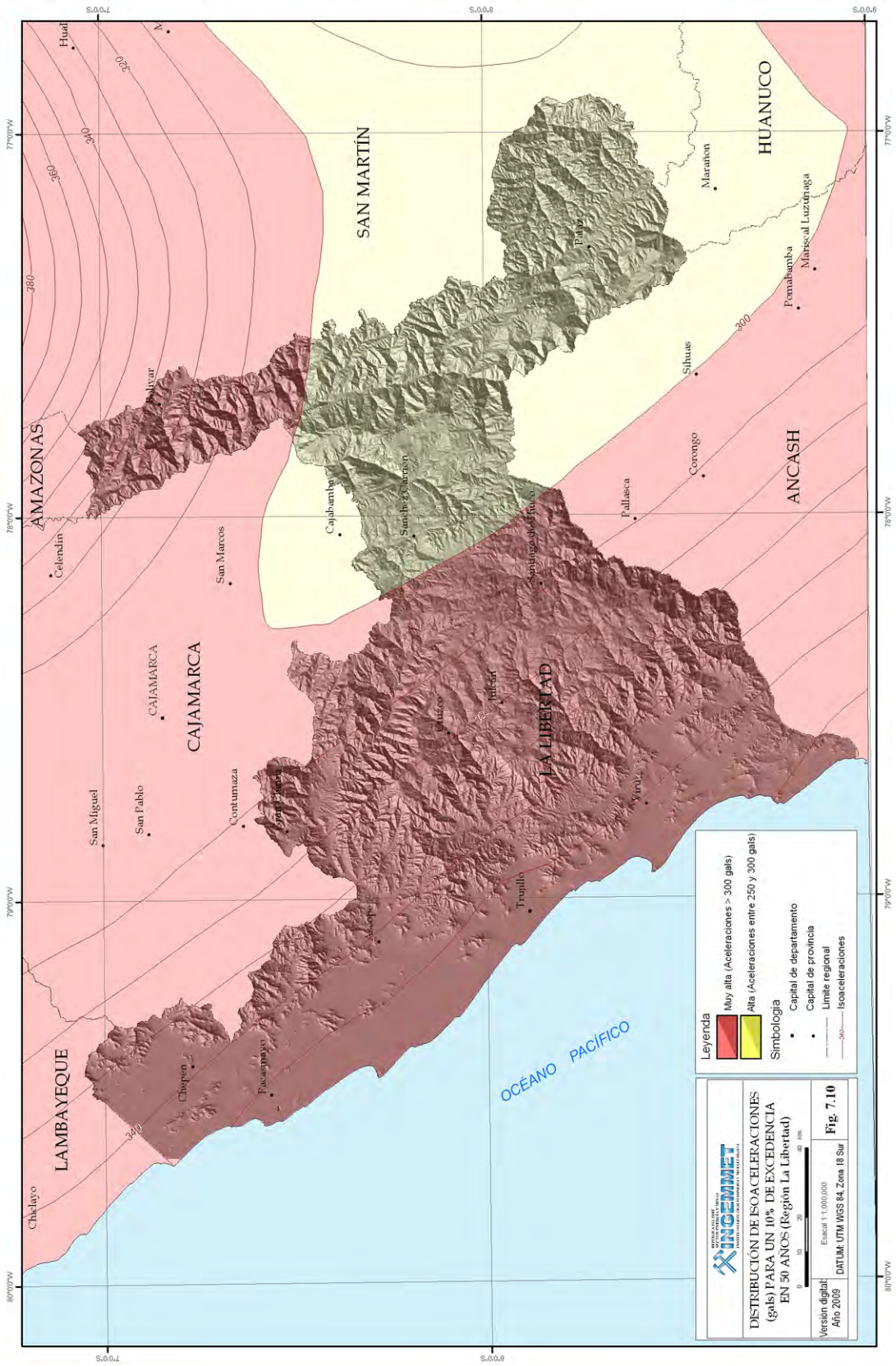
Por consiguiente, a la región La Libertad le corresponde máximas intensidades de VI (MM) hasta IX (MM). Las aceleraciones máximas a esperarse, en un periodo de 50 años, oscilan entre 292 y 363 gals.

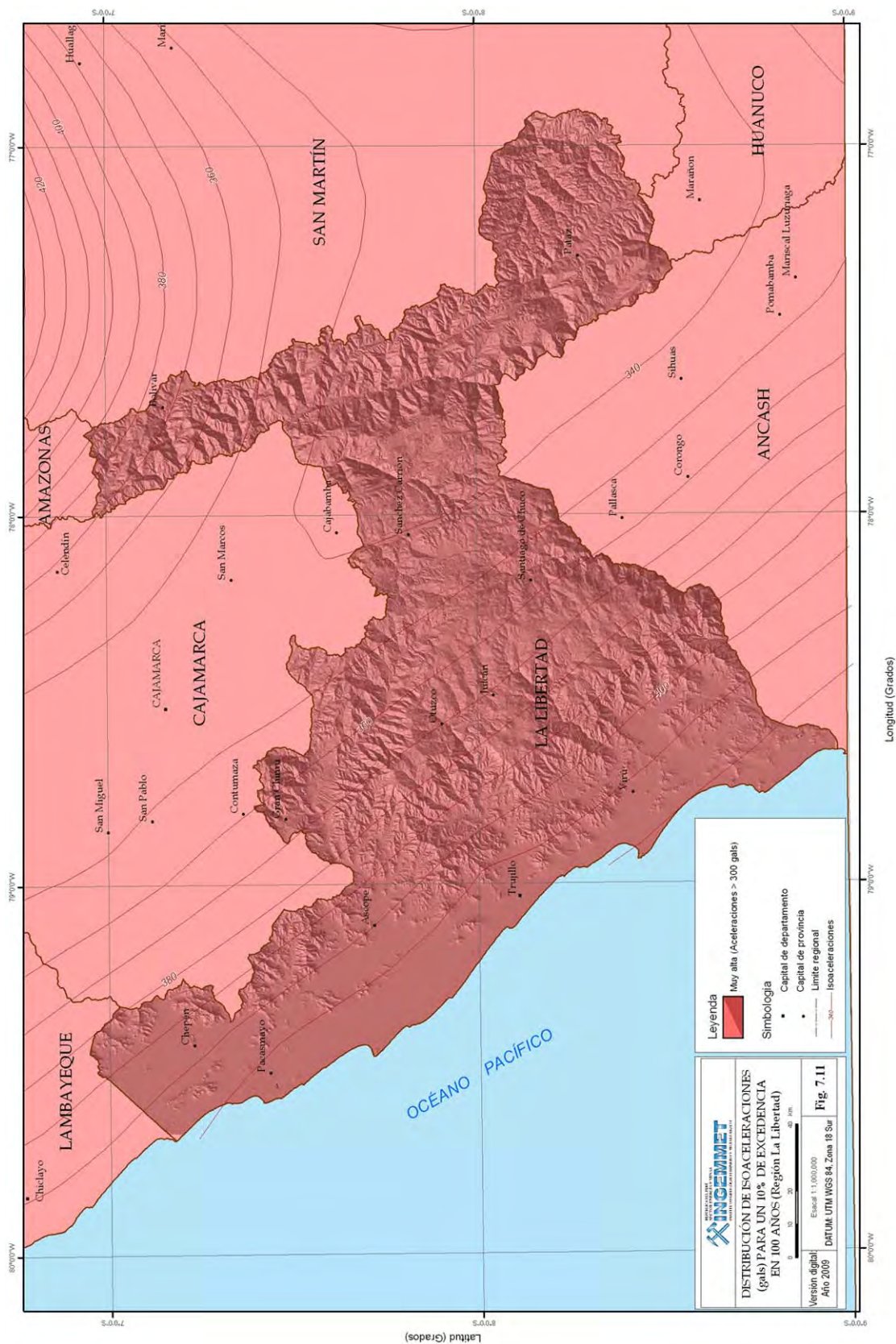
En la figura 7.13, se presenta la curva de Peligro Sísmico Anual calculado para el sector de Pias, donde se muestra la probabilidad de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud para el poblado de Pias-Parcoy-La Libertad. De la figura, se deduce que en dicha zona se produciría una aceleración máxima de 447 gals., con una probabilidad del 0.002 %, siendo el periodo medio de retorno del sismo que produce dicha aceleración de 900 años. Aceleraciones del orden de los 244 gals. se producirían con un porcentaje de 0.05 % con periodos de tiempo de retorno de 60 años en promedio.

Asimismo, en la figura 7.14, se presenta la curva de Peligro Sísmico Anual calculado para el sitio arqueológico de Chan Chan (Trujillo), donde se muestra la probabilidad de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud. De la figura, se deduce que en dicha zona se produciría una aceleración máxima de 579 gals., con una probabilidad del 0,002 %, siendo el periodo medio de retorno del sismo que produce dicha aceleración de 900 años. Aceleraciones del orden de los 285 gals. se producirían con un porcentaje de 0.05 %, con periodos de tiempo de retorno de 60 años en promedio.

Según la guía metodológica de evaluación (ver cuadro 7.4) de riesgo por fenómenos de remoción en masa (Ingeominas, 2001), con ventanas de tiempo para 20, 50 y 100 años de vida útil, correspondiente a 200, 475 y 1000 años de periodos de retorno respectivamente, para un 10 % de excedencia. Se ha determinado en forma general de acuerdo con los valores de aceleraciones máximas esperadas para la región de La Libertad, categorías de Alta a Muy Alta.







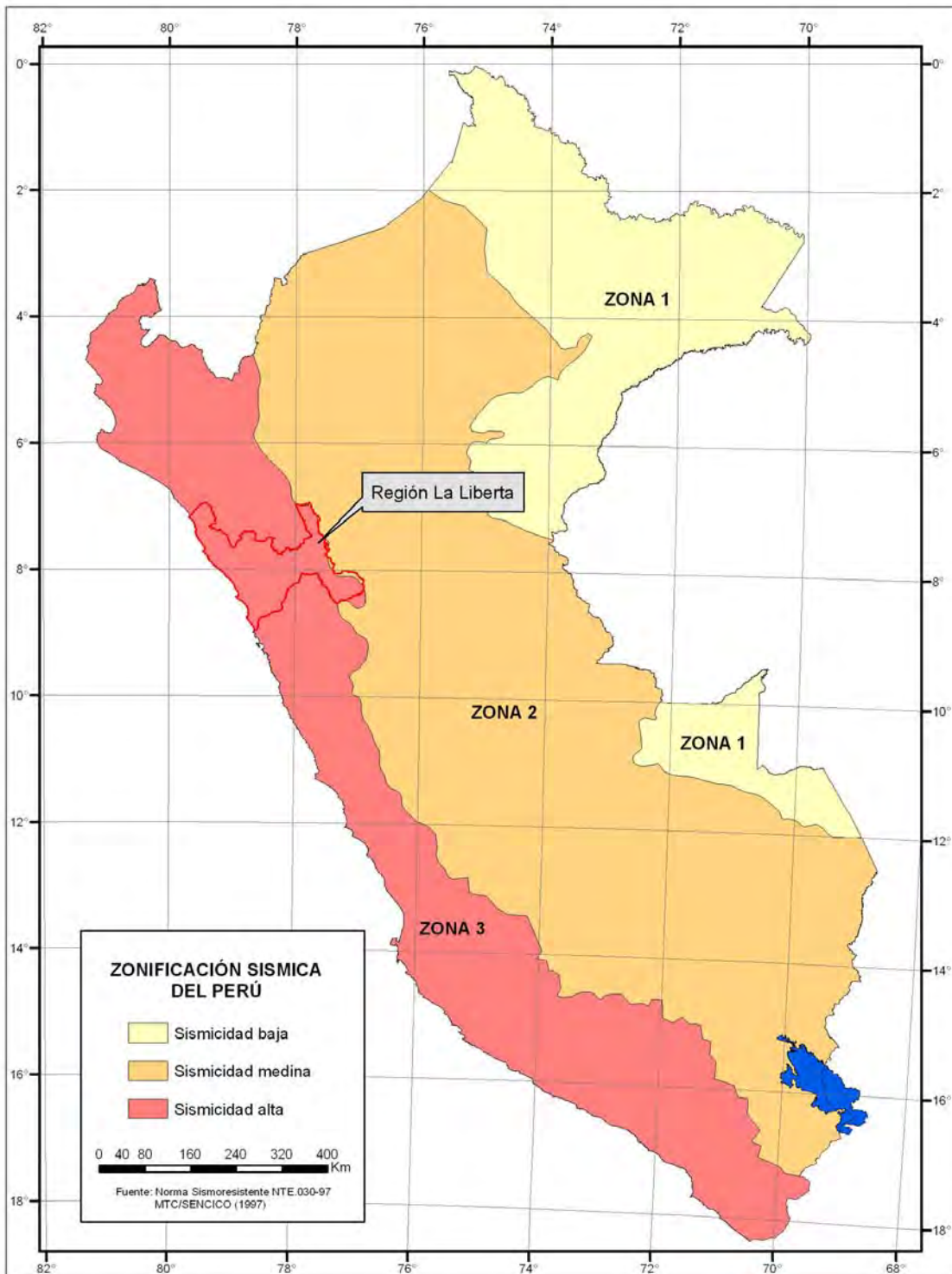


Figura 7.12 Zonificación sísmica del Perú.

Cuadro 7.4
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 a 300 gals.	4

Peligro Sísmico calculado para PIAS (Pto. 77.55 W - 07.86 S)

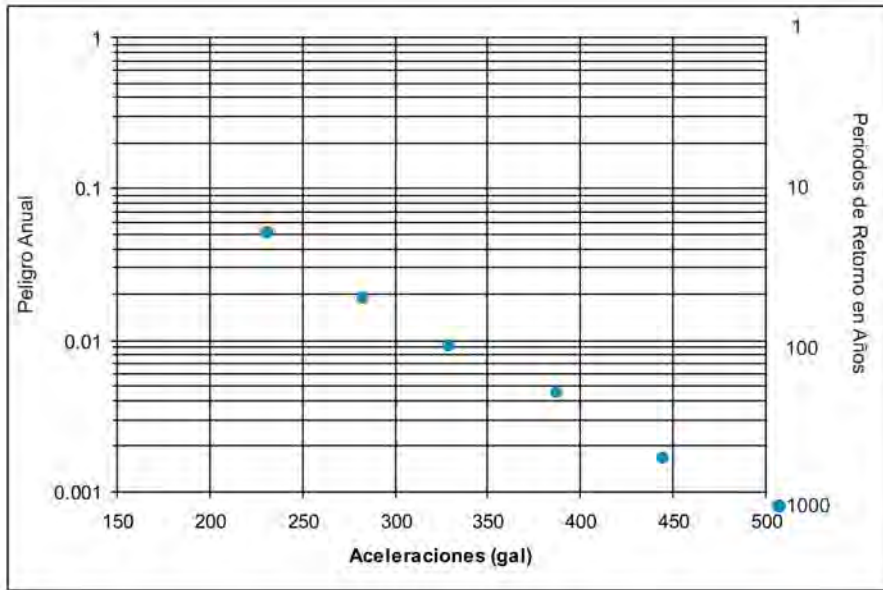


Figura 7.13 Curva de Peligro Anual para la localidad de Pias-La Libertad.

Peligro Sísmico calculado para Chan Chan
(Pto. 79.06 W - 08.10 S)

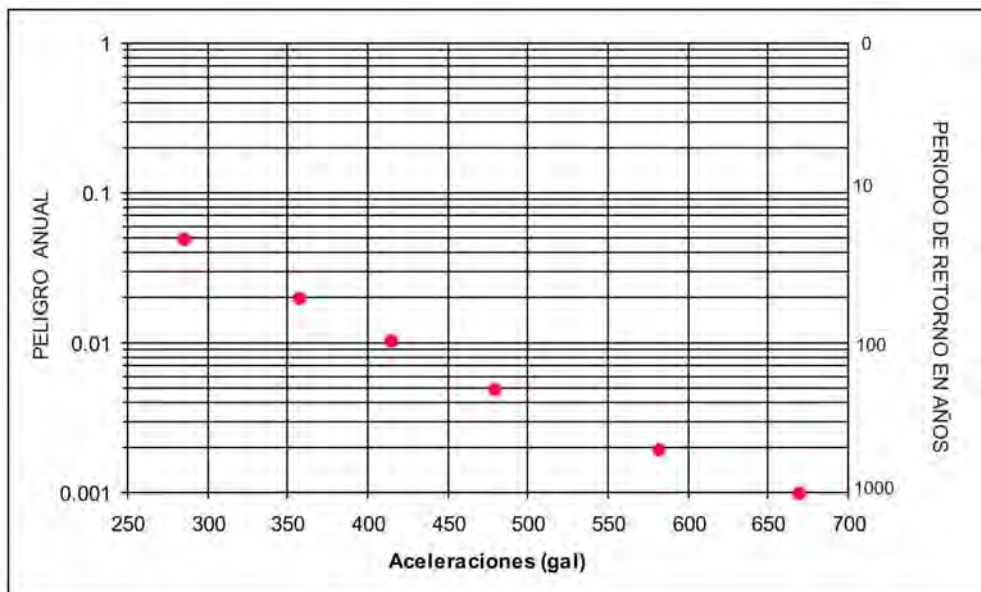


Figura 7.14 Curva de Peligro Anual para el sitio arqueológico de Chan Chan-La Libertad.

Tsunamis

Los *tsunamis* son una serie de ondas marinas de gran tamaño que han sido generadas por una perturbación en el interior del océano, al ocurrir principalmente un movimiento sísmico superficial ($h < 60$ km) con foco en el fondo marino. Dependiendo del tamaño del sismo, las olas pueden alcanzar diversas alturas y muchas veces recorren distancias tan grandes como la existente entre la costa occidental de Sudamérica y la oriental de Japón a velocidades que prácticamente no son perceptibles sobre la superficie del océano. Del mismo modo, las dimensiones de las áreas inundadas en el continente dependerán del tamaño del sismo y de su ubicación con relación a la línea de costa.

En el Perú, la información histórica e instrumental indica que, durante los últimos 500 años, se ha producido un número importante de sismos de gran magnitud que fueron acompañados de *tsunamis*, en algunos casos de diversos tamaños que también han producido destrucción y daños, importantes en las principales ciudades, distribuidas a lo largo de la línea de la costa de Perú, donde está incluida la costa de la región La Libertad.

Historia de los *tsunamis*

Según la historia sísmica de Perú, su costa ha sido afectada por varios *tsunamis* que se produjeron después de haber ocurrido importantes sismos en los años 1868, 1877, 1966 y 2001. Actualmente, en la ciudad de Trujillo y alrededores, las edificaciones ribereñas han crecido bastante, tal como el balneario de Buenos Aires, en el distrito de Víctor Larco, en la zona de Las Delicias, en el distrito de Moche, Salaverry y Huanchaco. Los centros poblados son lugares potencialmente susceptibles al peligro ante la ocurrencia de *tsunamis*. A continuación, se presenta una breve descripción de las características de estos *tsunamis*.

El *tsunami* del 13 de agosto de 1968 causó daños desde Trujillo (Perú) hasta Concepción (Chile). En Arica, una nave de guerra fue varada 400 m tierra adentro. Se sintió en puertos lejanos como Hawái y Japón, epicentro frente a Arica. La altura de la ola registrada fue de 21 m en Concepción.

El *tsunami* del 21 de febrero de 1966, originado por un sismo ubicado a 210 km al SW de Chimbote, fue de magnitud 6.9 en escala Richter. Hubo 15 muertos. La altura de la ola sobrepasó los 5 m en el puerto de Chimbote y caleta Coishco. Los efectos del *tsunami* se sintieron a lo largo del litoral costero.

El *tsunami* ocurrido el 20 de noviembre de 1960 fue generado por un sismo que se produjo a las 22:02 UTM, con una magnitud de 6.8 Ms e intensidad máxima de VI en la escala de Mercalli. El epicentro del sismo fue ubicado en Piura (05.6 S-80.09 W). Varias horas después de ocurrido el sismo, un tsunami devastador silenciosamente arribó al litoral costero de Lambayeque. La primera ola alcanzó 9 m de altura, y produjo daños severos en los puertos de Eten y San José. Este *tsunami* logró inundar completamente la isla de Lobos, ubicado a 16 km del puerto Pimentel. Las demás olas fueron de menor tamaño e intensidad. Debido a la magnitud e intensidad del sismo, es probable que este *tsunami* se haya originado por deslizamiento de material submarino que perdió estabilidad debido al movimiento telúrico.

El *tsunami* del 21 de febrero de 1996, originado por un sismo ubicado a 210 km al suroeste de Chimbote con magnitud de 6.9 en la escala de Richter, dejó 15 muertos. La altura de la ola sobrepasó los 5 m, tanto en el puerto de Chimbote como en la caleta Coishco.

El *tsunami* de Camaná del 23 de junio de 2001, originado por un sismo con epicentro en el mar al NW de Ocoña, tuvo una magnitud 6.9 en la escala de Richter. Se generaron olas de hasta 8.14 m. Causó 23 muertos, 63 desaparecidos y cuantiosos daños materiales.

Un catálogo detallado de los principales *tsunamis* que afectaron la costa de Perú puede ser encontrado y consultado en Carpio y Tavera (2002).

En el cuadro 7.5, se muestran las ciudades costeras de la región La Libertad que reportaron *tsunamis* originados por sismos tsunamigénicos en el Perú y en otras regiones, desde el año 1877 según Lockridge (1985). El sismo tsunamigénico del 20 de noviembre de 1960 fue uno de los de mayor severidad.

Cuadro 7.5
Ciudades de la costa de la región La Libertad que reportaron *tsunamis* originados en Perú y en otras regiones

Año	Mes	Día	Origen (País)	Ciudad Reportada en Perú	Lat.	Long.	Runup
1877	5	10	Norte de Chile	Pacasmayo	7.45	79.55	----
1868	8	13	Norte de Chile	Tambo	7.58	78.70	-----
1877	5	10	Norte de Chile	Tambo	7.58	78.70	4.0
1877	5	10	Norte de Chile	Huanchaco	8.05	78.10	-----
1868	8	13	Norte de Chile	Trujillo	8.10	79.00	-----
1966	10	17	Perú	Trujillo	8.10	79.00	3.0
1877	5	10	Norte de Chile	Salaverry	8.23	78.92	0.8
1746	10	28	Perú	Guanape	8.53	78.98	-----

De acuerdo con análisis realizado, el Perú es potencialmente sísmico y, por tanto, es susceptible a la ocurrencia de sismos de gran magnitud. En estas condiciones, se acepta que cualquiera de estos sismos pueden ser acompañados de *tsunamis* importantes que inundarían los poblados y localidades distribuidos a lo largo del litoral costero de la región La Libertad. Por consiguiente, la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú propuso cartas de inundaciones para los puertos y balnearios siguientes: puerto Pacasmayo (ver figura 7.15), puerto Chicama-Malabrigo (ver figura 7.16), balneario Buenos Aires (ver figura 7.17), balneario Las Delicias (ver figura 7.18), puerto Salaverry (ver figura 7.19), balneario Huanchaco (ver figura 7.20) y Huanchaquito (ver figura 7.21). En dichas cartas se contribuye a

definir las zonas de inundación, vías de evacuación y zonas de refugio de las localidades, balnearios y puertos costeros del litoral peruano en caso de ocurrencia de un *tsunami*.

Estas cartas nos permiten un estudio real y efectivo de cada localidad costera, herramienta que será útil para la preparación de planes de emergencia y posterior realización de simulacros de evacuación para la protección de la población, con el objeto de mitigar los efectos del *tsunami* y, por tanto, reducir los daños materiales y pérdidas de vidas humanas. Además, se propondría un crecimiento urbano ordenado y seguro de las zonas costeras bajas que son más vulnerables.

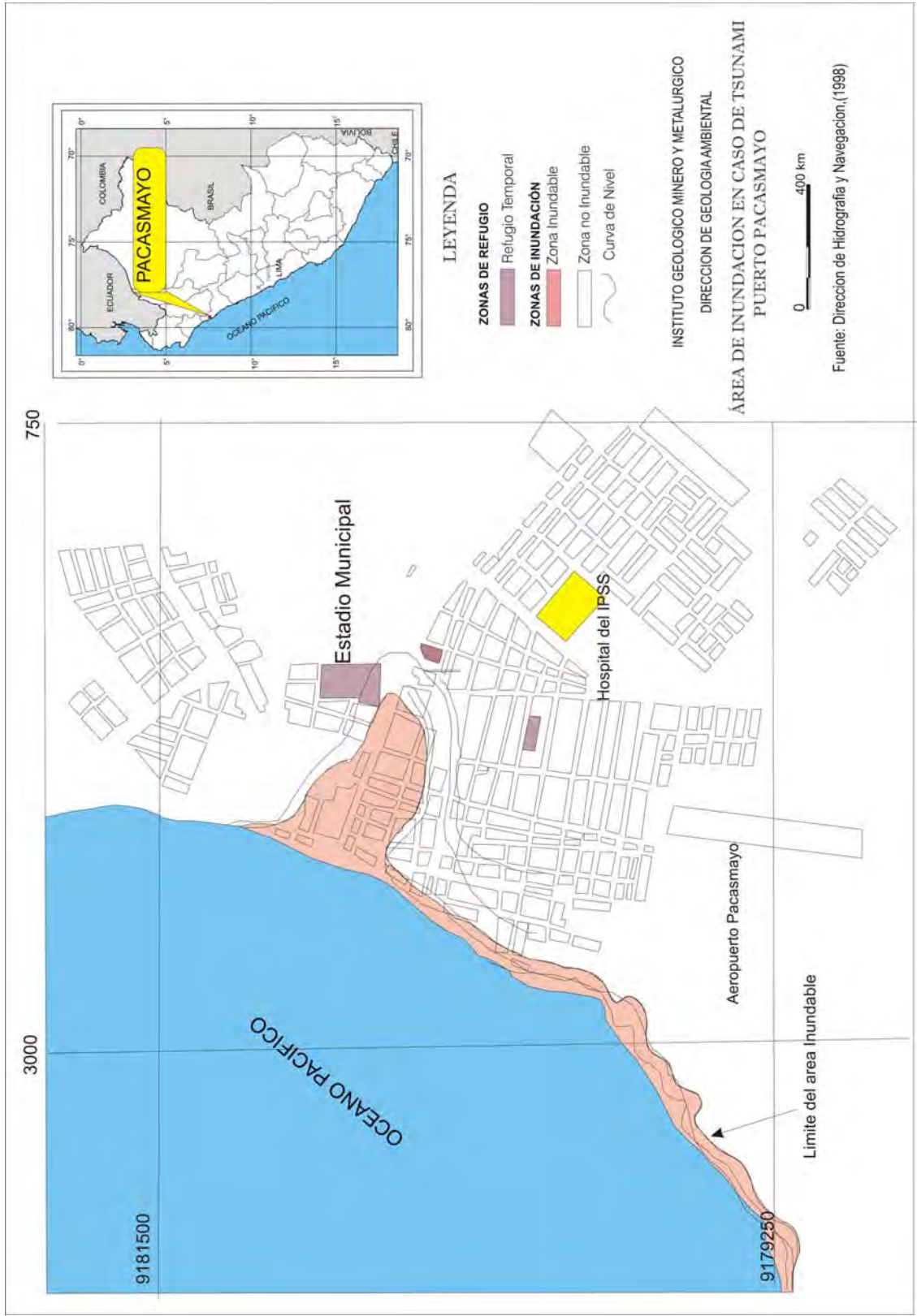


Figura 7.15 Carta de inundación en caso de tsunami, Puerto Pacasmayo. Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.

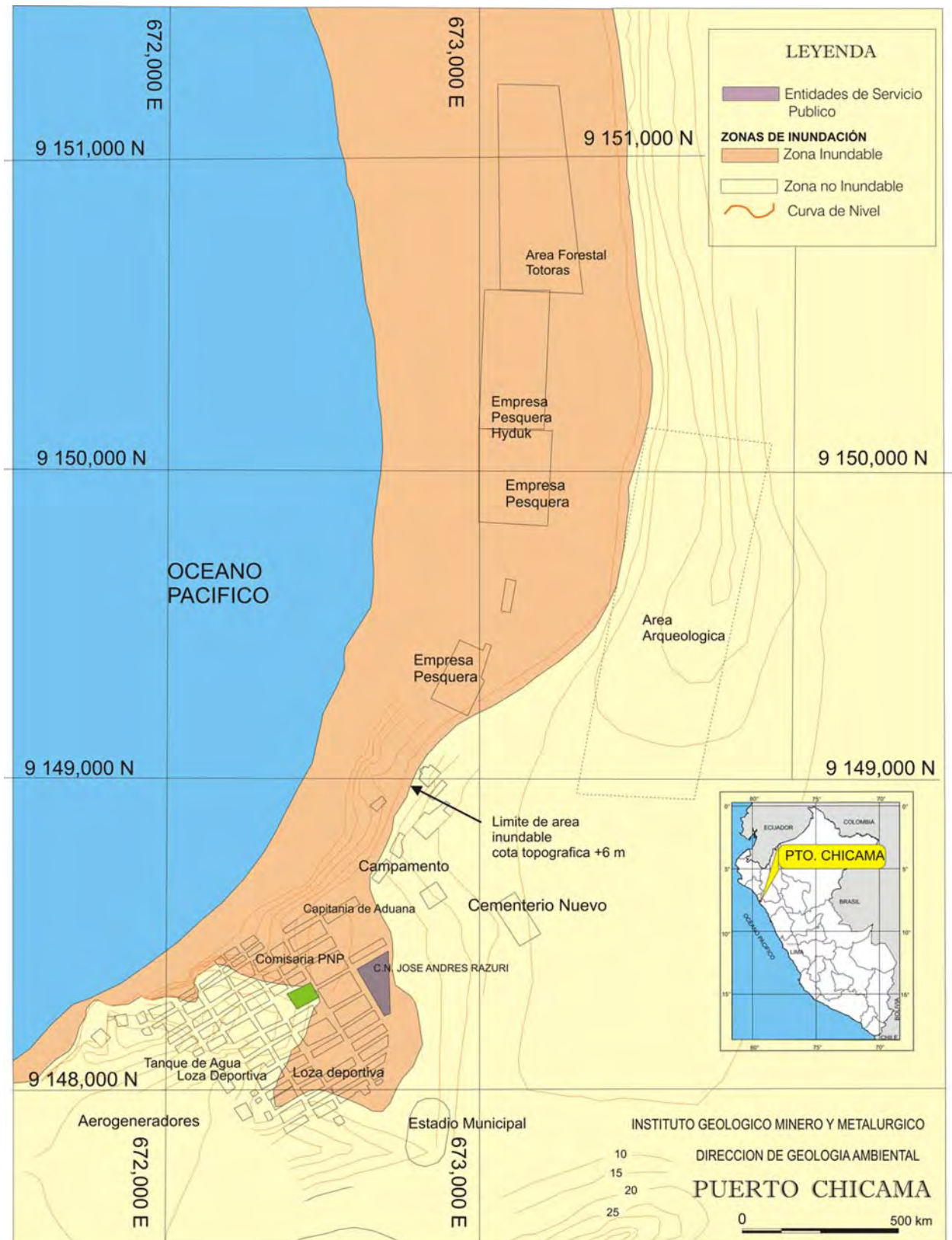


Figura 7.16 Carta de inundación en caso de *tsunami*, Puerto Chicama. Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.

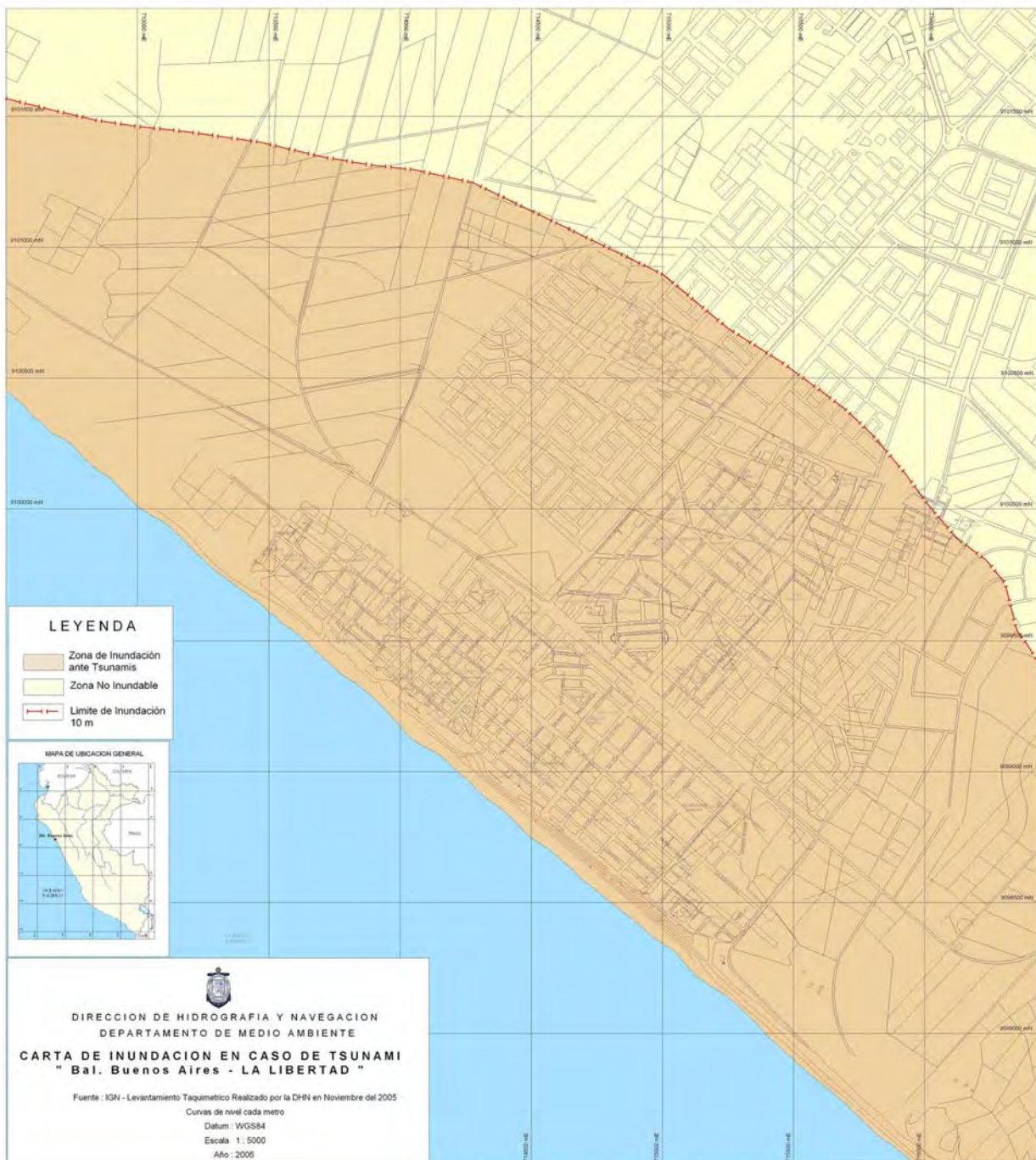


Figura 7.17 Carta de inundación en caso de *tsunami*, balneario Buenos Aires. Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.



Figura 7.18 Carta de inundación en caso de *tsunami*, balneario Las Delicias.

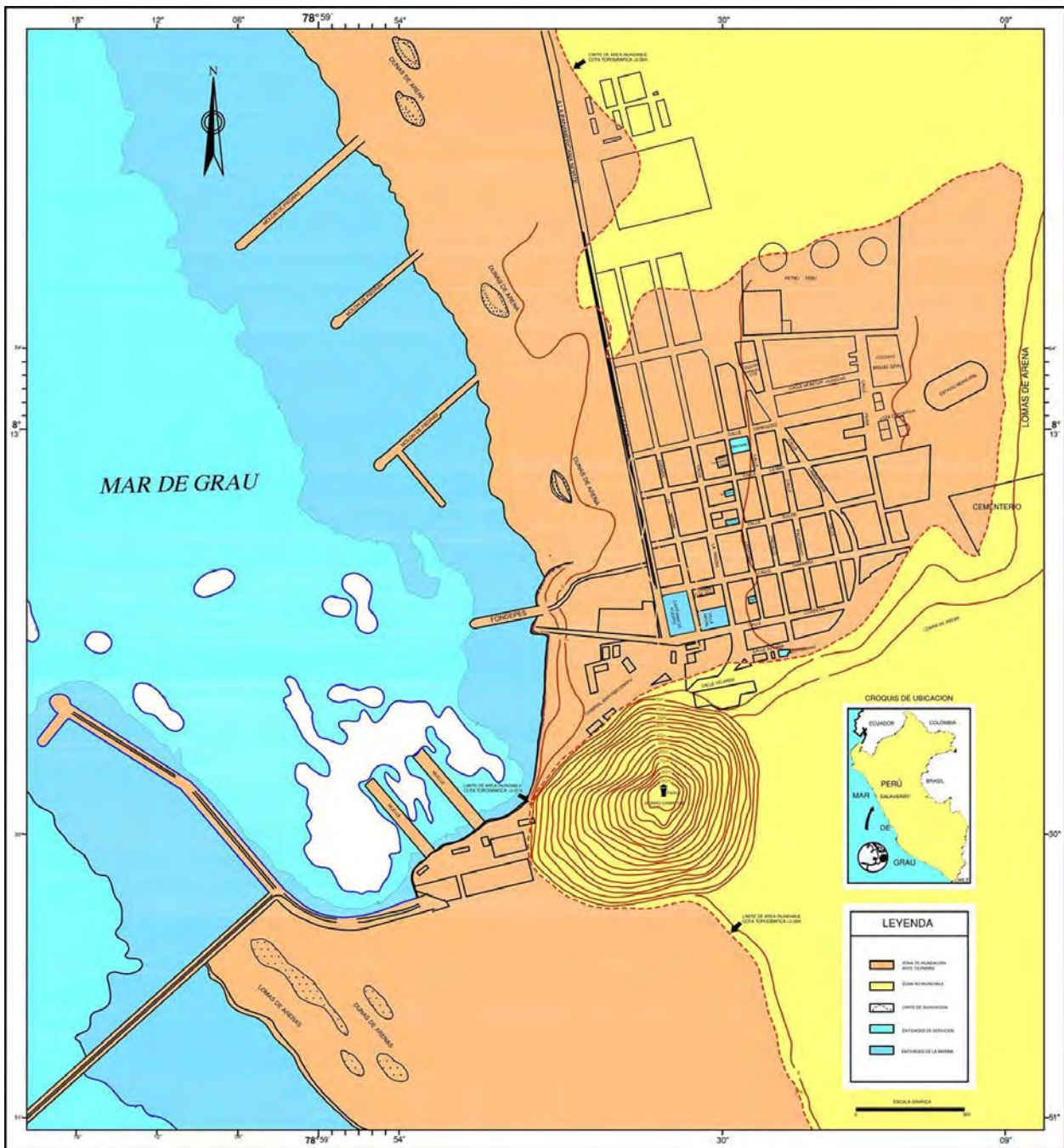


Figura 7.19 Carta de inundación en caso de *tsunami*, puerto Salaverry. Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra.



Figura 7.20 Carta de inundación en caso de tsunami, Balneario Huanchaco. Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra.

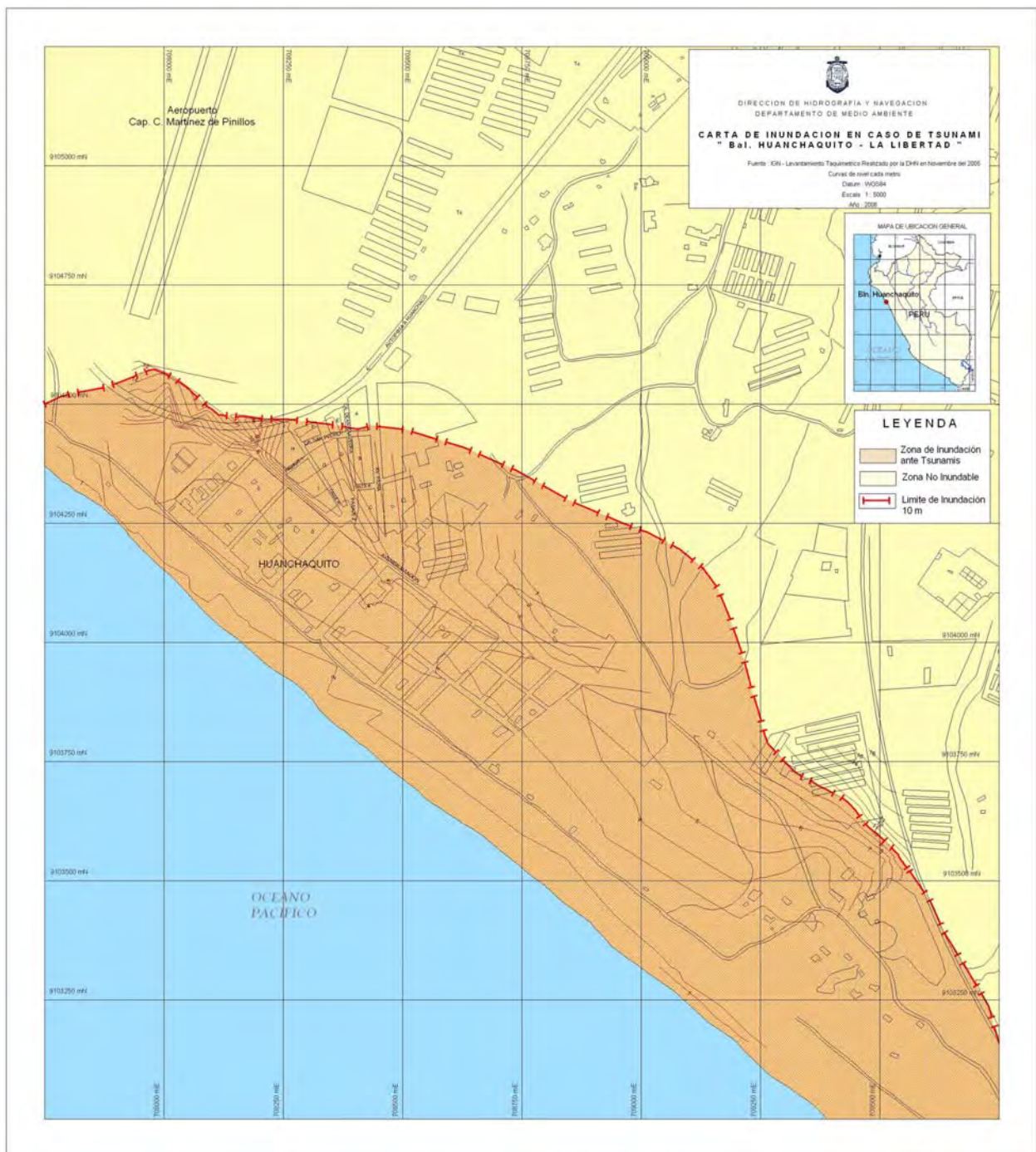


Figura 7.21 Carta de inundación en caso de *tsunami*, Balneario Huanchaquito. Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.

CAPÍTULO VIII

SUSCEPTIBILIDAD A LOS PELIGROS

POR LUCIO MEDINA ALLCCA

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; además, especifican que factores detonantes tales como precipitaciones o sismicidad no son considerados.

Según Aristizábal y Tokota (2006), los términos *amenaza* y *susceptibilidad* han sido erróneamente utilizados como sinónimos. Los mapas de susceptibilidad zonifican el terreno de acuerdo con la favorabilidad a fallar de una ladera, con el propósito de analizar posteriormente los mecanismos detonantes. 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 comprenden 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 de peligros geológicos.

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, pero que sí pueden 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 de softwares especializados como el Arcgis.

Según Zavala y Vilchez (2006), la limitación que presentan los mapas de susceptibilidad es la predicción de las áreas donde pueden ocurrir eventos de movimientos en masa, pero no la fecha, ni la ocurrencia, ni la totalidad de estas; simplemente indican una posibilidad de ocurrencia en función del análisis de los factores condicionantes. Es evidente que requieren de un conocimiento del

área a evaluar, y sus límites deberán interpretarse como una referencia y no como valores absolutos.

Vilchez y otros (2007) señalan que los mapas de susceptibilidad constituyen herramientas valiosas y necesarias para la prevención y mitigación de desastres y la planificación del territorio. Una de sus funciones más resaltantes es indicar las zonas donde se hace necesaria o conveniente la realización de estudios más específicos y a mayor detalle (áreas críticas).

Para este estudio, de acuerdo con la estadística de peligros naturales identificados en la región (ver capítulo VII) y siendo los peligros geológicos por movimientos en masa los procesos más registrados, se ha visto conveniente analizar la susceptibilidad a los movimientos en masa. Por otro lado, siendo importante la influencia del evento del fenómeno El Niño, en la generación de inundaciones, se ha considerado analizar la susceptibilidad a las inundaciones.

SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA

Para determinar los grados de susceptibilidad a los movimientos en masa en la región La Libertad, 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 (cuadro 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, 1993; 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 (ver cuadro 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 3 (susceptibilidad alta).
- 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 (huaicos). 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 de tipo reptación de suelos, flujo de detritos. Se calificaron con el valor 2.
- Se consideró susceptibilidad alta para los terrenos con laderas entre 15° y 25° de pendiente, y se les asignó el valor de 3. Son terrenos propensos a reptación de suelos y movimientos complejos (deslizamiento-flujo). También se consideran como zonas de inicio frecuente de flujos de detritos.
- Las laderas con pendientes entre 25° y 45° son las más susceptibles a los movimientos en masa, de los cuales los más frecuentes son los deslizamientos, derrumbes, caída de rocas. También son zonas de arranque de flujos y avalanchas de detritos; la erosión de laderas es muy frecuente. A este rango de pendiente se les asignó el valor 4.

De acuerdo con esto, es fácil que ocurran movimientos en masa en laderas cuya inclinación principal varía entre pendiente fuerte a terrenos muy escarpados (15 a >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°	3	Alta
25 a 45°	4	Muy alta
>45°	3	Alta

¹ Densmore y Hovius 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°.

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 realizada por Mora y Vahrson (1993; citado en Zavala y Vilchez, 2006), y se determinaron cinco clases de susceptibilidad.

Para el caso de la región La Libertad, 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. Las características más saltantes son las que se indican a continuación y en el cuadro 8.2.

- Las subunidades I-4 (depósitos coluvio-deluviales) y VI-1 (esquistos y micaesquistos) presentan muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de erosión de laderas, deslizamientos, movimientos complejos, flujos, derrumbes y reptación de suelos.
- Las subunidades II-2 (rocas intrusivas compuestas de tonalitas, dacitas y granodioritas), IV (intercalación de conglomerados, areniscas y lutitas, lavas andesíticas y tufos), V-3 (intercalación de areniscas y conglomerados semiconsolidados) y V-4 (intercalación de lutitas, lodolitas, limonitas y areniscas) presentan alta susceptibilidad a la ocurrencia de flujo de detritos o huaicos, erosión de ladera, caída de rocas, derrumbes, deslizamientos y movimientos complejos.
- Las subunidades I-2, II-3, III-2 y V-2 presentan susceptibilidad moderada a baja a la ocurrencia de deslizamientos, caídas de roca y derrumbes.

- Las subunidades II-1, II-4, III-1 y V-1 presentan susceptibilidad baja a la ocurrencia de movimientos en masa.
- Las subunidades de depósitos inconsolidados (I-1, I-3 y I-5) presentan baja susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa, pero son áreas de recepción de material.
- La subunidad I-6 presenta susceptibilidad muy baja a los movimientos en masa.

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 (ver cuadro 8.3).

Factor hidrogeológico (H)

El agua es el factor que se asocia de manera más común con los movimientos en masa y, en general, con el fallamiento de los taludes o laderas en zonas tropicales, debido a que la mayoría de estos ocurre después de lluvias fuertes o durante periodos lluviosos prolongados. Así, el agua subterránea es, entonces, 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, por las diferencias de infiltración. Este tiempo es inversamente proporcional a la permeabilidad para valores constantes de los demás parámetros (Duque y Escobar, 2001).

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

Cuadro 8.2
Litología y susceptibilidad a movimientos en masa

Unidad	Subunidad	Símbolo	Susceptibilidad	
			Grado	Calificación
Depósitos Inconsolidados	Fluviales, aluviales, proluviales	I-1	Baja	1
	Glaciares	I-2	Media	2
	Glacio-fluviales	I-3	Baja	1
	Coluvio-deluviales	I-4	Muy alta	4
	Eólicos	I-5	Baja	1
	Marinos	I-6	Muy baja	0
Rocas Intrusivas	Granitos y monzogranitos	II-1	Baja	1
	Tonalitas, dacitas y granodioritas	II-2	Alta	3
	Pórfidos	II-3	Media	2
	Gabros y dioritas	II-4	Baja	1
Rocas Volcánicas	Tobas	III-1	Baja	1
	Secuencias lávicas y piroclásticas	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	Baja	1
	Areniscas y cuarcitas	V-2	Media	2
	Areniscas y conglomerados	V-3	Alta	3
	Lutitas, lodolitas y areniscas	V-4	Alta	3
Rocas Metamórficas	Esquistos, micaesquistos y gneis	VI-1	Muy alta	4

Cuadro 8.3
Geomorfología y susceptibilidad a movimientos en masa

Unidad Geomorfológica			Susceptibilidad	
			Calificación	Grado
Geformas de carácter tectónico-degradacional y erosional	Relieve montañoso o colinado en rocas metamórficas	RMC-rm	3	Alta
	Relieve montañoso o colinado estructural-erosional en rocas sedimentarias	RMCE-rs	3	Alta
	Relieve montañoso o colinado en rocas sedimentarias y volcánicas	RMC-rsv	3	Alta
	Relieve montañoso o colinado en rocas volcánicas	RMC-rv	2	Media
	Relieve montañoso o colinado en rocas intrusivas	RMC-ri	3	Alta
	Relieve kárstico	R-Kr	2	Media
Geformas de deposicional o agradacional	Piedemonte aluvio-torrencial	P-at	2	Media
	Piedemonte aluvial	P-a	1	Baja
	Piedemonte coluvio-deluvial	P-cd	4	Muy alta
	Vertiente de detritos	Vd	4	Muy alta
	Vertiente glacio-fluviales	V-gf	3	Alta
	Valle fluvial y terrazas indiferenciadas	VT-i	1	Baja
	Valle glaciar con lagunas	V-g	1	Baja
	Valle de represamiento	V-r	2	Media
	Abanicos de piedemonte	Ab	2	Media
	Llanura aluvial o cauce inundable	Lli	0	Muy baja
	Terrazas aluviales	T	1	Baja
	Isla	I	0	Muy baja
	Terraza lacustre	T-l	1	Baja
	Laguna permanente	Lg	0	Muy baja
	Terraza marina	T-m	0	Muy baja
	Planicie costanera	P-c	1	Baja
	Playa marina	P-m	0	Muy baja
	Mantos edóicos	Me	1	Baja
Cordón de dunas	C-d	0	Muy baja	

mantos permeables de evacuación de agua favorecerá 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. 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 con las concepciones teóricas expuestas, la diferenciación de unidades litológicas en el Mapa Hidrogeológico (ver mapa n.º 3) en función de su permeabilidad², y las observaciones efectuadas en campo para las diferentes unidades de roca y suelo, se han considerado cinco grados de susceptibilidad (muy alta, alta, media, baja y muy baja), como se muestra en el cuadro 8.4.

Factor de cobertura vegetal (Cv)

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 superiores 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 ál., 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, 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., 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 n.º 2.

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 los siguientes: pendiente de los terrenos (P), litología (L), geomorfología (G), hidrogeología (H) y cobertura vegetal (Cv).

De acuerdo con 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.

²La 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 Hidrogeológica		Litología principal	Susceptibilidad		
				Calificación	Grado	
Acuíferos	Porosos no consolidados	APe	I	Fluviales, aluviales, proluviales	1	Baja
		APr	I	Coluvio-deluviales	3	Alta
		APp	I	Glaciares	2	Media
			II	Glacio-fluviales	1	Baja
			III	Eólicos	0	Muy baja
			IV	Marinos	0	Muy baja
	Fisurados sedimentarios	AFSe	I	Areniscas y cuarcitas	2	Media
		AFSp	I	Calizas, calizas y margas	2	Media
	Fisurados volcánico-sedimentarios	AFVsr	I	Areniscas, conglomerados y derrames andesíticos	3	Alta
Acuíferos	Intrusivos	AT	I	Granitos y monzogranitos	2	Media
			II	Tonalitas, dacitas y granodioritas	3	Alta
			III	Pórfidos	2	Media
			IV	Gabros y dioritas	3	Alta
	Volcánicos		V	Tobas	1	Baja
			VI	Secuencias lávicas y piroclásticas	1	Baja
	Sedimentarios		VII	Lutitas, lodolitas y areniscas	4	Muy alta
			VIII	Areniscas y conglomerados	2	Media
	Volcánico-sedimentarios		IX	Conglomerados, areniscas y lutitas, lavas andesíticas y tufos	3	Alta
Acuícludos	Metamórficos	AC	I	Esquistos, micaesquistos y gneis	3	Alta

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

Unidad		Susceptibilidad	
		Grado	Calificación
Desierto costanero	DC	Media	2
Pastizal y cultivo de secano	PCS	Media	2
Pradera de pasto natural	PPN	Baja	1
Gramíneas, herbácea, y bosque residual con poca intervención antropica	GHBR	Alta	3
Áreas cultivadas	ACU	Muy alta	4
Zona urbana y rural	ZUR	Media	2
Zona con cobertura hídrica	ZCH	Muy baja	0

Cuadro 8.6
Ponderación de las variables

Variable	Descripción	Obtención	Peso (%)
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 (ver mapa n.º 5).	35
Litología (L)	Se estima la inestabilidad de los terrenos en función de las características litológicas de las unidades diferenciadas (sustrato rocoso y depósitos inconsolidados).	Según los mapas geológicos a escala 1: 100 000 de la Carta Geológica Nacional (ver mapa n.º 1).	30
Geomorfología (G)	Unidades geomorfológicas de acuerdo con 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 (ver mapa n.º 4).	17
Hidrogeológico (H)	Diferenciación de unidades litológicas en función de su permeabilidad.	Según los mapas geológicos a escala 1: 100 000 de la Carta Geológica Nacional (ver mapa n.º 3)	10
Cobertura vegetal y uso de suelo (Cv)	Diferentes tipos de vegetación natural y cultivos. Se estima en forma cualitativa de acuerdo con la presencia o ausencia de cobertura vegetal. Se incluyen las áreas urbanas, lagunas y embalses.	A partir del Mapa Ecológico (Inrena) a escala 1: 1 000 000, mapas topográficos actualizados a escala 1: 100,000 del IGN (ver mapa n.º 2).	8

Grados de susceptibilidad a los movimientos en masa

Los grados de susceptibilidad (ver mapa n.º 8) se calcularon a partir de los valores obtenidos de las interacciones entre los cinco mapas de factores: pendientes, litología, geomorfología, hidrogeología y cobertura vegetal. El cálculo se realizó con ayuda del SIG (Software ARCGIS 9.0 y las extensiones Spatial Analysis y 3D Analysis), empleando la siguiente ecuación:

$$SMM = \frac{CV (0,08) + H (0,10) + G (0,17) + L (0,30) + P (0,35)}{5}$$

Donde:

- SMM : Susceptibilidad a los movimientos en masa
- CV : Susceptibilidad del parámetro cobertura vegetal
- H : Susceptibilidad del parámetro hidrogeología
- G : Susceptibilidad del parámetro geomorfología
- L : Susceptibilidad del parámetro litología
- P : Susceptibilidad del parámetro pendiente

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

SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES Y EROSIONES FLUVIALES

En la región La Libertad, las inundaciones generalmente se combinan con eventos de erosión fluvial. Afectan una parte de la región, tanto en los valles de la costa como en algunas zona de la sierra. Estas se producen por desborde de los ríos Loco Chamán, Jequetepeque, Chicama, Moche, Virú, Chao, Santa y algunos sectores del río Marañón y sus tributarios, como es el caso de los ríos Chivane y Curgos

Para analizar la susceptibilidad a inundaciones y erosiones fluviales, la geomorfología ha sido una de las variables fundamentales. Este análisis geomorfológico de formas del terreno y sistema fluvial ha sido reforzado con información topográfica y registros históricos de antiguas inundaciones.

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

Por otro lado, los procesos de erosión fluvial ocurren como eventos asociados, aunque preceden algunas veces a una inundación o desborde fluvial. Estos generalmente se circunscriben a la caja del río principal o quebrada limitado por terrazas bajas o altas, donde la fuerza erosiva de las aguas y sedimentos que arrastra muchas veces son originadas por la carga de flujos de detritos o huacos que hacen más efectiva su erosión o socavamiento fluvial.

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 geomorfológicos 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. Esta metodología fue aplicada por Zavala y Vílchez (2006) en un estudio similar de la región Huánuco.

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 (ver 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), fue calculada 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:

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

Donde:

- SI : Susceptibilidad a las inundaciones
- 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.

Cuadro 8.7
Grados de susceptibilidad a los movimientos en masa

Susceptibilidad a los movimientos en masa		Recomendaciones
Grado	Características	
Muy alta susceptibilidad	Zonas en donde todas las condiciones intrínsecas del terreno son muy favorables para generar movimientos en masa. Se concentra principalmente donde ocurrieron deslizamientos en el pasado o recientes reactivaciones de los antiguos al modificar sus taludes, ya sea como deslizamientos, derrumbes o movimientos complejos. Están concentradas donde el sustrato rocoso es de mala calidad, es decir rocas sedimentarias clásicas (areniscas, cuarcitas, lutitas, lutitas carbonosas) y depósitos de vertiente (coluvio-deluviales), morfologías de laderas de montañas de moderada a muy fuerte pendiente (entre 25° a mayores de 45°). En el Mapa N° 8, se señalan en color rojo oscuro las áreas con muy alto grado de susceptibilidad. En dichas zonas, es muy probable que ocurran movimientos en masa. Corresponden a zonas de pendientes fuertes a muy fuertes y afloramientos rocosos intensamente fracturados, meteorizados y potencialmente almacenadores de agua. Las zonas de mayor susceptibilidad se encuentran en ambas márgenes de los ríos Cajas, Cajón, Marañón; cuencas media y altas del Río Chicama; cuenca media de los ríos Moche, Virú, Chao y Santa.	Es necesario realizar estudios geológicos-geotécnicos de detalle para el desarrollo de cualquier tipo de infraestructuras.
Alta susceptibilidad	Son zonas donde confluye la mayoría de condiciones del terreno favorables a generar movimientos en masa cuando se modifican sus taludes. Generalmente, el sustrato rocoso está compuesto de areniscas, conglomerados, limolitas y arcillitas, escasas zonas con esquistos y pizarras, limoarcillitas y carbón, rocas intrusivas alteradas de la Cordillera Occidental, montañas con laderas de moderada a suave pendiente, laderas estructurales, y lomadas muy disecadas. Los terrenos presentan pendientes que varían entre 15° y 25°, y en algunos casos hasta 45°, así como piedemontes de valle, acumulaciones de depósitos glacioluviales, morrenas y detritos de vertiente indiferenciados. En el mapa n.º 8, se señalan en color anaranjado pálido las áreas con alto grado de susceptibilidad. Dichas zonas se encuentran ampliamente distribuidas en la cuenca alta del río Alto Huallaga (río Mishollo), y en cuenca alta y media de los ríos Chamán, Jequetepeque, Chicama, Moche, Virú, Chao y Santa Crisnejas. Son áreas donde la mayoría de las condiciones del terreno son favorables para generar movimientos en masa y cuando se modifican sus taludes.	Se sugiere restringir el desarrollo de infraestructura urbana o de instalaciones destinadas a una alta concentración de personas. En el caso de proyectos de infraestructura vial, líneas de energía, minera, etc., se deberán realizar estudios geológico-geotécnicos de detalle.
Moderada susceptibilidad	Zonas donde la región presenta algunas condiciones favorables para generar movimientos en masa. Incluyen geformas de colinas estructurales, lomadas, abanicos y mesetas volcánicas. La pendiente de los terrenos varía entre 5° y 25°. En el mapa n.º 8, se señalan en color amarillo las áreas con moderado grado de susceptibilidad. Son zonas donde el terreno presenta ciertas condiciones para generar movimientos en masa y están asociadas a pendientes moderadas. Se encuentran distribuidas principalmente en la cuenca alta de los ríos Moche, Virú, Chao, Santa y en los alrededores de los poblados de Chugay, Marcabal, Huamachuco, Quitarilca, Caramarca y Santiago de Chuco.	Permite el desarrollo de infraestructura urbana e industrial siempre y cuando se conozcan, en forma detallada, las propiedades de los terrenos, con la finalidad de poder tomar decisiones respecto a la viabilidad del proyecto.

continuación

Susceptibilidad a los movimientos en masa		Recomendaciones
Grado	Características	
Baja susceptibilidad	<p>Zonas donde las condiciones intrínsecas del terreno no son propensas a generar movimientos en masa. Coinciden en estas franjas con zonas llanas a ligeramente inclinadas (1° a 5°), que incluyen geoformas de terrazas altas, algunas zonas de abanicos, monte islas, colinas y planicie costanera, colinas con laderas estructurales y algunas laderas de montañas de moderada a suave pendiente. En el mapa n.º 8, se señalan en color verde opaco las áreas con baja susceptibilidad situadas en la cuenca alta (cabecera de cuenca) y baja de los ríos Moche, Virú, Chao, Santa y Crisneja. También se sitúan en la cuenca baja de los ríos Chamán, Jequetepeque y Chicama, sectores de explanadas eólicas y terrazas aluviales entre las provincias de Chepén y Virú. Los terrenos en esta zona son de pendiente baja y presentan indicios de generación de flujos en épocas de lluvias excepcionales como el fenómeno El Niño.</p> <p>Nota: Estas áreas son receptoras de material detrítico (flujo) con la presencia de lluvias excepcionales.</p>	<p>Permite el desarrollo de infraestructura estratégica, urbana, industrial siempre y cuando se incorporen las recomendaciones del estudio en los diseños de la infraestructura para hacer viable algún proyecto, o adaptarse a las condiciones del terreno y poder reducir la probabilidad de sufrir pérdidas y daños.</p>
Muy baja susceptibilidad	<p>Corresponde a terrenos muy llanos con pendientes menores a 1°. Las zonas se relacionan a geoformas de depósitos eólicos y playas, colinas y montañas litorales. Litológicamente, corresponden a terrenos permeables: depósitos fluviales y aluviales, algunos fluvio-glaciales. 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 de la vertiente Pacífica. En el mapa n.º 8, estas áreas se pintan de color verde claro.</p>	<p>Se debe contemplar la evaluación de procesos geohidrológicos (inundaciones y erosión fluvial) en las áreas de escorrentía, así como la generación de flujos de detritos en sus zonas adyacentes.</p>

Cuadro 8.8

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

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

Cuadro 8.9
Unidades geomorfológicas y susceptibilidad a las inundaciones

Unidad Geomorfológica			Susceptibilidad	
			Calificación	Grado
Geoformas de Carácter Tectónico - Degradacional y Erosional	Relieve montañoso o colinado en rocas metamórficas	RMC-rm	0	Nula
	Relieve montañoso o colinado estructural-erosional en rocas sedimentarias	RMCE-rs	0	Nula
	Relieve montañoso o colinado en rocas sedimentarias y volcánicas	RMC-rsv	0	Nula
	Relieve montañoso o colinado en rocas volcánicas	RMC-rv	0	Nula
	Relieve montañoso o colinado en rocas intrusivas	RMC-ri	0	Nula
	Relieve kárstico	R-Kr	0	Nula
Geoformas de Carácter Depositional o Agradacional	Piedemonte aluvio-torrencial	P-at	1	Baja
	Piedemonte aluvial	P-a	1	Baja
	Piedemonte coluvio-deluvial	P-cd	1	Baja
	Vertiente de detritos	Vd	2	Media
	Vertiente glacio-fluviales	V-gf	3	Alta
	Valle fluvial y terrazas indiferenciadas	VT-i	4	Muy alta
	Valle glaciar con lagunas	V-g	3	Media
	Valle de represamiento	V-r	2	Media
	Abanicos de piedemonte	Ab	2	Media
	Llanura aluvial o cauce inundable	Lli	4	Muy alta
	Terrazas aluviales	T	4	Muy alta
	Isla	I	4	Muy alta
	Terraza lacustre	T-l	3	Alta
	Laguna permanente	Lg	4	Muy alta
	Terraza marina	T-m	2	Media
	Planicie costanera	P-c	3	Alta
	Playa marina	P-m	3	Alta
	Mantos eólicos	Me	2	Media
Cordón de dunas	C-d	1	Baja	

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

Grado de Susceptibilidad	Descripción
Alta[1]	Terrenos que corresponden a la llanura de inundación ocasional a excepcional de los ríos principales de la vertiente Pacífica, cuencas de los ríos Loco Chamán, Jequetepeque, Chicama-Chuquillanqui, Moche, Virú-Las Salinas-Huacapongo, Chao-Huamansaña-Huaraday y Santa. También son áreas de alta susceptibilidad a inundaciones las márgenes del río Marañón.
Media[2]	Corresponde principalmente a la vertiente Pacífica, adyacente a la llanura de inundación, terrazas, paleocauces o cauces antiguos. También son áreas de susceptibilidad media a inundación los terrenos levemente inclinados y mal drenados. Puede afectar terrenos de cultivo, áreas rurales dispersas con crecimiento de la población en los últimos años. Los eventos de inundación pueden ser de recurrencia ocasional a excepcional. En el mapa n.º 9, estas áreas están pintadas de color crema.
Baja	Corresponde a terrazas medias y altas, abanicos proluviales y deluviales levemente inclinados y mal drenados. Estas áreas podrían ser inundadas solo con lluvias excepcionales, como el fenómeno de El Niño.
Muy baja a nula	Corresponde a laderas de montañas y colinas, vertiente de laderas inclinadas y cóncavas; terrazas o antiguos abanicos elevados.

VALIDACIÓN DE LOS MAPAS DE SUSCEPTIBILIDADES

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

Los mapas de susceptibilidad (mapas n.º 8 y n.º 9) han sido validados con la superposición del mapa de inventario de peligros geológicos (mapa n.º 6), en el cual un gran porcentaje (más del 70 %) de las ocurrencias inventariadas se localiza en las áreas zonificadas como moderada, alta y muy alta susceptibilidad.

[1] En estas áreas, también son frecuentes los procesos de erosión fluvial o de riberas.

[2] 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 con la equidistancia entre las curvas de nivel y la escala de mapa utilizada. Estas áreas, al parecer planas, pueden ser susceptibles a inundación por aguas pluviales.

CAPÍTULO IX

ZONAS CRÍTICAS

POR LUCIO MEDINA Y GRISELDA LUQUE

GENERALIDADES

Las zonas críticas son áreas o lugares que, luego de la evaluación de las características geológico-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 enfatiza las zonas o áreas consideradas como críticas, con peligros potenciales. Muchas de ellas 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 resaltan 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 o mitigación; en algunos casos, las medidas adoptadas necesitan ampliarse o mejorarse.

INVENTARIO DE LAS PRINCIPALES ZONAS CRÍTICAS

En la región La Libertad, se han identificado un total de 82 zonas críticas (ver gráfico 9.1). La mayor cantidad se ubica en la provincia de Otuzco (19), seguida por las provincias de Chepén (11), Sánchez Carrión (11), Pataz (10), Virú (7), Gran Chimú (6), Santiago de Chuco (5), Ascope (4) y, finalmente, las provincias de Pacasmayo, Trujillo y Bolívar con 3 zonas críticas cada una.

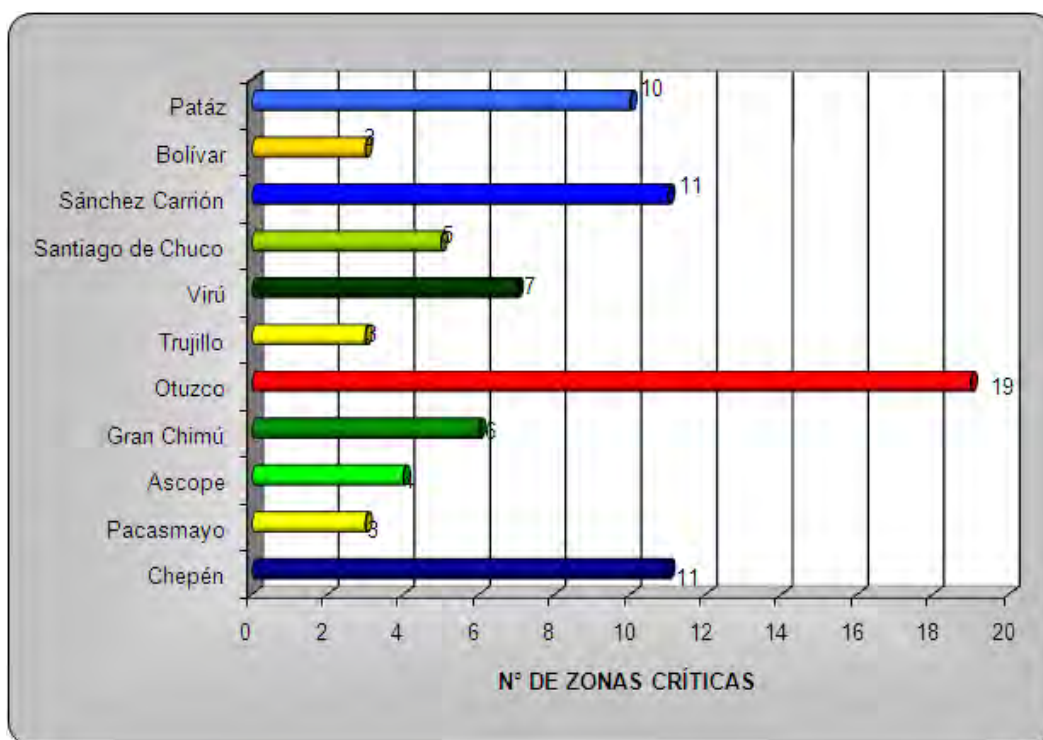


Gráfico 9.1 Distribución de zonas críticas por provincias.

Las tablas que se presentan (tablas 9.1 al 9.11) resumen las zonas críticas identificadas durante los trabajos de campo para cada provincia, en las que se señala:

- En la primera columna, se encuentra el código de inventario, el mismo que se encuentra impreso en el mapa n° 7 para su fácil identificación.
- En la segunda columna, se mencionan los principales sectores o áreas consideradas críticas y el distrito al cual pertenecen.
- En la tercera columna, se describe el o los peligros geológicos por movimientos en masa identificados o escenario de riesgo probable. Adicionalmente, se describe un breve comentario geodinámico del área involucrada.
- En la cuarta columna, se describen los daños ocasionados o probables.
- En la quinta columna, se proponen algunas recomendaciones y observaciones.
- También, se incluyen algunas fotografías como ejemplos que ilustran las zonas críticas.

Cuadro 9.1
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Chepén

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
1	Los Tres Montones (Chepén)	Quebrada susceptible a la ocurrencia de huacos durante lluvias excepcionales. Tiene varios ramales en su abanico proluvial. Presenta bloques de hasta 2 m de diámetro. Fuente: Vilchez et al. (2007).	Carretera Chepén-San Gregorio 400 m.	Realizar la limpieza de cauces por donde discurren flujos.
2	Quebrada Zanjan Hondo (Chepén)	Quebrada susceptible a la ocurrencia de huacos durante lluvias excepcionales. El cauce actual llega hasta el río Loco de Chamán. Presenta bloques de hasta 1 m de diámetro. Fuente: Vilchez et al. (2007).	Carretera Chepén-San Gregorio por tramos.	Realizar la limpieza de cauces por donde discurren flujos.
3	Pampa Larga, Compuerta Melliza (Chepén)	Quebradas susceptibles a la ocurrencia de flujos excepcionales. Los huacos antiguos han formado depósitos en forma de abanicos que abarcan una extensión de 6 km de ancho. Se observan varios cauces por donde discurren los huacos actuales. Fuente: Vilchez et al. (2007).	Puede afectar canal de riego y carretera Chepén-San Gregorio por tramos.	Realizar la limpieza de cauces por donde discurren flujos.
4	Zapotal (Chepén)	La quebrada La Salina es susceptible a la ocurrencia de huacos durante lluvias excepcionales. Presenta depósito de huacos antiguos donde actualmente se asientan las viviendas. El material está suelto en las laderas superiores de la quebrada, producto de la meteorización y derrumbes. Se observan, además, aportes recibidos desde torrenteras que confluyen al cauce principal. Fuente: Vilchez et al. (2007).	Puede afectar terrenos de cultivo, viviendas ubicadas cerca del cauce actual de la quebrada y un tramo de carretera hacia Cajamarca (trocha carrozable).	Mantener limpio el cauce principal de la quebrada. No construir viviendas cerca del cauce.
5	Cerro Campana (Chepén)	Torrentera por donde discurren huacos excepcionales. Sus nacientes se encuentran en el cerro Campana. Se observa material suelto en el cauce de la quebrada, derivado de la meteorización, derrumbes y caídas de rocas. Fuente: Vilchez et al. (2007).	Puede afectar terrenos de cultivo y un tramo de carretera a Cajamarca.	Mantener limpio el cauce principal de la quebrada. No construir viviendas cerca del cauce.
6	La Arenita (Chepén)	La quebrada La Arenita es susceptible a la ocurrencia de huacos durante lluvias excepcionales. Presenta depósito de huacos antiguos en forma de cono donde actualmente se asientan las viviendas del poblado. El año 1998 fue afectado por huacos, material suelto en la parte alta de las laderas y cauce actual. Fuente: Vilchez et al. (2007).	Pueden ser afectados terrenos de cultivo, un tramo de carretera Cajamarca (a la altura del km 21+200) y viviendas construidas cerca del cauce.	Mantener limpio el cauce principal de la quebrada. No construir viviendas cerca del cauce.

continuación.....

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
7	Vichayal, Huanchaco (Chepén)	Quebrada susceptible a la ocurrencia de huacos en época de lluvias excepcionales. El material de huacos antiguos forma depósito en forma de cono de unos 700 m de ancho. El material está suelto en el cauce de la quebrada y laderas superiores, derivado de la meteorización. Fuente: Vilchez et al. (2007).	Puede afectar terrenos de cultivo, viviendas asentadas cerca del cauce de la quebrada y un tramo de carretera a Cajamarca.	Mantener limpio el cauce principal de la quebrada. No construir viviendas cerca del cauce.
8	Huanchaco (Chepén)	Quebrada susceptible a la ocurrencia de huacos en periodos de lluvias excepcionales. Presenta material suelto en las laderas superiores de la quebrada y el cauce.	Puede afectar viviendas del poblado de Huanchaco, terrenos de cultivo y tramo de carretera hacia Cajamarca.	Mantener limpio el cauce principal de la quebrada. No construir viviendas cerca del cauce.
9	Morena (Chepén)	Huaco excepcional que se activa en periodos de lluvias excepcionales. Material de flujo se ha depositado en forma de abanico de unos 3 km de ancho. Flujos posteriores discurren por varios canales cortando dicho abanico. Fuente: Vilchez et al. (2007).	Puede afectar tramo de trocha carrozable, canal de riego, terrenos de cultivo.	Mantener limpio el cauce de los canales principales. No arrojar basura en los mismos. No construir viviendas cerca de los cauces por donde discurren los últimos huacos.
10	Guanabano (Chepén)	Quebrada actualmente seca, susceptible a la ocurrencia de huacos en periodos de lluvias excepcionales. Se observa material proluvial en el cauce. Material suelto acumulado en laderas y cauce principal, derivado de los procesos de meteorización. Fuente: Vilchez et al. (2007).	Puede afectar viviendas del poblado de Guanabano, terrenos de cultivo y tramo de la carretera hacia Cajamarca.	Mantener limpio el cauce de la quebrada. No construir viviendas cerca del cauce de la quebrada.
11	La Mariposa (Nanchoc)	Quebradas y torrenteras por donde discurren huacos excepcionales durante el fenómeno de El Niño. Presenta depósitos en forma de abanico de 2 km de ancho, viviendas construidas en el material de huato y en el cauce actual. Fuente: Vilchez et al. (2007).	Puede afectar viviendas ubicadas en el cauce de la quebrada, terrenos de cultivo.	No construir viviendas en el cauce de la quebrada. Realizar trabajos de encauzamiento de la quebrada.

Cuadro 9.2
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Pacasmayo

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
12	Faclo Chico (Guadalupe)	Derrumbes desde acantilado de 15 m de alto. Flijos excepcionales en lluvias excepcionales (Fenómeno El Niño) que pueden afectar viviendas. Fuente: Vlitchez et ál. (2007).	En los años 1982-1983 y 1997-1998, afectó viviendas, terrenos de cultivo y tramo de trocha carrozable.	Mantener limpio el cauce de la quebrada. No construir viviendas cerca o en el cauce de quebradas. Realizar un inventario de bloques sueltos en los acantilados y realizar trabajos de limpieza.
13	Faclo Grande, El Ingenio (Guadalupe)	Derrumbes, flujo de lodo. Derrumbes en acantilado con zona de arranque irregular por sectores en un tramo de 5 km. Flujo de material preponderantemente fino canalizado por torrenteras. Fuente: Vlitchez, et ál. (2007).	Podría afectar viviendas, camino rural y terrenos de cultivo (ver fotografías 9.1 y 9.2).	No construir las viviendas a la sombra de los acantilados ni cerca o en los cauces de quebradas. Mantener limpio los cauces de quebradas.
14	Pacasmayo (Guadalupe)	Flujo de lodo de material heterogéneo preponderantemente fino, canalizado, ancho del cauce 300 m. Fuente: Vlitchez et ál. (2007).	Podría afectar 200 m de carretera y viviendas asentadas en el cauce de la quebrada.	Mantener limpio el cauce de quebrada. Encausar la quebrada.



Fotografía 9.1 y Fotografía 9.2 Área susceptible a la ocurrencia de derrumbes desde acantilados conformada por material aluvial, sector de Faclo Grande, El Ingenio, Chepén-La Libertad.

Cuadro 9.3
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Ascope

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
15	Bocatoma De Casagrande (Ascope)	Área susceptible a inundaciones y erosiones fluviales en periodos del fenómeno El Niño.	Podría afectar la bocatoma del canal de riego de Casa Grande.	Limpieza del cauce del río Chicama. Ampliar la construcción de defensas ribereñas.
16	Puente Punta - Negra (Chicama)	Erosión fluvial. Ocurre en ambas márgenes del río Chicama, sector Puente Punta Morena.	Puede afectar a los estribos del puente y tramo de carretera afirmada Chicama-Cascas (ver fotografía 9.3).	Consistir defensa ribereña para evitar la erosión fluvial. Realizar limpieza periódica y redireccionar el cauce del río por medio de los estribos de puente.
17	Causal (Chicama)	Quebrada Mala Alva, susceptible a la ocurrencia de flujos de detritos o huacos en periodos del fenómeno de El Niño. Se observa material de flujos antiguos depositados en forma de abanicos. Presenta material suelto en el cauce de la quebrada y las laderas superiores, derivado de la meteorización. El área también es susceptible a inundaciones fluviales.	Podría afectar las viviendas de Sausal, construidas en el cauce antiguo de la quebrada.	No construir viviendas en el cauce de la quebrada. Realizar trabajos de encauzamiento de la quebrada.
18	Puente Careaga (Chicama)	Área susceptible a inundaciones y erosiones fluviales en periodos del fenómeno El Niño.	Afectó carretera de la Panamericana Norte y destruyó el puente durante el fenómeno de El Niño 1997-1998.	Limpieza del cauce de río Chicama para evitar la colmatación de sedimentos.



Fotografía 9.3 Área susceptible a erosión fluvial, ubicada en la margen izquierda del río Chicama, frente a Punta Morena, distrito de Chicama, provincia de Ascope..

Cuadro 9.4
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Gran Chimú

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
19	Tierras Negras, carretera Chicama-Cascas (Cascas)	Erosión fluvial en la margen derecha del río Chicama. Ocurre en tramos discontinuos, en una longitud de 1500 m. La diferencia entre el lecho del río y la plataforma de la carretera es de 2 m de altura.	Afecta en tramos discontinuos a la carretera afirmada Chicama-Sayapullo. En el año 1998, interrumpió el paso de los vehículos.	Construir defensa ribereña para evitar la erosión fluvial. No construir viviendas cerca de la margen del río. Realizar limpieza periódica del cauce de río.
20	El Cruce, río Cascas (Cascas)	Área susceptible a la ocurrencia de erosión fluvial, inundación y flujo. Presenta material de bolonería y grava en el cauce del río.	Puede afectar a los estribos del puente (ver fotografía 9.4).	Construir defensa ribereña para evitar la erosión fluvial. Realizar limpieza periódica del cauce de río.
21	Caserío Sinupe (Cascas)	Terrazas bajas susceptibles a inundaciones. La altura de la terraza varía entre 1 y 2 m. El área fue afectada durante el Fenómeno de El Niño de 1997-1998.	Afectó y puede afectar cultivos de arroz ubicados en la margen derecha del río Chicama.	Construir defensa ribereña para evitar la erosión fluvial. Realizar limpieza periódica del cauce de río.
22	Lucma (Lucma)	En los alrededores del poblado de Lucma, ocurre reptación de suelos, erosión de ladera y flujos de detritos. En la actualidad, la erosión de ladera y la reptación de suelos vienen desestabilizando el área.	Podría afectar a las viviendas del poblado de Lucma.	Realizar trabajos de reforestación y limpieza de cauces por donde discurren flujos.
23	Septen, qda. Salavin (Marmol)	Cauce de quebrada susceptible a la ocurrencia de flujos de detritos durante los fenómenos de El Niño. Presenta material de bolonería y grava en su cauce actual.	Puede afectar a las viviendas construidas sobre los depósitos de flujos antiguos (caserío Septen). También puede afectar a cultivos de arroz.	Reubicar tres viviendas. Prohibir la construcción de viviendas en el área.
24	Huancay, Tambo (Marmol)	Sectores susceptibles a la ocurrencia de flujo de detritos excepcionales en periodos del fenómeno de El Niño. Presenta material de bolonería y grava en su cauce actual. Los flujos podrían tener como inicio la quebrada Arrancamachete.	Puede afectar a las viviendas de los caseríos Huancay y Tambo construidas sobre los depósitos de flujos antiguos.	Área no apta para la construcción de viviendas.



Fotografía 9.4 Área susceptible a inundaciones y erosión fluvial, confluencia de los ríos Cascas y Chicama. Se observan depósitos aluviales y fluviales compuestos por bloques de roca.

Cuadro 9.5
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Otuzco

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
25	Charat (Charat)	Se ha identificado que las viviendas de la capital del distrito de Charat están asentadas sobre depósitos de un movimiento complejo antiguo (deslizamiento y flujo de roca) que tuvo origen o zona de arranque en el sector de Garbancillo.	Por su ubicación y antecedentes observados en campo, las viviendas de la población Charat serían afectadas (ver fotografía 9.5).	Elaborar un plan de emergencia ante huaicos. Realizar trabajos de reforestación en la parte alta de la población.
26	Lacambay (Charat)	Área susceptible a la ocurrencia de derrumbes y caída de rocas. En el área, se observa la ocurrencia de un derrumbe antiguo y, al pie, el caserío de Lacambay.	Podrían ser afectadas 18 viviendas (ver fotografía 9.6.)	Restringir la construcción de viviendas. Elaborar un plan de reforestación con plantas nativas.



Fotografía 9.5 Deslizamiento-flujo en Charat. Se observan bloques de rocas de 3 m a 5 m de diámetro suspendidos en ladera.



Fotografía 9.6 Derrumbe en la parte alta del caserío de Laclambay, distrito Charat, provincia Otuzco. También presenta caída rocas ocasionada por sismos.

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
27	Oda. Lirios y Sienegos (Huaranchal)	Derrumbes en un tramo de 100 m. Presenta caída constante de rocas sueltas. El talud de corte hecho para la carretera es inestable. Cauces de torrenteras actualmente secas por donde discurren huacicos en periodos de fuertes precipitaciones.	Afecta aproximadamente un tramo de 100 m de carretera afirmada a Huaranchal. Puede ocasionar accidentes de tránsito (fotografía 9.7).	Mejorar el talud de corte, realizar trabajos de desquinchado. Realizar limpieza del cauce actual de la quebrada; no arrojar basura ni desmonte.
28	Quebrada Charat (Huaranchal)	Erosión fluvial ocurre principalmente en la confluencia de la quebrada Charat y río Grande (ver fotografía 9.8).	Uno de los estribos del puente (obra paralizada) se encuentra construido sobre depósitos de flujo de detritos provenientes de la Quebrada Charat.	Construir defensa ribereña para evitar la erosión fluvial. Realizar limpieza periódica del cauce de río.
29	La Cuesta (La Cuesta)	Erosión fluvial ocurre en la margen derecha del río La Cuesta. Viviendas ubicadas al borde de la terraza pueden ser afectadas. También podrían ocurrir derrumbes (ver fotografía 9.9).	Puede afectar a las viviendas del distrito de La Cuesta construidas al borde del río.	Construir muro de contención para evitar la erosión fluvial y derrumbe. No construir viviendas en la margen del río.



Fotografía 9.7 Derrumbe entre las quebradas Lirios y Ciénegos, distrito Huaranchal, provincia Otuzco. Afecta carretera de acceso a Huaranchal.



Fotografía 9.8 Erosión fluvial en ambas márgenes de la quebrada Charat, distrito de Huaranchal, provincia Otuzco. Se observa un puente aproximadamente de 20 m de luz abandonado a media construcción.



Fotografía 9.9 Erosión fluvial en la margen derecha de la quebrada La Cuesta, distrito La Cuesta, provincia de Otuzco. Podría afectar a viviendas ubicadas al borde de la quebrada. Las viviendas se encuentran ubicadas sobre depósito de derrumbe antiguo.

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
30	Chaga Pampa (Otuzco)	Deslizamiento rotacional activo, cuya longitud de escarpa mide aproximadamente 250 m. El salto de escarpa visible es de 4 m, y la longitud entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 600 m. Actualmente, la masa deslizada esta siendo afectada por erosión en cárcava. Las posibles causas son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia de vegetación y precipitaciones pluviales intensas.	Segun versión de los pobladores, el deslizamiento se activó en 1998 y représó el cauce del río El Pollo. El evento alarmó a los pobladores de la ciudad de Otuzco (ver fotografía 9.10).	Reforestar el área con plantas nativas. Prohibir el riego por inundación y monitorear la zona.
31	San Benancio (Otuzco)	Área susceptible a la ocurrencia de hundimientos y flujos de detritos. Las posibles causas son las siguientes: la naturaleza del suelo incompetente, escasez de vegetación, precipitaciones intensas, infiltración de agua subterránea y ocupación inadecuada del suelo por	Afectó dos viviendas: una de ellas se destruyó completamente (ver fotografía 9.11).	Reubicar vivienda que se está reconstruyendo en el mismo lugar donde fue afectada por hundimiento.
32	Otuzco (Otuzco)	En el cerro Cholodday, ocurre erosión en cárcava y pequeños flujos que pueden represar el río Pollo. Posteriormente, puede afectar una parte de las viviendas de la ciudad de Otuzco asentadas en las márgenes del cauce del río.	Podría afectar parte de las viviendas asentadas en las márgenes del río Pollo de la ciudad de Otuzco (ver fotografía 9.12).	No construir viviendas cerca del cauce del río Pollo. Mantener limpio el cauce. Canalizar el cauce. No botar basura en el cauce. Reforestar la zona donde ocurre la erosión en cárcava.
33A	Km 34+100 de la carretera Trujillo-Huamachuco (Otuzco)	Deslizamiento rotacional activo, cuya longitud de escarpa mide aproximadamente 250 m. El salto de escarpa visible es de 2 m, y la longitud entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 320 m. Las posibles causas son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas y corte de ladera para construir la carretera.	Afectó y puede afectar a la carretera asfaltada Trujillo-Otuzco (ver fotografía 9.13).	Banquetear o reducir el talud. Construir muro de contención. Desquinchar rocas sueltas. Reforestar la ladera.
33B	Km 16+706 de la carretera desvío Otuzco-desvío Callacuyán (Agallpampa)	Deslizamiento rotacional activo, con una longitud en la parte central del cuerpo de 40m; longitud entre la escarpa y el pie de 60 m; y el salto de la escarpa principal de 1,60 m. Las causas que originan el deslizamiento son las siguientes: naturaleza de suelo incompetente, pendiente del terreno y precipitaciones pluviales.	De colapsar el deslizamiento, represaría la quebrada. El desfogue violento del represamiento ocasionaría daños graves a la carretera.	Remover el material inestable. Construir andenes y compactarlos. Reforestar la zona con plantas nativas. Con la finalidad de impedir que el agua de escorrentía se infiltre en la masa deslizada, construir una cuneta de coronación en la cabecera del deslizamiento.



Fotografía 9.10 Deslizamiento rotacional activo en Chaga Pampa, distrito y provincia de Otuzco. En 1998, represso temporalmente el río Pollo.



Fotografía 9.12 Erosión de laderas (cárcava) en el cerro Cholocday, distrito y provincia de Otuzco.



Fotografía 9.11 Hundimiento en San Benancio, provincia de Otuzco. Se observa dos viviendas colapsadas.

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
34	El Angulo (Salpo)	Erosión fluvial ocurre en la margen izquierda del río Moche. Viviendas ubicadas al borde de la terraza pueden ser afectadas.	Puede afectar a las viviendas del sector El Angulo construidas al borde del río (ver fotografía 9.14).	Construir defensa ribereña para evitar la erosión fluvial. No construir viviendas en la margen del río. Realizar limpieza del cauce de río.
35	Carretera Otuzco, Plaza Pampa (Salpo)	En el sector, existe un deslizamiento rotacional activo, cuya longitud de escarpa es de 200 m aproximadamente. Las causas son las siguientes: sustrato de mala calidad, pendiente del terreno, corte de ladera para carretera, deforestación y mal sistema de riego. En la masa deslizada, ocurren pequeños deslizamientos y derrumbes. También ocurren derrumbes y caídas de rocas en tramos discontinuos en una longitud de arranque de 500 m.	El 5 de setiembre del 2008 afectó la carretera Trujillo-Otuzco. Paralizó el tránsito durante más de 12 horas. La causa fue la ocurrencia de un deslizamiento de 15 m de longitud de escarpa. Puede afectar viviendas ubicadas al pie del deslizamiento (ver fotografía 9.15).	Impedir el riego por inundación. Banquetear o reducir la pendiente del talud. Construir muro de contención. Desquinchar rocas sueltas. Reforestar ladera inestable con plantas nativas. Reubicar viviendas.



Fotografía 9.13 Deslizamiento rotacional en el km 34+100 de la carretera Trujillo-Huamachuco, distrito y provincia de Otuzco.



Fotografía 9.14 Erosión fluvial en la margen derecha del río Moche. Podría afectar viviendas del caserío El Angulo, distrito de Salpo y provincia de Otuzco.



Fotografía 9.15 Deslizamiento en el talud superior de la carretera Trujillo-Otuzco, sector Plaza Pampa, distrito de Salpo, provincia de Otuzco.

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
36	Hda, Quirripe, río Quirripano (Sinsicap)	El río Quirripano es susceptible a la ocurrencia de flujos durante el fenómeno de El Niño. Sobre los depósitos de flujos antiguos, se asientan las viviendas del poblado Quirripe.	Pueden afectar terrenos de cultivo, trocha carrozable de acceso a Membrillar y viviendas construidas dentro del cauce.	Reubicar viviendas. Área no apta para construcción de viviendas.
37	Caserío Cajamarca (Sinsicap)	Flujo de detritos excepcionales, se activa en períodos de fenómeno de El Niño o durante fuertes precipitaciones pluviales. Ha depositado su material en forma de abanico de unos 3 km de ancho; los flujos discurren por varios canales.	Puede afectar tramo de trocha carrozable, viviendas del caserío Cajamarca y terrenos de cultivo (ver fotografía 9.16).	Detener la expansión urbana. Buscar alternativas para la reubicación de viviendas. Realizar la limpieza del cauce de quebrada. Construir defensa ribereña.
38	San Ignacio (Sinsicap)	Sector susceptible a erosión fluvial en ambas márgenes del río Santa Lucía. En la margen derecha del río, se ha construido un muro que sirve como defensa ribereña, el mismo que invade el cauce río.	Puede afectar al muro construido como defensa ribereña y viviendas asentadas en la margen derecha del cauce del río (ver fotografía 9.17).	Replantear la construcción del muro de defensa ribereña, ya que invade el cauce del río Santa Lucía y está sujeto a erosión fluvial y posterior colapso. Rellenar con material rocoso la margen derecha del río. Continuar con la construcción de defensa ribereña. Realizar limpieza de cauce en forma periódica. No construir viviendas cerca de las márgenes del río. No bolar basura al cauce del río.
39	Sinsicap (Sinsicap)	Podría ocurrir flujo de detritos, inundación y erosión fluvial. Las viviendas se encuentran asentadas en antiguos depósitos de detritos y el cauce de río se encuentra colmatado de material detrítico.	Podría afectar parte de las viviendas de la ciudad de Sinsicap.	No construir viviendas cerca del cauce de la quebrada. Mantener limpio el cauce del río. Construir defensa ribereña.
40	Quebrada Parangurán (Usquil)	Quebrada Parangurán susceptible a la ocurrencia de huacos de manera excepcional, también a proceso de erosión fluvial.	Afectaría carretera de acceso a Coina-Chuquisongo. También afectaría los estribos del puente construido invadiendo el cauce original de río.	Realizar trabajos de limpieza de cauce. Construir defensa ribereña para evitar la erosión fluvial.



Fotografía 9.16 Depósitos de flujo de detritos en el caserío Cajamarca, distrito de Sinsicap, provincia de Otuzco.



Fotografía 9.17 Área susceptible a procesos de erosión fluvial en ambas márgenes del río Santa Lucía, sector San Ignacio. Como medida de protección, se ha construido un muro de concreto que invade el cauce de río, el cual se debe modificar, ya que está sujeto a erosión y posterior colapso.

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
41	El Alizo (Usquill)	Deslizamiento rotacional activo ocurrió en abril del 2008, cuya longitud de escarpa mide aproximadamente 250 m. El salto de escarpa visible es de 20 m, y la longitud entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 270 m. Las posibles causas son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia de vegetación y precipitaciones pluviales intensas. El deslizamiento, en caso de saturarse de agua, podría convertirse en flujo y afectar a los habitantes del caserío Pampa Verde, que se encuentran al pie.	Afectó trocha carrozable. El deslizamiento, al convertirse en flujo, podría afectar a 23 viviendas del caserío Pampa Verde (ver fotografía 9.18).	Reubicación temporal de las viviendas cuando ocurran fuertes lluvias. Estabilizar talud donde se encuentra el deslizamiento con plantas nativas. Monitorear el deslizamiento con GPS diferencial.
42	Coina (Usquill)	Zona susceptible a la ocurrencia de flujos de detritos excepcionales. Los flujos se podrían generar en la quebrada Huacamochal. Sobre el depósito de flujo en forma de abanico y deslizamiento antiguo, se encuentra asentada la población del caserío de Coina.	Puede afectar viviendas asentadas en el abanico del flujo antiguo (ver fotografía 9.19).	Elaborar un plan de emergencia ante huaicos e inundaciones.
43	Cerro Blanco (Usquill)	En talud de roca inestable, ocurren derrumbes, erosión de ladera y caída constante de rocas sueltas. En la zona, existe un cauce de torrentera seca por donde discurren huaicos o flujos en periodo de lluvias.	Destruyó trocha carrozable de acceso al caserío de Capachique. Afectaría la actividad minera de carbon (ver fotografía 9.20).	Prohibir la circulación de vehículos y las labores mineras durante el periodo de lluvias.



Fotografía 9.18 Escarpa de deslizamiento activo ocurrida en abril de 2008 en el sector del Alizo, distrito de Usquill, provincia de Otuazo. Podría afectar a viviendas del poblado Pampa Verde. (125531148, F371).



Fotografía 9.19 Vista panorámica del caserío de Coina, distrito Usquil, provincia Otuzco. La población se encuentra asentada en el antiguo depósito de flujo y depósito de deslizamiento-flujo.



Fotografía 9.20 Erosión de ladera en ambas márgenes de la quebrada, sector Cerro Blanco, distrito Usquil, provincia Otuzco. También presenta derrumbes, caída de rocas que podrían afectar operaciones mineras de carbón y la carretera Usquil-Capachique.

Cuadro 9.6
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Trujillo

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
44	A. H. Pueblo del Sol (El Porvenir)	Características de suelos arenosos de mala calidad y baja capacidad portante, muy susceptibles a modificación de sus propiedades geotécnicas por sacudimiento sísmico.	Podría afectar a las viviendas del A. H. Pueblo del Sol.	Es necesario realizar estudios especializados de geotecnia que determinen con exactitud su capacidad portante, así como las profundidades de cimentación adecuadas.
45	El mirador de El Porvenir (El Porvenir)	Área susceptible a la ocurrencia de derrumbes. Las viviendas están construidas en talud de fuerte pendiente (30° a 40°). El detonante podría ser un fuerte sismo.	Afectaría a las viviendas ubicadas en las laderas del mirador El Porvenir (ver fotografía 9.21).	Construir viviendas con asesoramiento técnico.
46	Pedregal (Simbal)	Quebrada susceptible a la ocurrencia de huaicos en periodos de fenómeno de El Niño. Se observa material de flujos antiguos, presencia de material suelto en el cauce la quebrada y laderas superiores, derivado de la meteorización.	Podría afectar a las viviendas.	Limpieza del cauce de la quebrada. Construir defensas ribereñas.



Fotografía 9.21 Área susceptible a derrumbe en caso de sismo, sector 2, el mirador de El Porvenir, distrito El Porvenir, provincia Trujillo.

Cuadro 9.7
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Virú

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
47	Llacamate (Chao)	Sector donde confluyen dos quebradas (Verrugas y Honda) hacia el río Huaraday, por donde discurren hualicos de manera excepcional. Actualmente, sobre el depósito de flujo está asentado el poblado de Llacamate. El área también es afectado por erosión fluvial y derrumbes (margen izquierda del río Huaraday).	Podría afectar tierras de cultivo y viviendas.	No construir viviendas al borde del río.
48	Cerro Urnago (Chao)	Arenamiento, cuya profundidad se desconoce. Por el área cruza el canal de riego administrado por el Proyecto Especial Chavimochic.	Afectaría al canal de riego.	Realizar monitoreo visual de la zonas. Mantener limpio el cauce del canal.
49	Oda. Palo Redondo, Quila Sueño (Chao)	Quebradas susceptibles a la ocurrencia de hualicos en periodos del fenómeno de El Niño. Material de flujos antiguos forma depósito de forma de abanico de unos 3200 m de ancho. Presentan material suelto en el cauce la quebrada y laderas superiores, derivado de la meteorización.	Afectó trocha carrozable de acceso a la quebrada (ver fotografía 9.22).	Prohibir la construcción de viviendas. Zona no apta para la construcción de viviendas.
50	Túnel 8 (Chao)	Área susceptible a la ocurrencia de hualicos en periodos del fenómeno de El Niño. Material de flujos antiguos forman depósitos en forma de abanicos. Presenta material suelto en el cauce la quebrada y laderas superiores, derivado de la meteorización.	Afectaría al canal principal del Proyecto Especial Chavimochic (ver fotografía 9.23).	Construir dique transversal. Realizar limpieza de los drenes y monitoreo del área durante el periodo lluvioso.
51	Bocatoma de Chavimochic (Chao)	La bocatoma principal del proyecto Chavimochic puede ser afectado por flujos de detritos provenientes de los cerros Huacate y Cóndor Cerro.	Puede afectar la infraestructura de la bocatoma principal del proyecto Chavimochic (ver fotografía 9.24).	Elaborar un plan de emergencia ante hualicos.
52	Campamento Chavimochic (Chao)	Área susceptible a la ocurrencia de flujos en periodos de fenómeno de El Niño. Se observa material de los flujos antiguos que forman depósito en forma de abanico de unos 600 m de ancho, así como presencia de material suelto en el cauce la quebrada y laderas superiores, derivado de la meteorización.	Puede afectar a las viviendas del campamento Chavimochic asentadas en el abanico.	Construir viviendas de uso temporal. Restringir la construcción de viviendas. Zona no apta para la construcción de viviendas.
53	El Niño (Chao)	Quebradas susceptibles a la ocurrencia de hualicos en periodos del fenómeno de El Niño. Material de flujos antiguos forma depósito en forma de abanico de unos 350 m de ancho. Presentan material suelto en el cauce la quebrada y laderas superiores, derivado de la meteorización. La población del caserío El Niño está asentada sobre los depósitos de flujo antiguo.	Afectaría a 60 viviendas y centros educativos del caserío El Niño.	Elaborar un plan de emergencia ante hualicos.



Fotografía 9.22 Flujo de déritos en la quebrada Palo Redondo, distrito de Chao, provincia Virú.



Fotografía 9.23 Depósitos de flujo de déritos, sector Túnel 08 del proyecto Chavimochic, distrito Chao, provincia de Virú.



Fotografía 9.24 Vista de la bocATOMA Chavimochic. En los taludes del cerro, se observan bloques de roca.

Cuadro 9.8
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Santiago de Chuco

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
54	Quebrada Poitero (Angasmарca)	La quebrada Poitero es afectada por erosión en cárcava y por pequeños derrumbes que se producen hacia la cara libre. También ocurren flujos de detritos (huacos) en menor magnitud.	Afecta a la carretera afirmada de Angasmарca Mollebamba. También puede afectar al puente construido artesanalmente (ver fotografía 9.25).	Construir puente. Reforestar la quebrada con plantas nativas.
55	Narmoval (Angasmарca)	La replación de suelo ocurre en los sectores de Narmoval, Ingacarpa y Choqueque. Las posibles causas son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia de vegetación y precipitaciones pluviales intensas, mal sistema de riego. En el área, también ocurren pequeños deslizamientos y derrumbes.	Afecta tierras de cultivo.	Reforestar el área con plantas nativas. Tecnificar el sistema de riego para cultivo.
56	Mollepata (Mollepata)	Ocurrencia de reptación de suelos, deslizamientos y flujos. Las causas son las siguientes: sustrato de mala calidad, pendiente del terreno, deforestación y mal sistema de riego.	Afecta tierras de cultivo. Afectaría a las viviendas del poblado de Mollepata (ver fotografía 9.26).	Elaborar un plan de emergencia ante desastres. Realizar trabajos de reforestación, Restringir la construcción de viviendas. Monitorear el área con GPS diferencial. Buscar alternativas para reubicar la población.
57	Cerro Cacañán (Sitabamba)	Área susceptible a la ocurrencia de caída de rocas y derrumbes. Tiene longitud de arranque de 1300 m.	Afecta carretera de acceso a Sitabamba (ver fotografía 9.27).	Desquinchar rocas sueltas. Colocar señales indicado la zona de derrumbes.
58	Sitabamba (Sitabamba)	Las viviendas de la capital del distrito de Sitabamba se encuentran asentadas sobre depósitos de antiguo deslizamiento y avalanchas de roca. La longitud de la escarpa del deslizamiento mide aproximadamente 700 m. El salto visible de la escarpa es de 350 m, y la longitud entre la escarpa y el pie del deslizamiento mide aproximadamente 1300 m (ver fotografía 9.28). Según el informe realizado por Spann, el sismo de noviembre de 1946 ocasionó una avalancha de rocas que afectó a la población de Sitabamba.	La avalancha de rocas destruyó algunas viviendas y causó la muerte de 11 personas. Fuente: Spann, 1947.	Reforestar la parte alta del poblado. Realizar un estudio detallado de la zona y elaborar un plan de emergencia ante huacos y derrumbes. Buscar alternativas para reubicar la población.



Fotografía 9.25 Erosión de laderas y derrumbes en la quebrada Potrero, distrito Angasmarca, provincia Santiago de Chuco.



Fotografía 9.26 Vista panorámica de los movimientos en masa en la margen derecha del río Tablachaca, distrito Mollepata, provincia Santiago de Chuco.



Fotografía 9.27 Talud susceptible a caída de rocas en el cerro Cacañán, distrito Sitabamba, provincia Santiago de Chuco.



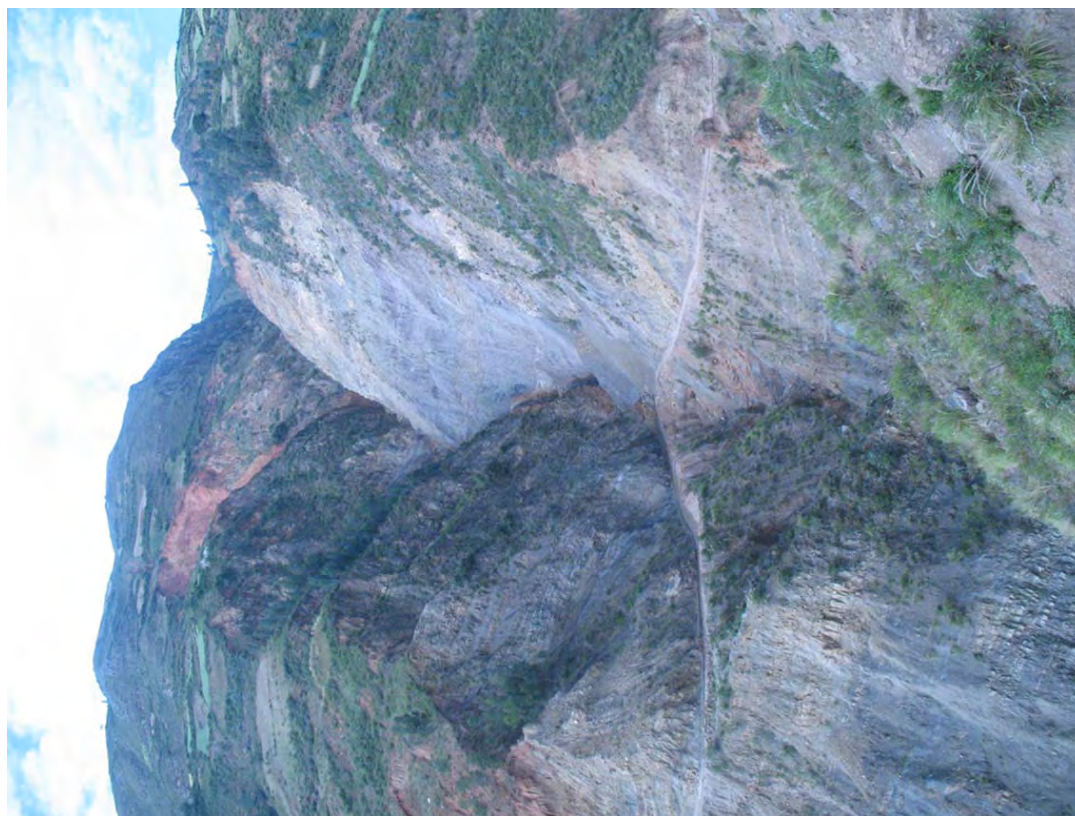
Fotografía 9.28 Vista panorámica del poblado de Sitabamba. Las viviendas están construidas sobre depósitos de avalancha y deslizamiento antiguo.

Cuadro 9.9
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Sánchez Carrión

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
59	Sector Potrerillo, carretera Huamachuco-Yanasara (quebrada Chivo) (Curgos)	Las fuertes precipitaciones pluviales caídas en la provincia Sánchez Carrión deterioran intensamente sus carreteras, como sucede en el tramo carretero de "El Potrerillo"; lugar donde los transportistas y pasajeros de la zona se ven afectados; ya que constantemente se producen derrumbes, caída de rocas, erosión de ladera y flujos de lodo, impidiendo el paso normal de vehículos.	Afecta a la carretera de acceso a la provincia de Pataz (ver fotografías 9.29 y 9.30).	Restringir el paso de los vehículos en temporada de fuertes lluvias (el paso solo debe ser de día), para estabilizar el talud. Se debe realizar estudios especializados de geotecnia o buscar alternativas para construir una variante de la carretera.
60	La Colpa (Huamachuco)	Deslizamiento rotacional activo, cuya longitud de escarpa mide aproximadamente 300 m. El salto de escarpa visible es de 5 m, y la longitud entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 150 m. Las posibles causas son las siguientes: susirato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas y filtraciones de agua permanente. En el área, también ocurre reptación de suelos.	La reptación de suelos afecta a las tierras de cultivo. El deslizamiento podría convertirse en flujo y afectar a las viviendas del caserío La Colpa (ver fotografía 9.31).	Reforestar el área. Cambiar el sistema de riego utilizado para los cultivos. Monitorear el deslizamiento con GPS diferencial. Sector no apta para construcción de viviendas.
61	C.P. Pallar (Huamachuco)	Área susceptible a la ocurrencia de erosión fluvial, inundación y flujo. Presenta material de bolonería y grava en su cauce actual. La población del caserío Pallar se encuentra asentada sobre depósitos de flujos en forma de abanico.	Durante el fenómeno El Niño de 1997-1998, la erosión fluvial afectó la carretera afirmada que da acceso a Tayabamba. Asimismo, destruyó la mitad de las viviendas del centro poblado El Pallar (ver fotografía 9.32).	Elaborar un plan de emergencia ante huaycos. Realizar trabajos de limpieza en el cauce del río y de la quebrada. Construir defensa ribereña en la margen izquierda del río para evitar la erosión fluvial. Restringir la construcción de viviendas.
62	Km 25 de la carretera Huamachuco-Trujillo (Huamachuco)	Derrumbe, deslizamientos con escarpa de arranque irregular por sectores ocurren en un tramo de 1000 m. Las causas son las siguientes: sustrato de mala calidad, alternancia de rocas de diferente competencia, pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, corte en el pie de ladera para construcción de carretera y filtraciones de agua.	Afecta a la plataforma de la carretera asfaltada Trujillo-Huamachuco (ver fotografía 9.33).	Construir muro de contención capaz de soportar el empuje del suelo y un sistema de drenaje adecuado. Reducir la pendiente del talud. Reforestar ladera.



Fotografía 9.29 Vista panorámica de la erosión de ladera en el sector Potrerillo (quebrada Chivo).



Fotografía 9.30 Talud susceptible a derrumbes, cuya pendiente es muy escarpada y presenta agrietamientos, sector Potrerillo (quebrada Chivo).



Fotografía 9.31 Reptación de suelos en el caserío La Colpa, distrito Huamachuco, provincia Sánchez Carrión.



Fotografía 9.32 Vista panorámica del caserío El Pallar. Las viviendas del caserío están construidas sobre depósitos de huaicos antiguos. Viviendas se encuentran asentadas sobre abanico antiguo.



Fotografía 9.33 Deslizamiento en el km 25+670 de la carretera Huamachuco-Trujillo, provincia Sánchez Carrión.

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
63	Adaumas (Sanagoran)	El área es susceptible a la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos y flujos (movimientos complejos). Las causas son las siguientes: existencia de deslizamientos antiguos, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, corte de ladera para construcción de carretera y deforestación.	Los flujos podrían afectar a siete viviendas asentadas en antiguo depósito de flujo. Los derrumbes afectarían a la carretera de acceso a los caseríos de Conaica y Dumas (ver fotografía 9.34).	Reubicar temporalmente las viviendas durante el periodo de fuertes precipitaciones pluviales. Reforestar talud superior de carretera.
64	Sanagoran (Sanagoran)	Área susceptible a erosión fluvial, inundaciones y flujos de detritos. Según versiones de los pobladores, el área fue afectada durante el fenómeno de El Niño de 1997-1998.	Destruyó la mitad de las viviendas del pueblo durante el fenómeno del El Niño de 1997-1998 (ver fotografía 9.35).	Construir defensa ribereña para evitar la erosión fluvial. Realizar limpieza periódica del cauce de río. Elaborar un plan de emergencia para afrontar huacicos e inundaciones.



Fotografía 9.34 Área susceptible a derrumbe-flujo en la parte alta de Adaumas, distrito de Sanagoran, provincia Sánchez Carrión.



Fotografía 9.35 Área susceptible a inundaciones y erosión fluvial, poblado de Sanagoran, provincia Sánchez Carrión.

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
65	Mollan, qda. El Palco (Sarin)	La quebrada Palco es susceptible a la ocurrencia de flujos de detritos de manera excepcional. La viviendas del caserío de Mollan se encuentran asentadas sobre depósitos de flujos (abanico) antiguo.	Los flujos podrían afectar las viviendas del caserío Palco.	Reforestar la cuenca alta de la quebrada. Elaborar un plan de emergencia ante hualcos
66	Sarin, qda. Chimina (Sarin)	La quebrada Chimina es susceptible a la ocurrencia de flujos de detritos de manera excepcional. Las viviendas del poblado de Sarin se encuentran asentadas sobre depósitos de flujos (abanico) antiguo. El deslizamiento rotacional activo de avance retrogresivo ocurre en la cuenca media de la quebrada Chimina. Puede generar un hualco de gran magnitud.	Los flujos podrían afectar las viviendas del poblado de Sarin.	Monitoreo del deslizamiento con GPS diferencial. Reforestar la cuenca alta de la quebrada. Elaborar un plan de emergencia ante hualcos.
67	Río Chucchugaya (Sarin)	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Chucchugaya.	Afectó puente de la carretera Sarín-Sitabamba.	Construir nuevo puente y muros de contención.
68	Odas. Shawingo y Urpayacu (Sartinbamba)	Área susceptible a la ocurrencia de derrumbes y flujos. En la quebrada Urpayacu, se observa la presencia de material suelto. En el cauce de la quebrada y laderas superiores, presenta materiales derivados de la meteorización.	Afecta a la carretera de acceso a los caseríos de Pucarita, Pucará, San Pedro, etc.	Prohibir el tránsito de vehículos por la zona durante la noche en periodos de fuertes lluvias.
69	Sartinbamba (Sartinbamba)	En el pueblo de Sartinbamba (capital de distrito), es afectada por la erosión en cárcava, con longitudes aproximadas de 300 m, ancho de 160 m y profundidad de 115 m. Según versiones de los pobladores, la erosión de ladera, en los últimos años, avanzó rápidamente produciendo pérdida de terrenos de cultivo.	Afectaría parte de las viviendas de la población de Sartinbamba, un centro educativo y tierras de cultivo (ver fotografía 9.36).	Se debe realizar aislamiento físico del área. Se debe controlar la escorrentía superficial de agua (construir cumetas de coronación). Realizar trabajos de reforestación con plantas nativas en los alrededores de la cárcava. Construir un sistema de diques transversales dentro de la cárcava. Evitar el riego por inundación: no construir viviendas al borde de la quebrada. Reubicar centro educativo localizado a borde de la cárcava.



Fotografía 9.36 Erosión en cárcava en Sartimbamba, provincia Sánchez Carrión.

Cuadro 9.10
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Bolívar

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
70	San Vicente de Paul (Longotea)	Área susceptible a inundaciones, flujos y erosiones fluviales en periodos del fenómeno El Niño.	Durante el Fenómeno El Niño de 1997-1998, la inundación fluvial afectó al centro poblado San Vicente de Paul.	Construir defensa ribereña. No construir viviendas al borde del cauce de río. Limpiar el cauce. Elaborar un plan de emergencia ante huacos e inundaciones.
71A	Uchumarca (Uchumarca)	Deslizamiento activo, cuya longitud de escarpa mide aproximadamente 200 m. El salto de escarpa visible es de 1 m, y la longitud entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 400 m. En la masa deslizada se observan grietas transversales. El deslizamiento activo es parte de la reactivación.	Afectaría a las viviendas del barrio Víctor Raúl de Uchumarca (ver fotografía 9.37).	Reforestar la zona afectada por deslizamiento. Construir un sistema de drenaje. Buscar otras alternativas para estabilizar la ladera.
71B	Condormarca (Condormarca)	Según Sotomayor (1976), en la localidad de Condormarca, se está produciendo el fenómeno de deslizamiento y reptación de suelos, por la acción de aguas subterráneas sobre suelos de débil compactación.	Según la evaluación del año 1976, de 61 viviendas, el 29 % estaba totalmente derrumbado, el 45 % con fuertes grietas y el 26 % no ha sido afectado.	Sotomayor (1976) recomendó la reubicación de la población.



Fotografía 9.37 Escarpa de deslizamiento activo en el sector de Uchumarca, provincia Bolívar.

Cuadro 9.11
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Pataz

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
72	Auyos-Asia (Buldibuyo)	Ocurrió el 5 de julio de 2003. La geometría del movimiento en masa es semicircular, estrecho en la zona de arranque y que se abre en sus dos extremos. La escarpa principal es irregular, con un salto de 25-35 m de altura. La parte media (lado izquierdo) se presenta escalonada con alternancia de pendientes suaves a moderadas (15° a 35°), y es la que ha sufrido mayor remoción y, a la vez, flujo de material saturado en cuyo pie forma un abanico principal de pendiente suave. Se estima un desplazamiento máximo de 600-700 m desde su ápice en la parte media-inferior, así como subsiguientes flujos menores, cuyo pie embolsó inicialmente una longitud del río de aproximadamente 600 m de longitud frente a Tollos. En el lado izquierdo del proceso de remoción, se diferencia una escarpa secundaria irregular a semicircular, con un salto de 10-15 m, saltos secundarios, escalonados e irregulares, y un terreno bastante agrietado y removido con una pendiente de 25°-30° en forma triangular, estimándose un corrimiento de hasta 300 m y una longitud de embalse similar. Fuente: Zavala y Vilchez, 2007.	Afectaría a los sectores de Tollos, Puente Las Naranjas y viviendas ubicadas aguas abajo, cercanas y al pie del cauce del río Buldibuyo. Se incluye también el área inferior a la escarpa antigua del deslizamiento en la porción que aun no se ha deslizado. Afectó el paso por la carretera Buldibuyo-Tayabamba.	Reforestar el área con plantas nativas. Área no apta para construcción de viviendas. Construir un sistema de andenería para cultivo y usar riego tecnificado.
73	Bellavista, Bambas (Huancaspata)	Deslizamiento rotacional activo de escarpa múltiple, cuya longitud de escarpa mide aproximadamente 1500 m. El salto de escarpa visible es de 20 m, y la longitud entre la escarpa y el pie del deslizamiento (flujo) es de 1590 m. Las posibles causas son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, actividad sísmica y falla activa.	Según versiones de los pobladores, el deslizamiento-flujo afectó a las viviendas de los caseros de Bellavista, Bambas, Colmena, Palles y Huayachi.	Reforestar el área. Cambiar de sistema de riego para cultivo. Monitorear el deslizamiento con GPS diferencial. El área no es apta para la construcción de vivienda.

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
74	Auyo Pampa (Huancaspata)	Deslizamiento rotacional antiguo de escarpa múltiple, cuya longitud de escarpa mide aproximadamente 1000 m. El salto de escarpa visible es de 10 m, y la longitud entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 800 m. Las posibles causas son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas. En el cuerpo del deslizamiento, ocurre erosión en cárcava y pequeños deslizamientos superficiales.	Afecta tierra de cultivos.	Reforestar el área. Cambiar el sistema de riego. No construir viviendas al borde de la escarpa del deslizamiento.
75	Bella Aurora (Parcoy)	Las viviendas del poblado de Bella Aurora se encuentran asentadas sobre depósitos coluviales afectados por la erosión en cárcava.	Podría afectar viviendas y tierras de cultivo (ver fotografía 9.38).	Reforestar el área. No permitir la construcción de viviendas al borde del cauce de la cárcava.
76	Parcoy, Retamas (Parcoy)	La quebrada Patacochoa es susceptible a la ocurrencia de flujos de detritos. La población de Parcoy se encuentra asentada sobre depósito de movimiento en masa complejo (deslizamiento flujo).	En caso de ocurrir flujo, afectaría a las viviendas asentadas dentro del cauce de la quebrada (poblados de Parcoy y Retamas) (ver fotografía 9.39).	Realizar estudio de peligros geológicos al detalle. Realizar limpieza periódica del cauce de quebrada. Ampliar y profundizar el canal de drenaje. Reforestar laderas. Reubicar a la población asentada en zonas susceptibles a derrumbes.
77	Molinetes (Parcoy)	Ocurrencia de erosión en cárcava y en surco. El área también es susceptible a la generación de flujos.	Puede afectar a las operaciones de la minera Marsa.	Realizar un estudio de peligros geológicos al detalle.
78	Chagual (Patlaz)	Área susceptible a la ocurrencia de flujos excepcionales. La población de Chagual está asentada sobre depósitos de flujos de detritos que forman abanicos. Se observa erosión fluvial en la margen derecha del río Marañón, en una longitud de 100 m. El lecho del río y la carretera tienen una diferencia de 2 m.	Podría afectar a las viviendas del poblado de Chagual. Puede seguir afectando la carretera Huamachuco- Tayabamba.	Construir defensa ribereña. Realizar limpieza del cauce de quebrada. No construir viviendas al borde del cauce de río y quebrada. Elaborar un plan de emergencia ante huacos.
79	Senolen (Pias)	Deslizamiento rotacional activo, cuya longitud de escarpa mide aproximadamente 300 m. El salto de escarpa visible es de 15 m, y la longitud entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 450 m. Las posibles causas son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Las viviendas del poblado de Senolen presentan grietas en las paredes y en el piso.	Reforestar la ladera. Buscar alternativas para reubicar a la población. Zona no apta para construcción de viviendas.



Fotografía 9.38 Vista panorámica de los sectores de Parcoy Retamas (centro minero). Área susceptible a la ocurrencia de flujos y derrumbes. Las viviendas se encuentran construidas dentro del cauce de la quebrada Patacochoa.

Código en mapa	Paraje / distrito	Peligros actuales o futuros	Daños ocasionados o probables	Recomendaciones
80	Urpay (Urpay)	Se han identificado tres grietas principales paralelas entre sí, las cuales cruzan la ciudad de Urpay. Posiblemente se trate de una reptación de suelos o una zona afectada por sismo.	Las viviendas del poblado de Urpay presentan grietas en las paredes y en el piso. También se observan grietas en el piso de la plaza principal y en la iglesia.	Realizar estudios de geofísica especializada para determinar la profundidad y el buzamiento de las grietas. Realizar monitoreo con GPS diferencial.
81	Tayabamba, Pegoy (Tayabamba)	En Pegoy, la zona se encuentra en proceso constante de deslizamiento. Abarca una extensión aproximada de 1300 m. Ocurre en una ladera de deslizamiento antiguo, reactivado (sector inferior de Collay). Se observan escarpas o saltos de diferente magnitud y geometría, desgarres del terreno, agrietamientos, así como derrumbes en las cara libre al río. En Tayabamba, al pie del poblado, los bordes libres se encuentran afectados por deslizamientos y derrumbes; también se distinguen en los sectores de Alto de Añuca, Alto La Caridad, Chilcapampa, Llote Collay. Las escarpas varían entre semicirculares hasta rectas, mostrando saltos y asentamientos de terreno importantes, saltos y escarpas secundarias.	Los movimientos en masa pueden embalsar el río Cajón. También puede producirse estrechamiento de quebradas y valles. Perjudica principalmente áreas de cultivo, y en el futuro podría afectar a las viviendas construidas al borde del río (ver fotografía 9.40).	Evitar construcciones de viviendas en los bordes o acantilados del río Cajón. Reforestación de laderas (superiores e inferiores). Utilizar riego tecnificado para los cultivos.



Fotografía 9.39. Erosión de laderas en Bella Aurora, distrito Parcoy, provincia Pataz.



Fotografía 9.40 Vista panorámica de la ciudad de Tayabamba. Ocurrencias de deslizamiento, derrumbes y erosión en cárcava.

CAPÍTULO X

ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE PROBLEMAS GEODINÁMICOS

POR LUCIO MEDINA ALLCCA

GENERALIDADES

Los factores que influyen en la inestabilidad de las laderas pueden ser naturales o antrópicos. A continuación, se describirá brevemente cada uno de ellos.

Factores naturales. Están ligados a las condiciones intrínsecas del terreno, tales como tipo de litología (suelo o formaciones superficiales, sustrato rocoso), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales, movimientos sísmicos, entre otras.

La litología que caracteriza al sustrato 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 la intercalación de lutitas, lodolitas y areniscas (formaciones Chicama, Contaya, Santa y Carhuaz), 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 presenta 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 zona este de la región La Libertad se caracteriza por ser de tipo lluviosa, y en tiempos de lluvias excepcionales se registran precipitaciones mayores a 2000

mm anuales (ver figura 2.2). Cuando se presentan lluvias muy intensas en la región, los terrenos o suelos pierden estabilidad y se generan fenómenos de movimientos en masa, como los ocurridos en el mes de abril del 2009, en los poblados de Chamanacucho, Tayapampa, Retamas, Patay y Collona (Medina, 2009).

- Las aguas de escorrentía originan erosión de fondo y lateral, así como desestabilización de las márgenes. Ocurren también desprendimientos que incrementan material suelto en los lechos de las quebradas y valles, los cuales generan los flujos o huacos cuando hay lluvias fuertes.

Factores antrópicos. Están 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, lo que ocasiona la pérdida de cobertura natural de los suelos que proveía protección.
- Se modifican los taludes por la construcción de carreteras que permiten la comunicación con las diferentes comunidades de 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 O CORRECTIVAS

Para el desarrollo de esta sección, se han considerado como base las informaciones publicadas por el Instituto Geominero de España (Manual de ingeniería de taludes) en 1987 y el Ingemmet en el 2000 (Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja n.º 1).

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) la estabilización de fenómenos de rotura, sobre todo 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 el objetivo 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, mientras que lo segundo se logra 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, lo que comprueba 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

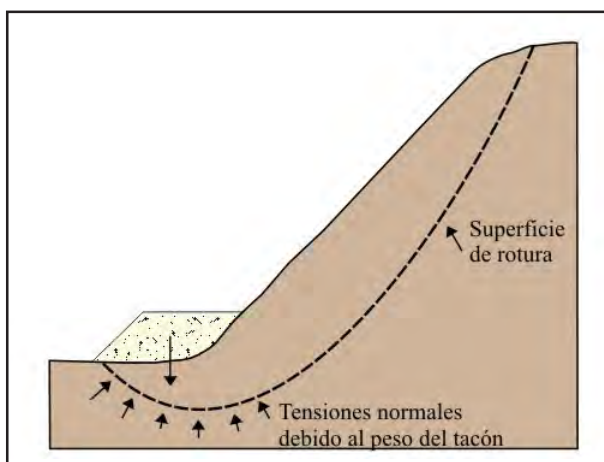


Figura 10.1 Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno (tomado de Ingemmet, 2000).

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 (ver figuras 10.1 y 10.2).

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 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; de esta manera, se pueden 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.

Un aspecto 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.

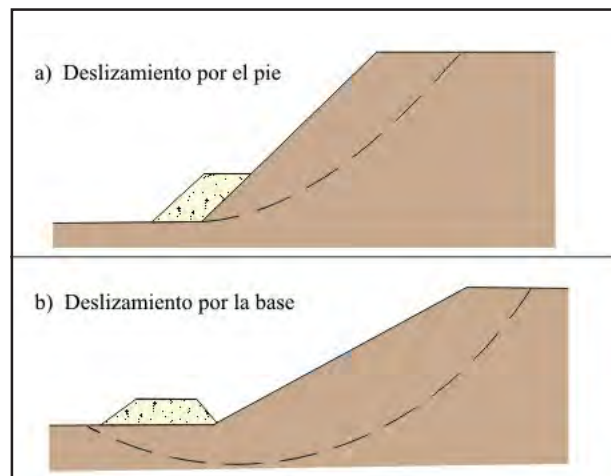


Figura 10.2 Colocación de escollera (tomado de Ingemmet, 2000).

Tratamiento de taludes con escalonamiento (ver figura 10.3). 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 evacuarán las aguas de escorrentía disminuyendo su efecto erosivo y el aumento de las presiones intersticiales.

Este escalonamiento se suele disponer en taludes en roca, sobre todo 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.

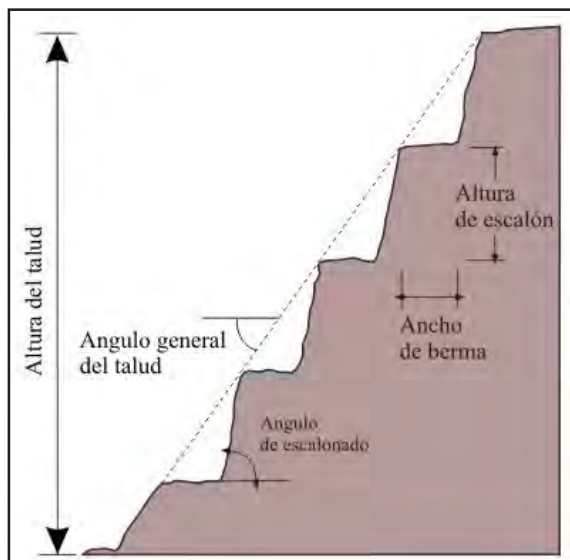


Figura 10.3 Esquema de un talud con bermas intermedias (tomado de Ingemmet, 2000).

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, de tal manera que se evite su infiltración (ver figura 10.4).

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.

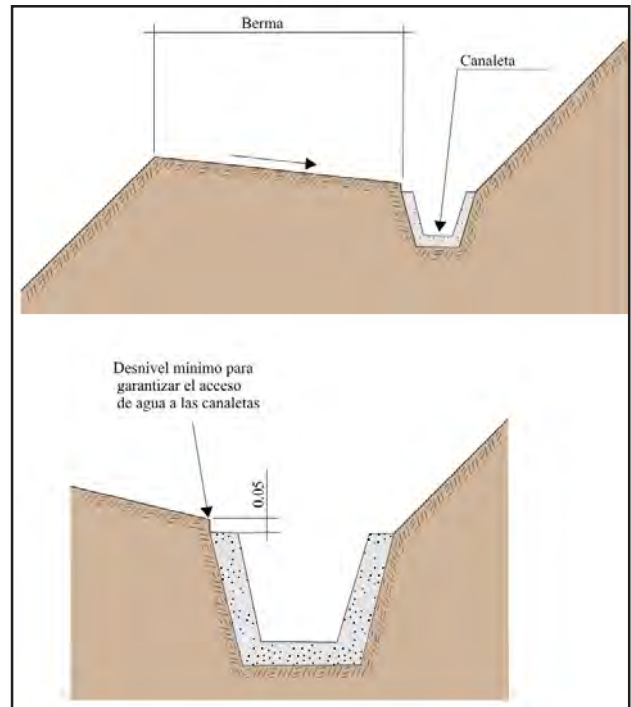


Figura 10.4 Detalle de una canaleta de drenaje superficial (tomado de Ingemmet, 2000).

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 (ver figura 10.5).

Se clasifican en los siguientes grupos:

b.1) Drenes horizontales. También son llamados drenes californianos. Están perforados desde la superficie del talud. Consisten en taladros de pequeño diámetro, aproximadamente horizontales, entre 5° y 10°, que parten de la superficie del talud y están generalmente contenidos en una sección transversal del mismo (ver figuras 10.5 y 10.6).

Sus ventajas son:

- La instalación es rápida y sencilla.
- El drenaje se realiza por gravedad.
- Requieren poco mantenimiento.
- Constituyen un sistema flexible que puede readaptarse a la geología del área.

Sus desventajas son:

- El 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.

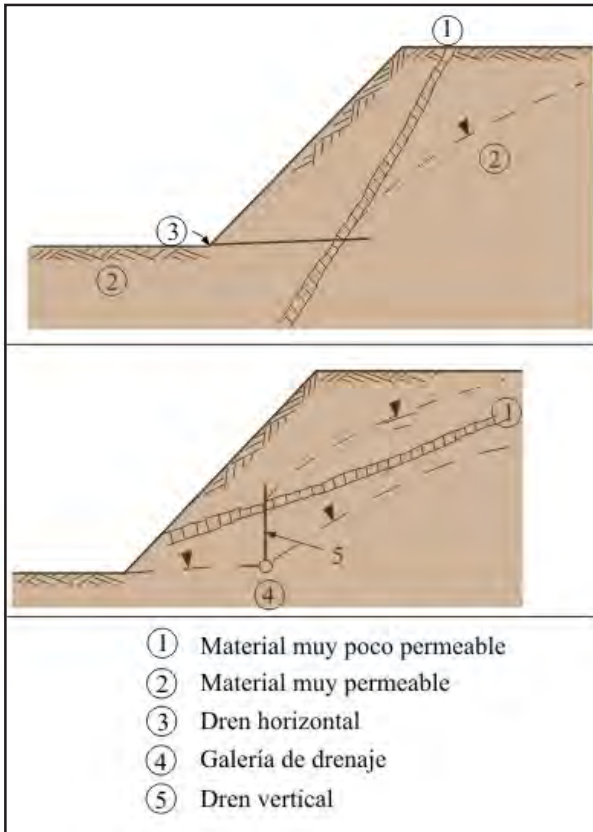


Figura 10.5 Disposición de sistema de drenaje de taludes no homogéneos (tomado de Ingemmet, 2000).

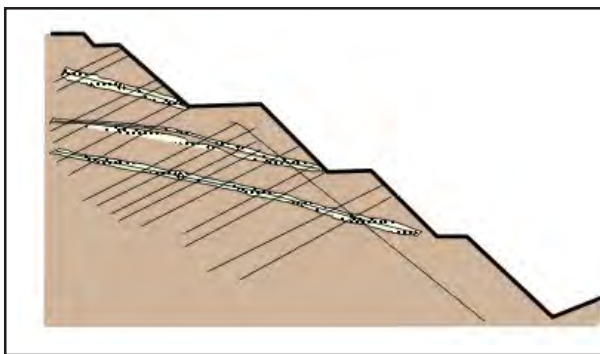


Figura 10.6 Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos (López García, 1984).

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

Son galerías excavadas en el terreno a una distancia considerable de la superficie. Constituyen 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, de tal manera que se aumente su radio de acción y la efectividad del sistema de drenaje (ver figuras 10.7 y 10.8).

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.

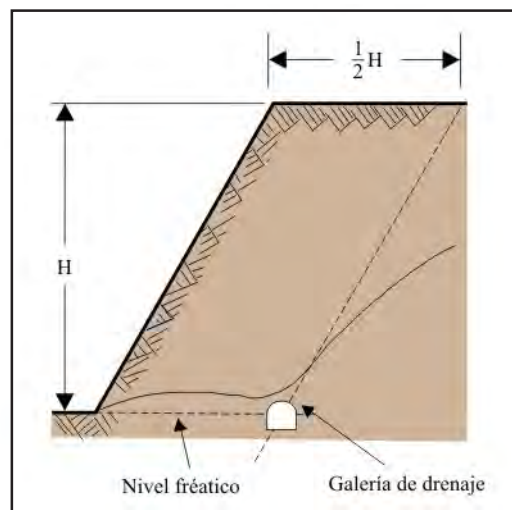


Figura 10.7 Posición óptima de una galería de drenaje (Hoek y Bray, 1997).

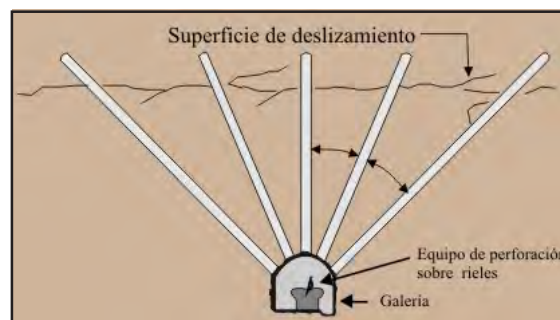


Figura 10.8 Drenaje de superficie de deslizamiento desde una galería de drenaje (tomado de Ingemmet, 2000).

b.3) Zanjas con relleno drenante. Están 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. Su acción drenante se limita a profundidades pequeñas (ver figura 10.9).

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 (ver figura 10.10).

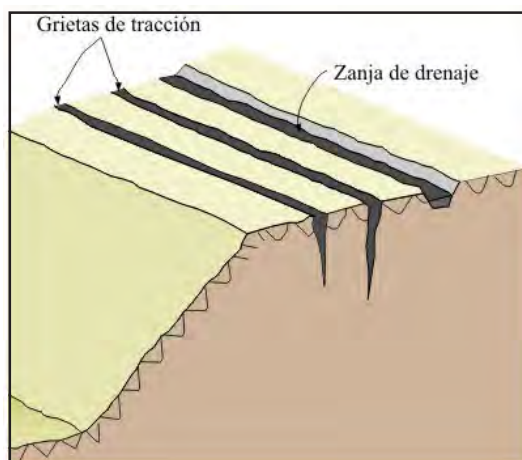


Figura 10.9 Disposición de zanjas de drenaje en un talud (tomado de Ingemmet, 2000).

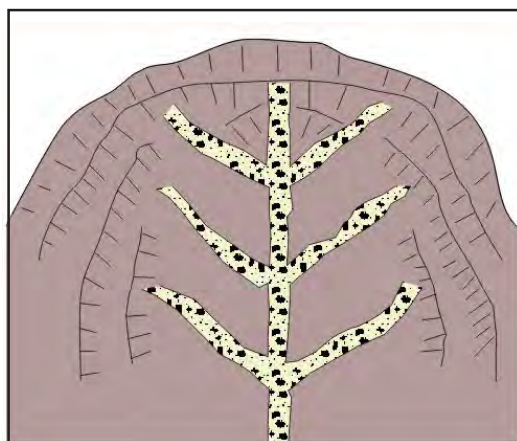


Figura 10.11 Drenaje tipo espina de pescado (tomado de Ingemmet, 2000).

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

Son útiles los drenes en forma de «espina de pescado» (ver figura 10.11), 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 favorable vigilancia.

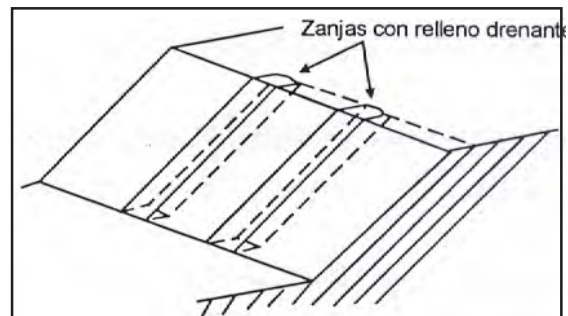


Figura 10.10 Zanjas de talud (tomado de Ingemmet, 2000).

c) Corrección por elementos resistentes

c.1) Anclajes. Son armaduras metálicas, alojadas en taladros perforados desde el talud y cementadas (ver figura 10.12). Se emplean como medida estabilizadora de taludes tanto en roca como en terreno suelto. La longitud de los anclajes varía entre 10 m y 100 m; y el diámetro de la perforación, entre 75 mm y 125 mm.

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 con 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 m 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 descendan 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.

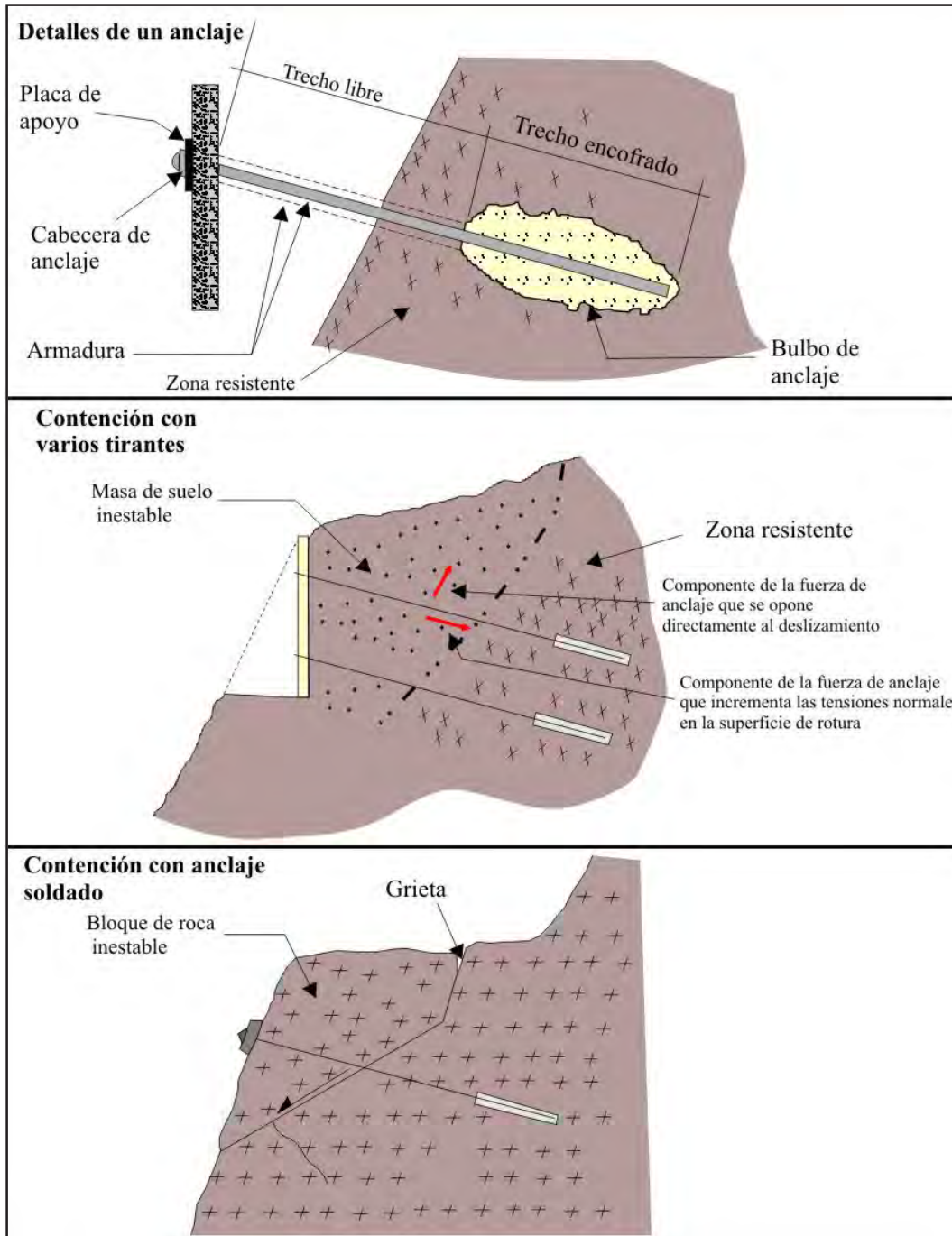


Figura 10.12 Detalles de un anclaje y ejemplos de aplicación (tomado de Ingemmet, 2000).

c.2) Muros. Se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (ver figura 10.13). En ocasiones, se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (ver figura 10.14). 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 sobreexcavación 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.

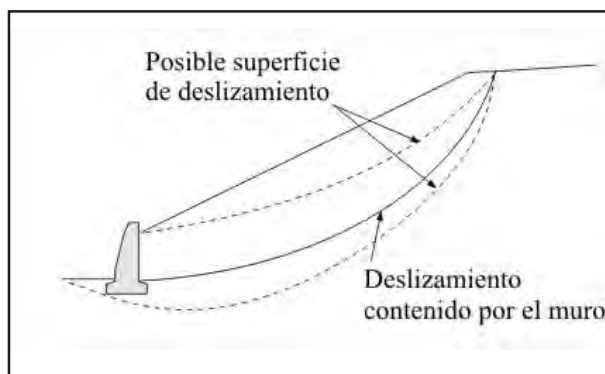


Figura 10.13 Contención de un deslizamiento mediante un muro (tomado de Ingemmet, 2000).

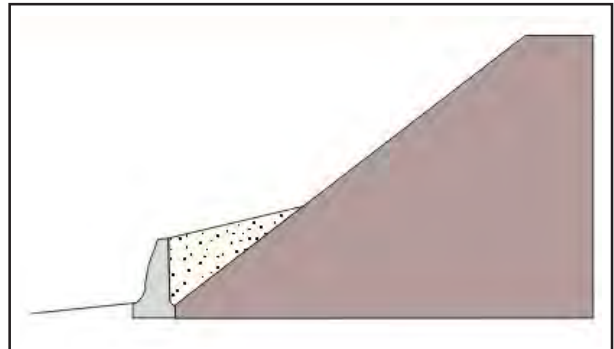


Figura 10.14 Relleno estabilizador sostenido por el muro (tomado de Ingemmet, 2000).

Los muros se pueden clasificar en tres grupos (ver figura 10.15):

- **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.

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 (ver figuras 10.16.a, 10.16.b, 10.17 y 10.18).

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

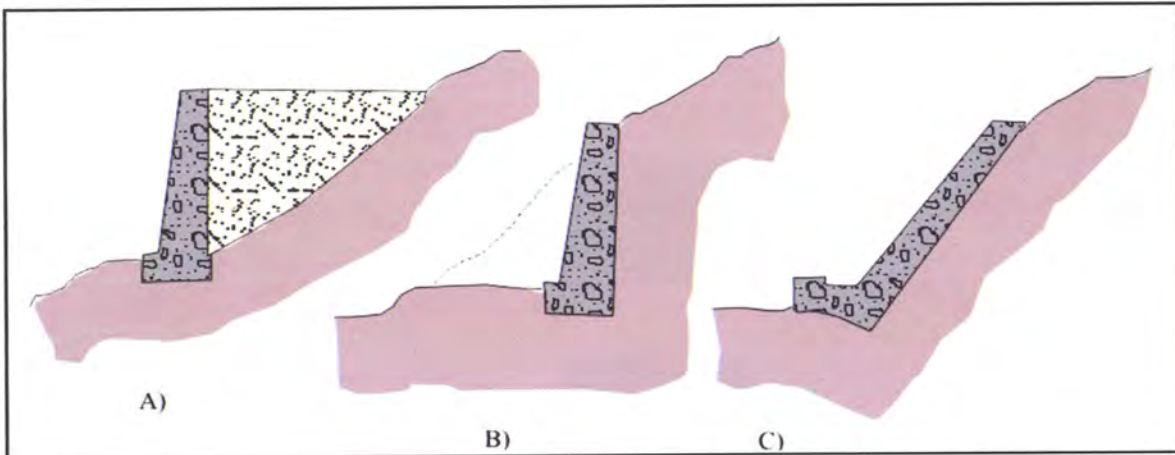


Figura 10.15 a) Muro de sostenimiento, b) Muro de contención y c) Muro de revestimiento (tomado de Ingemmet, 2000).

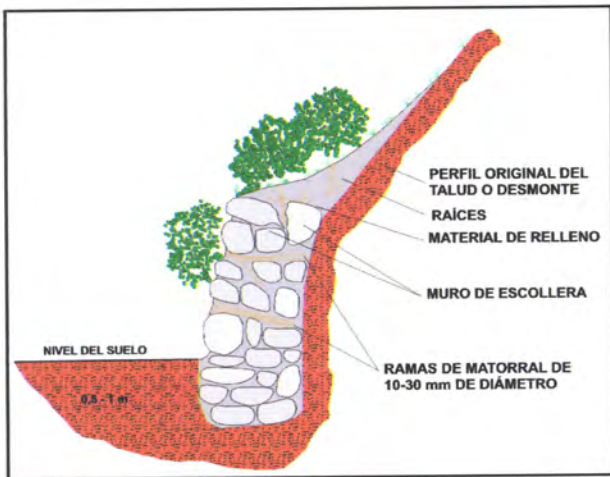


Figura 10.16 a. Muros de gravedad de piedra seca.

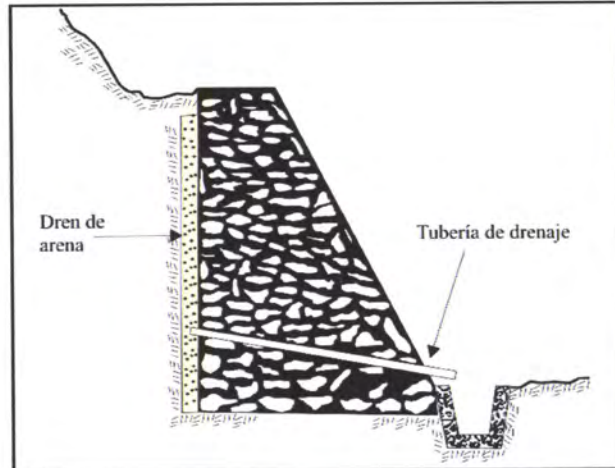


Figura 10.16 b. Muros de gravedad de piedra argamasada (tomado de Ingemmet, 2000).

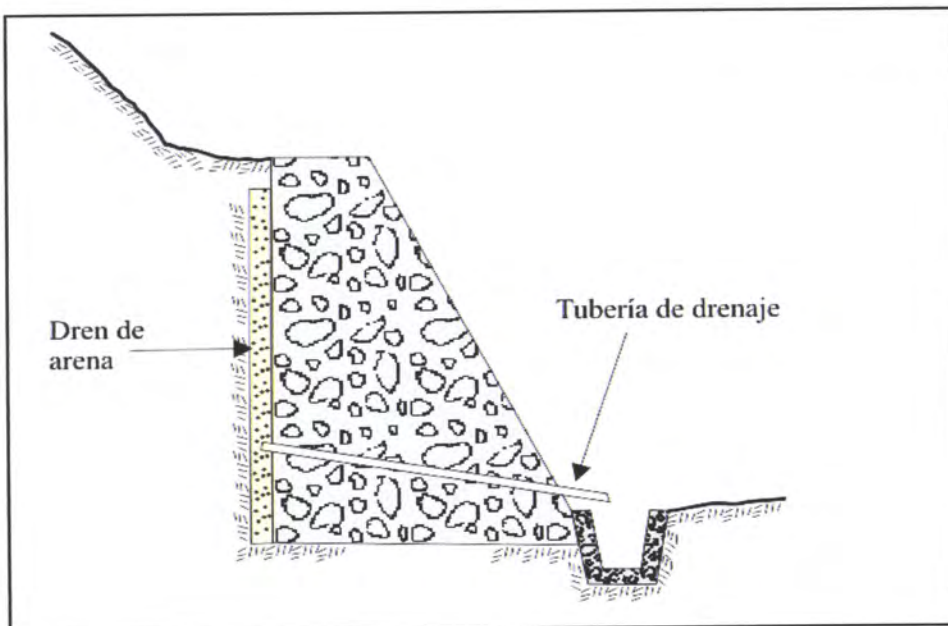


Figura 10.17 Muros de gravedad de concreto ciclópeo (tomado de Ingemmet, 2000).

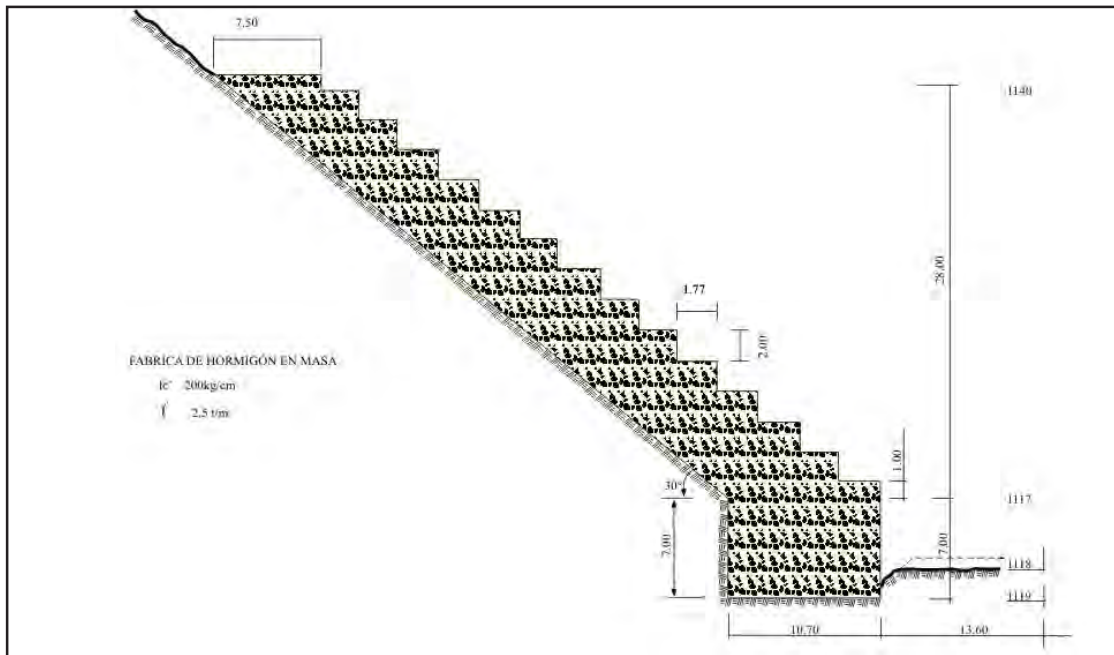


Figura 10.18 Muros de espesor máximo (tomado de Ingmmet, 2000).

Muros aligerados. Son muros de hormigón armado. 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 (ver figuras 10.19 y 10.20).

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.

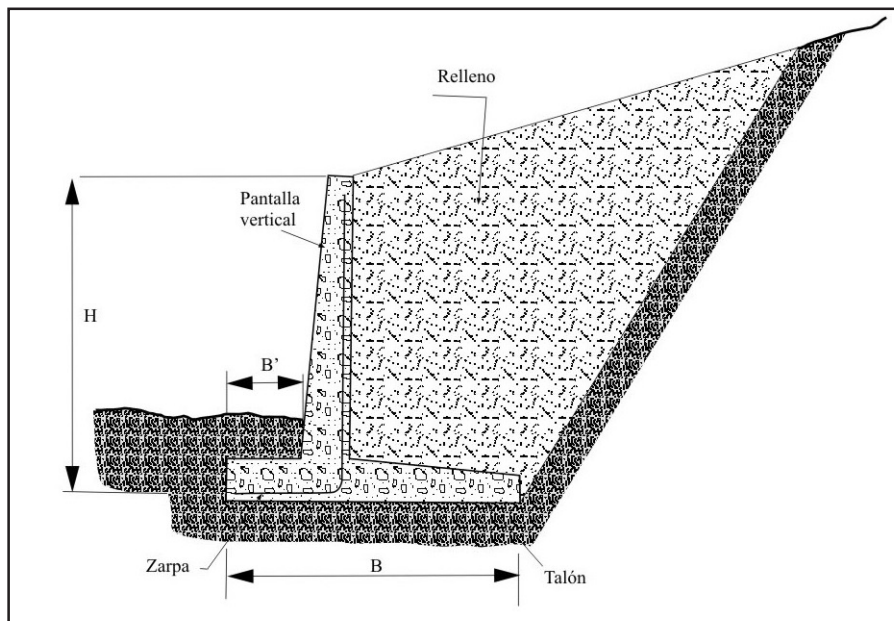


Figura 10.19 Muros en L (tomado de Ingemmet, 2000).

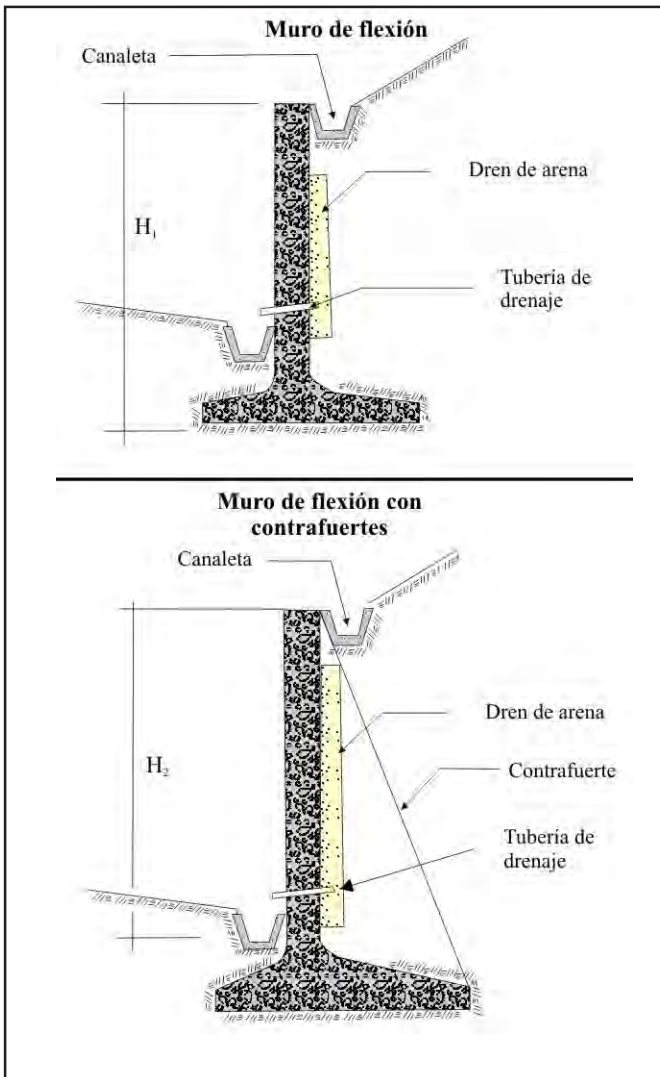


Figura 10.20 Muros de concreto armado tipo flexión (tomado de Ingemmet, 2000).

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 (ver figura 10.21).

Los muros de gaviones trabajan fundamentalmente por gravedad. Generalmente, se colocan en alturas bajas, aunque otras veces se sitúan 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:

- Son de 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 (ver figura 10.22) consisten en alineaciones de estos elementos. El espacio entre dos adyacentes es 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

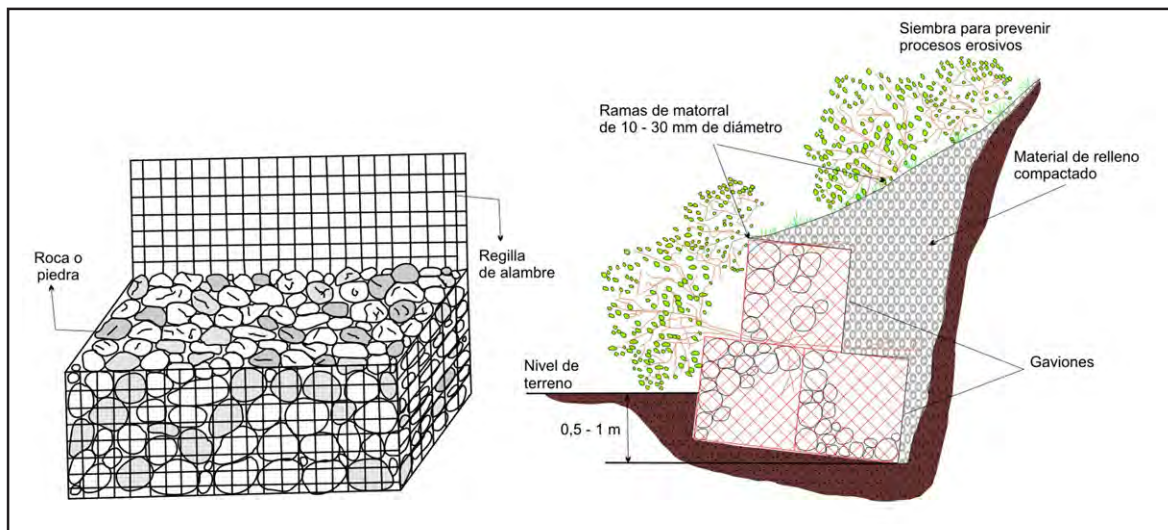


Figura 10.21 Muro de gavión.

muros de contención— requieren muy poca excavación. 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.

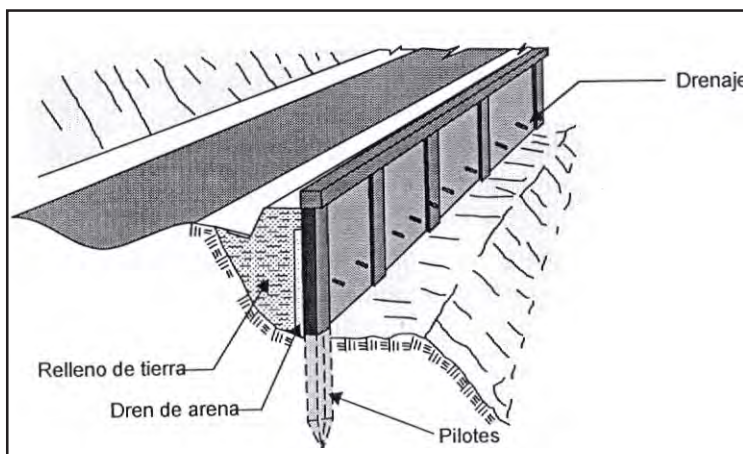


Figura 10.22 Ejemplo de muros con pilotes (tomado de Ingemmet, 2000).

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 cm 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 (ver figura 10.23). A diferencia de estas, los muros pantalla constituyen elementos continuos.

Como medida estabilizadora de taludes, tienen 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 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.

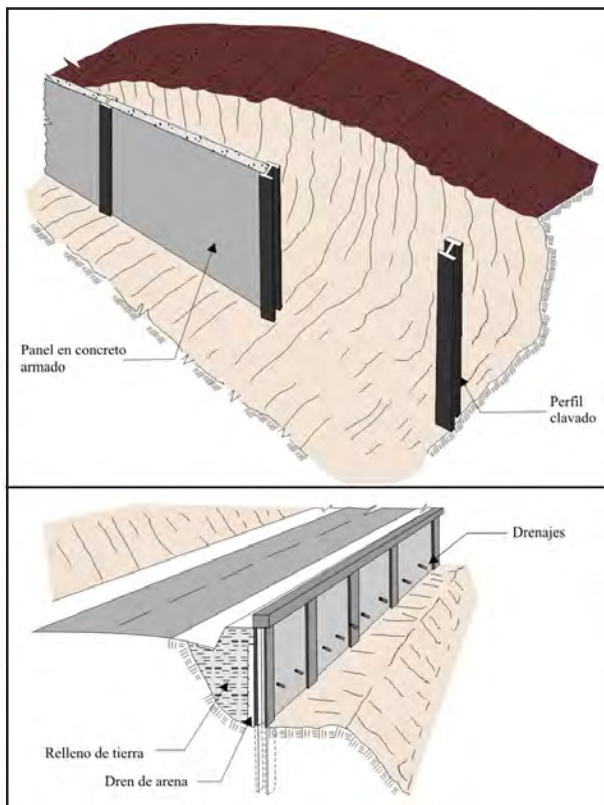


Figura 10.23 Ejemplo de muros de pantalla (tomado de Ingemmet, 2000).

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. 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 a 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, de tal manera que se privilegien 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; en cambio, 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. (ver figuras 10.24, 10.25, 10.26 y 10.27).
- Zanjas de infiltración articuladas de acuerdo con 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 (ver figuras 10.24 y 10.28). De esta manera, se aseguraría 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, deben contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzarán frente a 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. Asimismo, se debe evitar la quema de pajonales.
- Zanjas de infiltración articuladas de acuerdo con las condiciones climáticas de las cuencas.

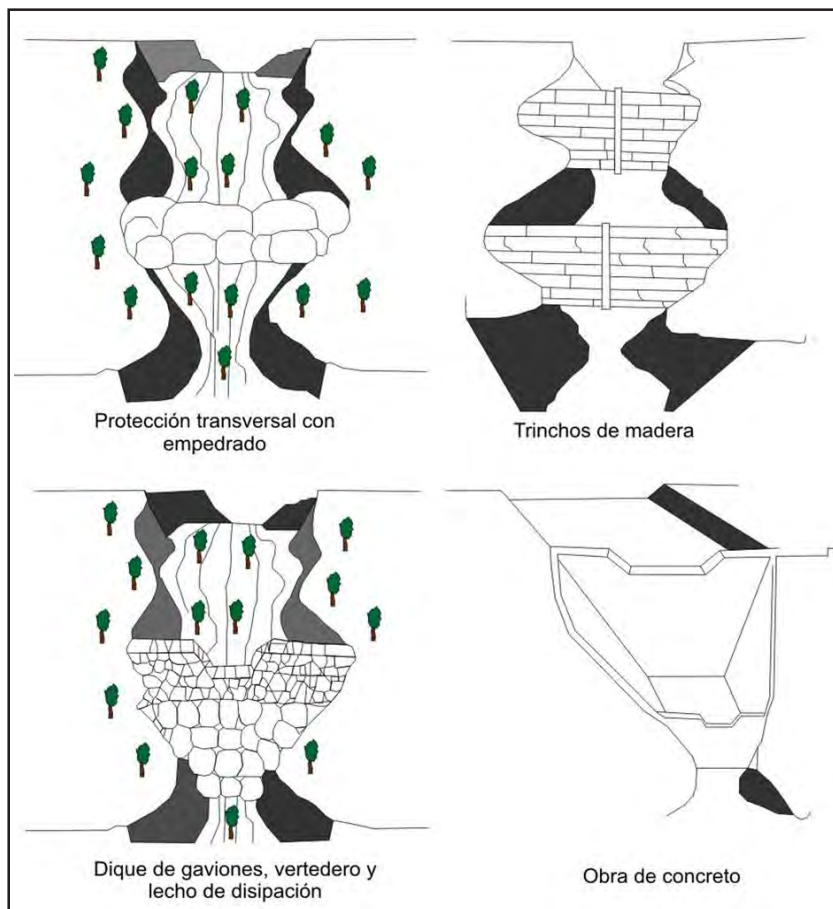


Figura 10.24 Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas.

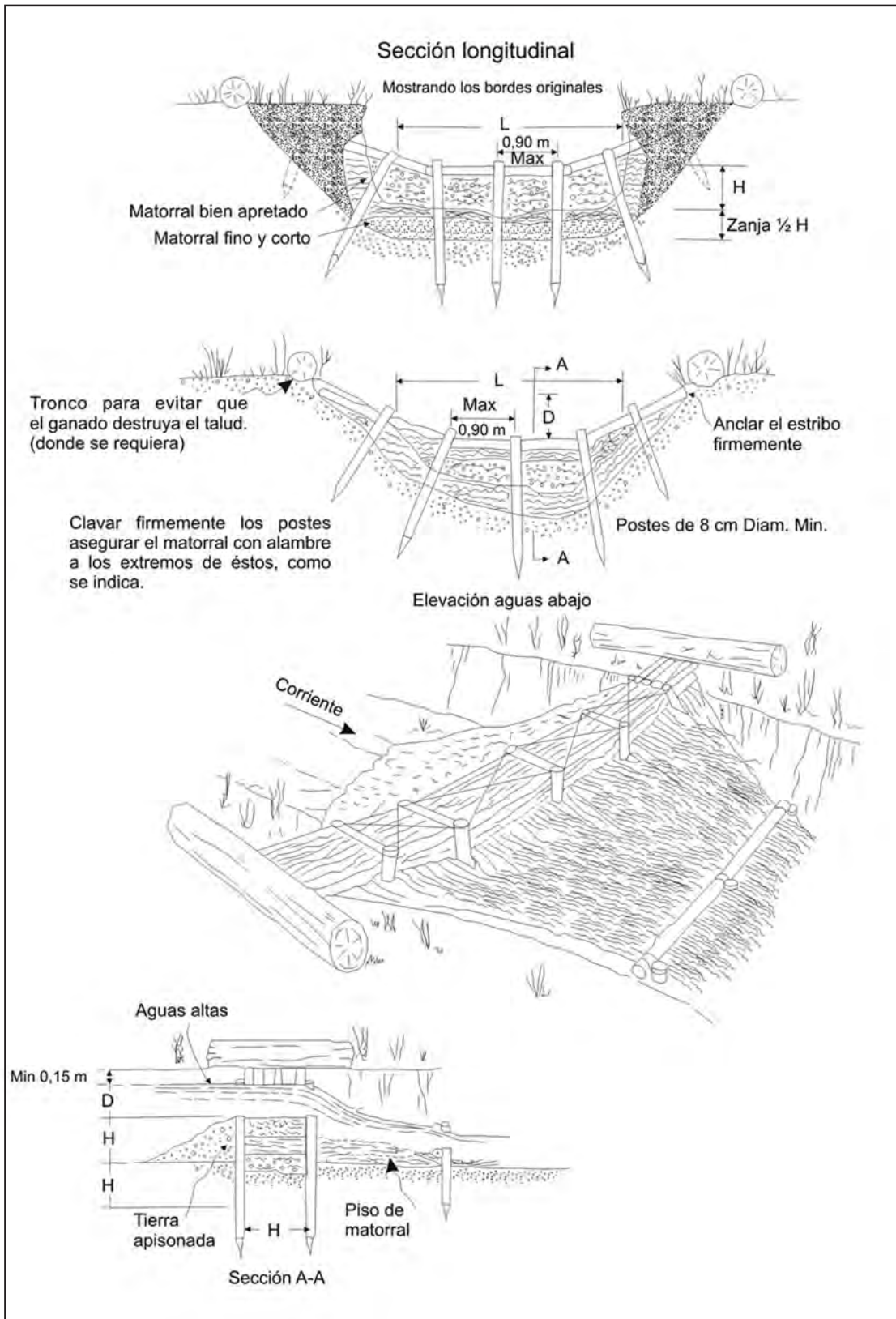


Figura 10.25 Trincho de matorral tipo doble hilera de postes (adaptado de Valderrama et ál., 1964).

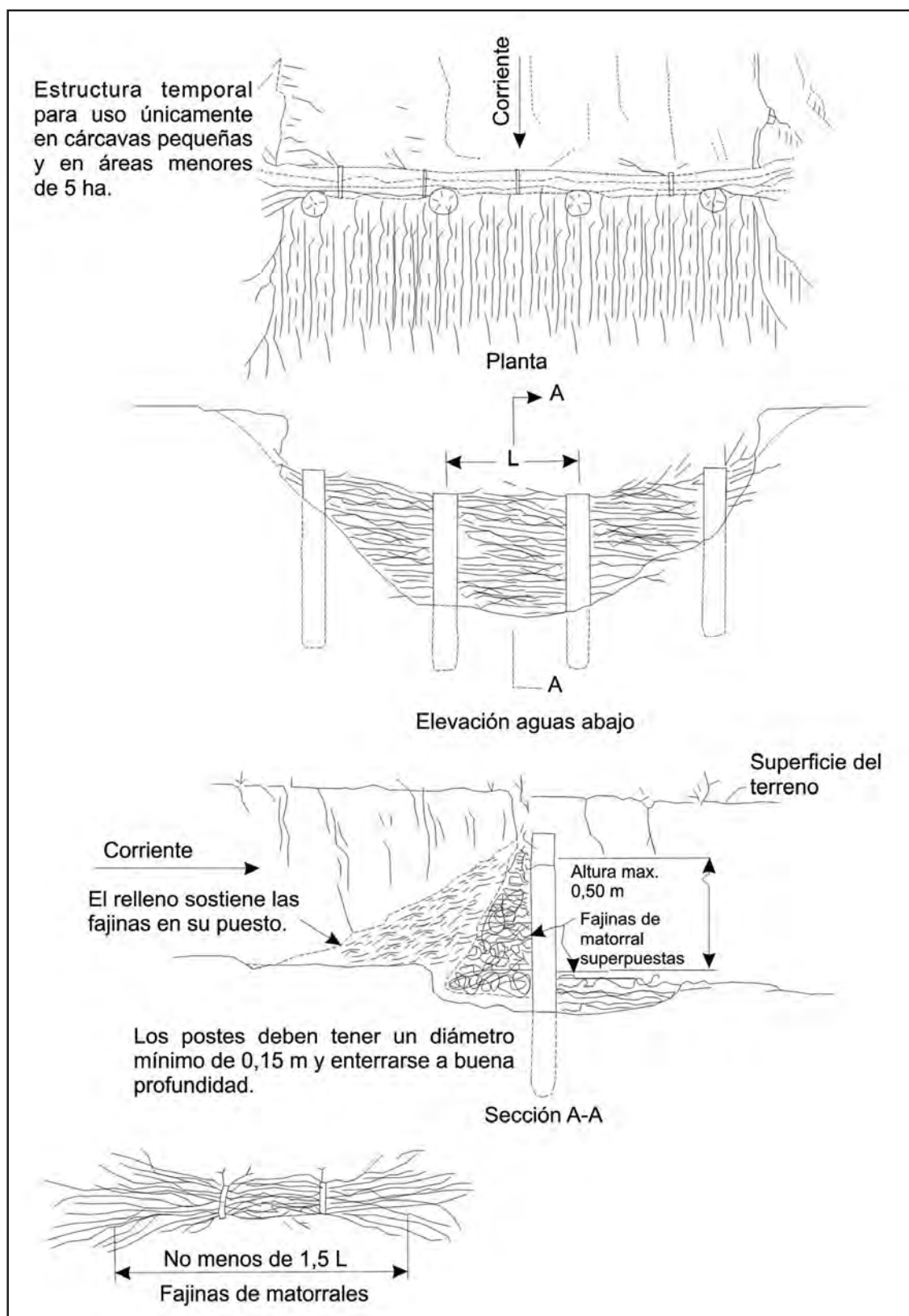


Figura 10.26 Trincho de matorral tipo una hilera de postes (adaptado de Valderrama et ál., 1964).

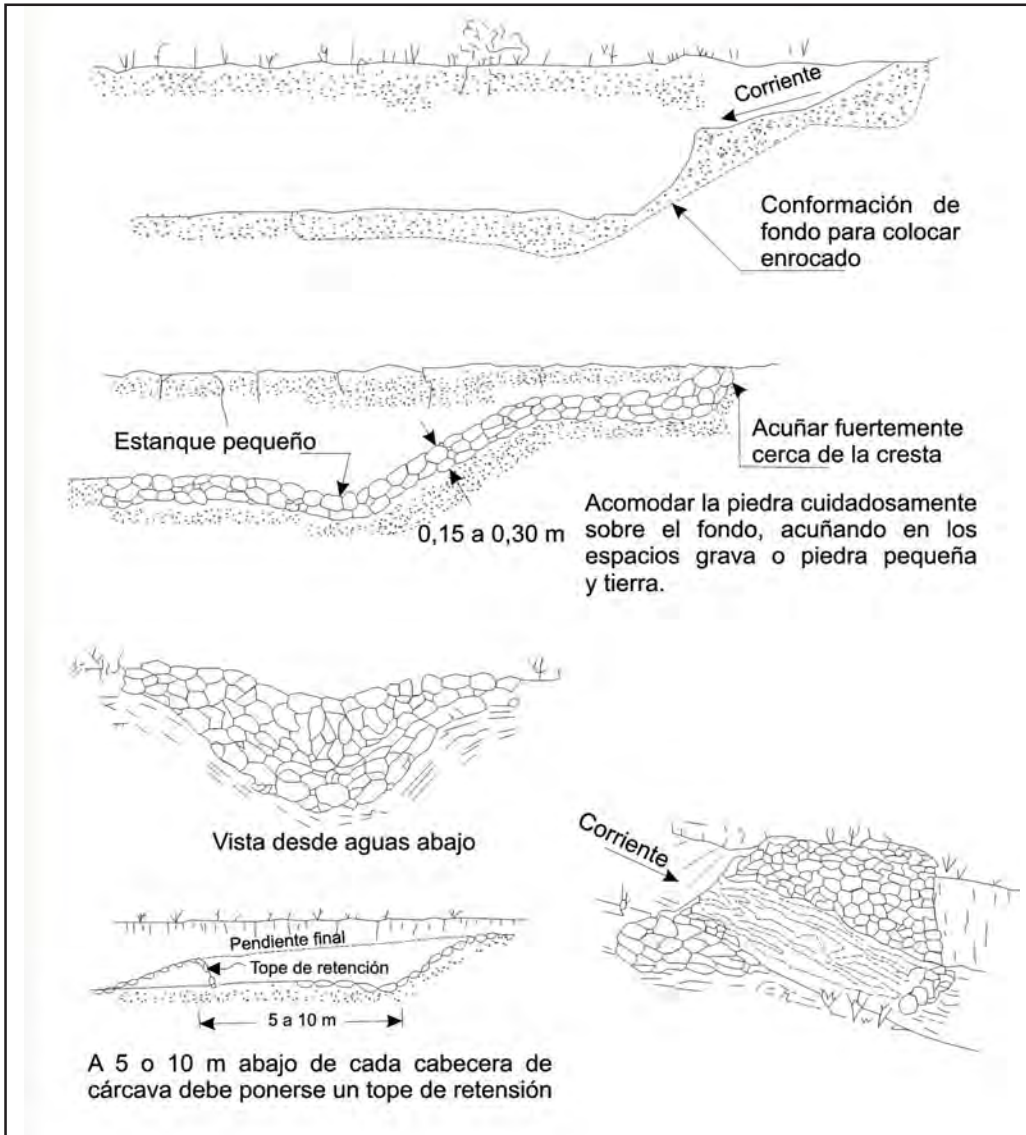


Figura 10.27 Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina (adaptado de Valderrama et al., 1964).

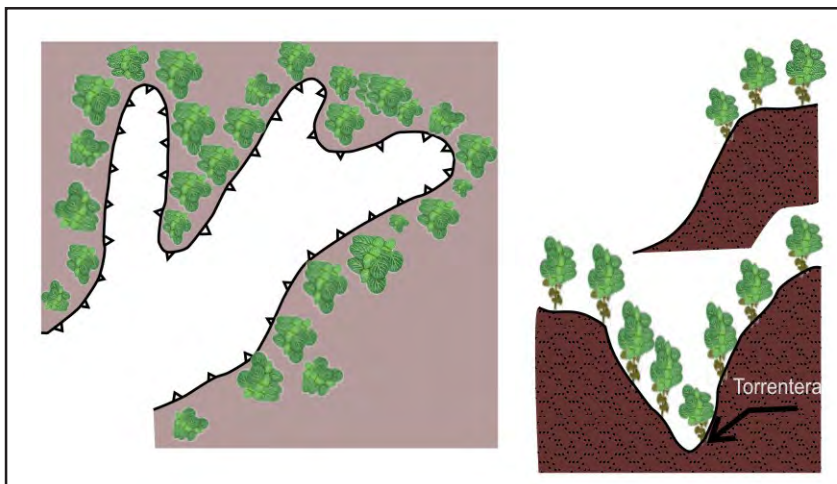


Figura 10.28 Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

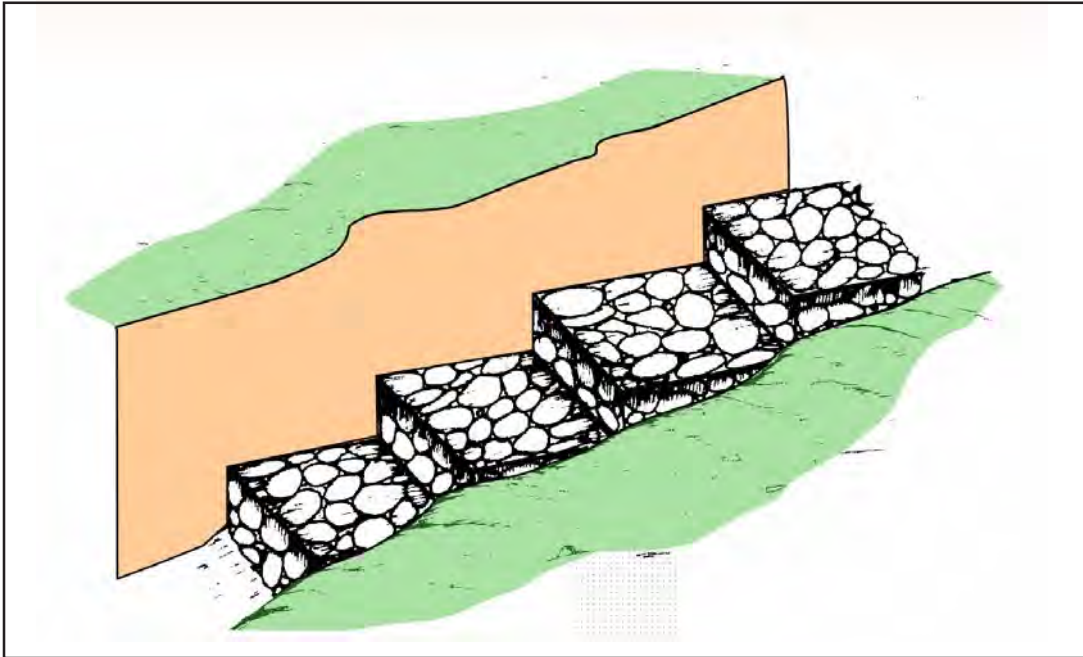


Figura 10.29 Protección del lecho de la quebrada con muros escalonados (andenes), utilizando bloques de roca o concreto armado.

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, dicho proceso ocurre 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:

- Respecto del manejo agrícola, se debe 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.
- 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, donde se producen deslizamientos, deben ser protegidos por medio de gaviones para evitar los efectos de los huaicos 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. La litología que aflora en la región La Libertad corresponde a rocas sedimentarias (26.84 %), volcánicas (19.39 %), volcánico-sedimentarias (4.42 %), intrusivas (16.19 %), metamórficas (7.58 %) y depósitos inconsolidados (25.58 %).
2. El trabajo de inventario permitió identificar 2653 ocurrencias principales de peligros geológicos y peligros geohidrológicos, de los cuales 899 han sido comprobados en trabajos de campo, mientras que los 1754 restantes por interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales. La mayor cantidad de ocurrencias corresponde a peligros geológicos por procesos de movimientos en masa (caídas, deslizamientos, flujos, movimientos complejos y reptación de suelos) con 87 %, seguidos por el grupo de otros peligros geológicos (arenamiento, erosión de ladera y erosión marina) con 11 % y finalmente los peligros geohidrológicos (inundación y erosión fluvial) con 2 %.
3. Según el análisis porcentual de ocurrencias a nivel de provincias de la región, se tiene lo siguiente: Pataz 23.2 %; Sánchez Carrión 14.8 %; Virú 14.4 %; Ascope 12.4 %; Santiago de Chuco 6.6 %; Otuzco 6.4 %; Gran Chimú 5.9 %; Bolívar 5.7 %; Trujillo 4.7 %; Chepén 3.7 %; Pacasmayo 2.1 %; y finalmente Julcán con 0.1 %.
4. La distribución porcentual de los peligros geológicos por procesos de movimientos en masa es como sigue: en primer lugar, están los flujos (56.1 %), seguidos por caídas, tales como desprendimientos de rocas y derrumbes (21.9 %), deslizamientos (15.4 %), movimientos complejos (4.2 %) y reptación de suelos (2.4 %).
5. Se han reconocido muchos «megaeventos» de deslizamientos y flujos de detritos antiguos. Como ejemplos, se puede citar al deslizamiento rotacional de Pias que represó el río Parcoy y formó la laguna Pias; deslizamiento-flujo que se ubica en sector de Bellavista, distrito de Chillia; flujo (avalancha de detritos) ubicado en el sector de Pampa Zapotal, distrito de Chao.
6. En el análisis de susceptibilidad a los movimientos en masa, el peso de los factores condicionantes considerados es el siguientes pendientes (35 %), litología (30 %), geomorfología (17 %), hidrogeología (10 %), y cobertura vegetal y uso de suelo (8 %). El mapa de susceptibilidad generado con apoyo del GI, nos muestra un alto y muy alto grado de susceptibilidad en la cuenca alta y media de los ríos Chamán, Jequetepeque, Chicama, Moche, Virú, Chao, Santa y Crisnejas y cuenca alta del río Huallaga. Los peligros geológicos inventariados que se ubican dentro de las zonas de muy alta y alta susceptibilidad a los movimientos en masa valida el mapa.
7. La alta susceptibilidad a inundaciones y erosiones fluviales corresponden a las llanuras de inundaciones (ocasional a excepcional) de los ríos principales de la vertiente Pacífica en las cuencas de los ríos Loco Chamán, Jequetepeque, Chicama-Chuquillanqui, Moche, Virú-Las Salinas-Huacapongo, Chao-Huamansaña-Huaraday y Santa. También son áreas de alta susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial las márgenes del río Marañón.
8. En la región La Libertad, se ha indentificado un total de 82 zonas críticas. La mayor cantidad de estas zonas se ubica en la provincia de Otuzco (19), seguida por las provincias de Chepén (11), Sánchez Carrión (11), Pataz (10), Virú (7), Gran Chimú (6), Santiago de Chuco (5), Ascope (4) y en las provincias de Pacasmayo, Trujillo y Bolívar con 3 zonas cada una.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, V. & Mendoza, D. (2002) - *Aproximación a un modelo de susceptibilidad a movimientos de masa en el eje cafetero, Colombia* (en línea). Tesis Ingeniero Civil, Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Cali, 214 p. (consulta 3 diciembre 2008). Disponible en: <<http://www.osso.org.co/docu/tesis/2002/aproximacion/tesisdividocfinal.pdf>>
- Alva, J.E.; Meneses, J. & Guzmán, V. (1984) - *Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú* (en línea). Ponencia presentada en el V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, 12-18 Noviembre de 1984. (consulta: 22 junio 2009). Disponible en: <http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/redacis/redacis17_a.pdf>
- 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.
- Atlas Geográfico, Económico y Cultural del Perú, t. 2: Lambayeque-La Libertad* (2009). Lima: Producciones Cantabria, 95 p.
- Bellier, O.; Macharé, J. & Sèbrier, M. (1989) - Extensión actual del nor-Perú: estudio de la falla activa de Chaquilbamba (norte del departamento de La Libertad - Perú). *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (80): 1-12.
- Bellier, O. & Sèbrier, M. (1990) - Late Cenozoic normal and strike-slip faulting in north Peruvian Western Cordillera: an example of alternate extensional and compressional tectonic regimes in high Andes. En: Symposium International «Géodynamique Andine». Grenoble, Mai, 1990. *Résumés des communications*. Paris: ORSTOM, p. 111-114.
- Bernal, I. & Tavera, 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.
- Cahill, T.A. & Isacks, B.L. (1991) - Seismicity and shape of the subducted Nazca plate. *Journal of Geophysical Research*, 97(B12): 17503-17529.
- Casaverde, 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.
- Corporación Andina de Fomento (2000) - *El fenómeno El Niño 1997 - 1998: Memoria, retos y soluciones. Volumen V: Perú*. (en línea). [s.l.]: CAF, 293 p. Prevención y Mitigación de Desastres Naturales, 5. (consulta: 06 enero 2009). Disponible en: <<http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc15910/doc15910.htm>>
- Cossio, A. (1964) - Geología de los cuadrángulos de Santiago de Chuco y Santa Rosa. *Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín* 8, 69 p.
- Cossio, A. & Jaén, H. (1967) - Geología de los cuadrángulos de Puemape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa. *Servicio de Geología y Minería, Boletín* 17, 141 p.
- Dávila, S.; Fidel, L.; Aniya, R.; Guzmán, A., González, M., et al. (1989) - Estudio geodinámico de la cuenca del río Santa (Departamentos: Ancash - La Libertad). *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 14B, 403 p.
- Dávila, S. (1994) - Estudio geodinámico de la cuenca del río Moche, Departamento de La Libertad. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 14A, 109 p.
- Dávila, S. & Valenzuela, G. (1997) - *Evaluación de la seguridad física del distrito de Sanagorán y Chugurbamba, Prov. Sánchez Carrión, Dpto. La Libertad*, informe inédito. Lima: INGEMMET, Dirección de Geotecnia, 22 p. (disponible A.T. INGEMMET, A5920).

- Díaz, G. (1995) - *Estudio geológico del Mesozoico en el norte del Perú, entre los departamentos de Piura, Lambayeque, La Libertad, Cajamarca, Amazonas y Ancash*. Tesis Ingeniero Geólogo, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 103 p.
- Díaz, G.; Milla, D.; Huayhua, J.; Montoya, A. & Castro, W. (1998) - Geología de los cuadrángulos de Tocache y Uchiza. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 126, 235 p.
- Doser, D.I. (1987) - The Ancash, Peru earthquake of 1946 November 10: evidence for low-angle normal faulting in the high Andes of northern Peru. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 91: 57-71.
- Duque, G. (2003) - *Manual de geología para ingenieros* (en línea). Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 487 p. (consulta: abril 2009). Disponible en: < <http://www.galeon.com/manualgeo/>>
- Ediciones PEISA (2004) - *Atlas regional del Perú, tomo 10: La Libertad*. Lima: Ediciones PEISA, 112 p.
- Feijoo de Sosa, M. (1984) - *Relación descriptiva de la ciudad y provincia de Truxillo del Perú, con noticias exactas de su estado político, según el real orden dirigido al excelentísimo señor virrey conde de Superunda*. Lima: Fondo del Libro. Edición facsimilar del original publicado en Madrid, 1763.
- Ferro, H. & Ortiz, G. (1974) - *Estudio geotécnico de la laguna de Pias (Depto. La Libertad, Prov. Pataz, Dist. Pias)*, informe inédito. Lima: Servicio de Geología y Minería, 26 p. (Disponible A.T. INGEMMET A1270).
- Fidel, L. & Olivares, P. (1994) - Estudio geodinámico de la cuenca del río Jequetepeque. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 10, 154 p.
- Fidel, L. & Zavala, B. (1997) - *Inspección ingeniero-geológica al área en peligro de ser afectada por el fenómeno de «El Niño» tramo Pativilca-Lambayeque*, informe inédito. Lima: INGEMMET, Dirección de Geotecnia, 9 p. 74 fotos. (disponible A.T. ingemmet A6181).
- Fidel, L. & Zavala, B. (2006) - Susceptibilidad a los movimientos en masa en la cuenca de la quebrada Hualanga, Pataz, La Libertad. En: Congreso Peruano de Geología, 13, Lima, 2006. *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 119-122.
- Hungr, O.; Evans, S.G.; Bovis, M.J. & Hutchinson, J.N. (2001) - A review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental & Engineering Geoscience*, 7(3): 221-238.
- 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: <<http://www.ideam.gov.co/publica/RíoMagdalena/geomagdalena2.pdf>>
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (1995) - *Guía explicativa del mapa forestal del Perú*. Lima: INRENA, 125 p.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2000) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N° 1. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 23, 330 p.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental (2005) - *Amenazas geológicas en las Cuencas Tingo y Hualanga (Distrito y Provincia de Pataz, Departamento de La Libertad)*: resumen ejecutivo, informe inédito. Lima: INGEMMET, 9 p.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (2006) - *Compendio estadístico de prevención y atención de desastres 2005*. Lima: INDECI, 512 p.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (2007) - *Compendio estadístico de prevención y atención de desastres 2006*. Lima: INDECI, 568 p.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2007) - *Sistema de consulta de resultados censales: cuadros estadísticos: La Libertad* (en línea). Lima: INEI. (consulta 9 Abril 2008). Disponible en: <<http://desa.inei.gob.pe/censos2007/tabulados/>>
- Jaén, H. (1963) - *Deslizamientos de tierras en el distrito de Uchumarca, Provincia de Bolívar, Departamento de La Libertad*, informe inédito. Lima: Instituto de Geología y Minería, 12 p. (disponible A.T. ingemmet A1272).
- Leureyro, J.; Macharé, J. & Sebrer, 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.
- Lockridge, P.A. (1985) - *Tsunamis in Perú–Chile*. Boulder, CO: World Data Center A for Solid Earth Geophysics, 97 p. Report SE-39.

- Macharé, J.; Robles, I.; Ramírez, I. & Cano, O. (2004) - Shonita, una nueva falla activa en la Cordillera Occidental del norte del Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 12, Lima, 2004, *Resúmenes extendidos*, Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 229-232.
- McGuire, R.K. (1976) - Fortran computer program for seismic risk analysis. *U.S. Geological Survey, Open-File Report 76-0067*, 90 p. También disponible en: <<http://pubs.er.usgs.gov/usgspubs/ofr/ofr7667>>
- Medina, J. (1991) - *Fenómenos geodinámicos: estudio y medidas de tratamiento*. Lima: Tecnología Intermedia ITDG, 87 p.
- Medina, L. (2009) - *Inspección técnica de peligros geológicos por movimientos en masa, provincias de Sánchez Carrión y Pataz, Región La Libertad: sectores Chamanacucho, Tayapampa, Retamas, Pataz, Collona y Sartimbamba*, informe inédito. Lima: INGEMMET, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, 43 p.
- Núñez, S. (2006) - *Seguridad física del relleno sanitario de desechos domésticos, Unidad Culebrillas, Compañía Minera Aurífera Real Aventura (Distrito Parcoy, Provincia Pataz, Departamento La Libertad)*, informe inédito. Lima: INGEMMET, 24 p. (disponible A.T. ingemmetA6501).
- Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (1976) - Mapa ecológico del Perú a escala 1:1.000.000: guía explicativa. ONERN, Lima, 146 p.
- Perú: Ministerio de Energía y Minas (2001) - Centrales hidroeléctricas. En: Perú. Ministerio de Energía y Minas. *Atlas de minería y energía en el Perú* (en línea). Lima: MINEM. (consulta: 9 Abril 2008). Disponible en: <http://intranet2.minem.gob.pe/web/archivos/ogp/publicaciones/atlasmineriaenergia2001/electricidad/centrales_hidroelectricas.pdf>
- Perú. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2006) - *Mapa Vial: La Libertad* (en línea). Lima: MTC, Oficina General de Planeamiento y Presupuesto. (consulta: 16 Junio 2008). Disponible en: <http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/red_vial/dptos/LaLibertad_3v.pdf>
- Perú. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008) - *Aeródromos autorizados en el Departamento de La Libertad* (en línea). Lima: MTC, Dirección General de Aeronáutica Civil. (consulta: 16 Junio 2008). Disponible en: <http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/aereo/infraestructura/docs/html/la_libertad.htm>
- 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.
- Reyes, L. (1980) - Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 31, 75 p.
- Robinson, E.S. (1990) - *Geología física básica*. México DF: Editorial Limusa, 699 p.
- 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.
- Sánchez, J.; Álvarez, D. & Lagos, A. (1998) - Geología de los cuadrángulos de Juscusbamba y Pólvara, hojas: 16-i y 16-j. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 119, 261 p.
- Schwartz, D.P. (1988) - Paleoseismicity and neotectonics of the Cordillera Blanca fault zone, northern Peruvian Andes. *Journal of Geophysical Research*, 93(B5): 4712-4730.
- Sébrier, M.; Huamán, D.; Blanc, J.L.; Macharé, J. Bonnot, D. & Cabrera, J. (1982) - *Observaciones acerca de la neotectónica del Perú*. Lima: Instituto Geofísico del Perú, 107 p.
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (2008) - *Zonas reservadas. Conceptos* (en línea). Lima: SINANPE. (consulta: 16 Junio 2008). Disponible en: <<http://www.sernanp.gob.pe/sernanp/>>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (2008) - *Evaluación hidrometeorológica de la Dirección Regional de Cajamarca* (en línea). Lima: SENAMHI. (consulta 21 enero 2008). Disponible en: <<http://www.senamhi.gob.pe/?p=1203>>
- Silgado, E. (1951) - The Ancash Earthquake of November 10, 1946. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 41(2): 83-99.
- 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, D.C.: Transportation Research Board, National Research Council, p. 129-177, Special Report 247.
- Sotomayor, C. (1976) - *Fenómenos geodinámicos de remoción de masas en el área de Condormarca*, informe inédito (en línea). Lima: Instituto de Geología y Minería, 13 p. (consulta: 27 noviembre 2008). Disponible en: <<http://www.ingemmet.gob.pe>>
- Spann, H.J. (1946) - *Informe sobre la inspección del cerro Cacañán en las alturas de Sitabamba*, informe inédito (en línea). Lima: Instituto Geológico del Perú, 4 p. (consulta: 27 noviembre 2008). Disponible en: <<http://www.ingemmet.gob.pe>>
- 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. (2001) - Source mechanism of earthquakes in Peru. *Journal of Seismology*, 5(4): 519-539.
- UNESCO; ITC; Universidad Tecnológica de Delft; Universidad de Utrecht; CEPREDENAC & República Dominicana. Dirección de Información Ambiental y de Recursos Naturales (2000) - Desarrollo de una metodología para la identificación de amenazas y riesgos a deslizamientos en la cuenca del río San Juan, República Dominicana. [s.l.]: Plan de Acción Regional para Centro América – PARCA, 41 p. También disponible en: <<http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc15074/doc15074-contenido.pdf>>
- 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.
- Vilchez, M.; Chira, J.; Villacorta, S.; Peña, F. & Pari, W. (2007) - Estudio geoambiental de la cuenca de los ríos Jequetepeque y Loco de Chaman. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 36, 294 p.
- 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. & Reyes, L. (1964) - Geología del cuadrángulo de Pataz. *Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín 9*, 91 p.
- Wilson, J.J.; Reyes, L. & Garayar, J. (1967) - Geología de los cuadrángulos de Mollebamba, Tayabamba, Huaylas, Pomabamba, Carhuaz y Huari. *Servicio de Geología y Minería, Boletín 16*, 95 p.
- Wilson, J.J. (1984) - Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepén. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 38, 104 p.
- Wilson, J.J.; Reyes, L. & Garayar, J. (1995) - Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. Actualizado por la Dirección de la Carta Geológica Nacional. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 60, 79 p.
- 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. & Vilchez, M. (2003) - *Peligros geológicos en el área de Tayabamba-Huayllillas-Buldibuyo (Prov. Pataz – Región La Libertad)*, informe inédito (en línea). Lima: INGEMMET, Dirección de Geología Ambiental, 32 p. (consulta: noviembre 2008). Disponible en: <http://www.ingemmet.gob.pe/index_biblioteca.htm>
- Zavala, B. & Medina, L. (2006) - *Reconocimiento geológico y geodinámico de la cuenca del Laclambay (Distrito de Sayapullo, Provincia Gran Chimú, Departamento La Libertad)*, informe inédito. Lima: INGEMMET, Dirección de Geología Ambiental, 115 p.
- Zavala, B. & Vilchez, M. (2006) – Estudio de riesgos geológicos en la Región Huánuco. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 34, 174 p.
- Zavala, B. & Vilchez, M. (2007) -Deslizamiento-flujo de detritos de Auyos y Asia, Pataz, Perú. En: Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, 4, p. 249-254.

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 movimientos complejos

Anexo V Principales áreas afectadas por reptación de suelos

Anexo VI Principales áreas afectadas por erosión fluvial

Anexo VII Principales áreas susceptibles a inundación

Anexo VIII Principales áreas afectadas por arenamiento

Anexo IX Principales áreas afectadas por erosión de ladera

Anexo X Principales áreas afectadas por erosión de marina

ANEXO I
Principales áreas afectadas por caídas

Paraje o sector / distrito / provincia / Código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Flaco chico, Guadalupe, Chepén, 105631133 (*)	Naturaleza del suelo, material de remoción susceptible y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica eólica.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Medio Media Riesgo estimado = Medio	Derrumbe en acantilado de 15-20 m de altura por sectores en un tramo de 1,5 km, forma de arranque irregular.	Afectaría de 1 a 2 viviendas y camino rural.
Nueva Esperanza, Guadalupe, Chepén, 95621012 (*)	Material de remoción antiguo, naturaleza del suelo y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica eólica.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Medio Media Riesgo estimado = Medio	Derrumbes en acantilado, con zona de arranque irregular por sectores en un tramo de 1,5 km.	Podría afectar de 6 a 7 viviendas y camino rural.
Cerro Los Baños, Lucma, Gran Chimú, 115511115	Las posibles causas son las siguientes: sustrato de mala calidad, rocas muy fracturadas, orientación desfavorable de discontinuidades, pendiente del terreno, escasez de vegetación, socavamiento del pie de talud, sismos, corte de talud para construcción de carretera.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Medio Media Riesgo estimado = Medio	Presenta erosión en cárcavas y erosión fluvial en la parte inferior de la microcuenca (margen izquierda del río San Jorge). Zona de derrumbes en talud superior de carretera. Durante el fenómeno El Niño, la carretera fue afectada aproximadamente 200 m y la destruyó por completo.	Afecta tramo de 200 m de carretera.
Plaza Pampa (Carretera Trujillo-Otuzco), Salpo, Otuzco, 115521041	Las posibles causas son las siguientes: sustrato de mala calidad, material de remoción antiguo, pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, infiltración de agua subterránea, corte de talud para construcción de carretera, deforestación de laderas, mal sistema de riego.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Medio Media Riesgo estimado = Medio	En el sector, existe un deslizamiento rotacional activo cuya longitud de escarpa es de 200 m aproximadamente. En la masa deslizada, ocurren pequeños deslizamientos o reactivaciones y derrumbes. En la zona, también ocurren derrumbes y caídas de rocas en tramos discontinuos en una longitud de arranque de 500 m.	El 5 de septiembre de 2008, afectó la carretera Trujillo-Otuzco; paralizó el tránsito durante más de 12 horas. La causa fue la ocurrencia de un deslizamiento de 15 metros de longitud de escarpa. Puede afectar viviendas ubicadas al pie del deslizamiento.
Carretera La Cuesta-Paraday, Paraday, Otuzco, 115521057	Las posibles causas son las siguientes: rocas muy fracturadas, orientación desfavorable de discontinuidades, pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, sismos, corte de talud para construcción de carretera.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Media Riesgo estimado = Medio	Derrumbe en talud superior de carretera La Cuesta-Paraday con presencia de bloques menores de 2 m de diámetros suspendidos en ladera. Longitud de zona de arranque de 200 m y 600 m de altura.	Podría afectar carretera.
Quebrada Suro, Usquil, Otuzco, 125541152	Las causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), alternancia de roca de diferente competencia, material de remoción antiguo, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, infiltraciones de agua, deforestación de laderas, mal sistema de riego.	Grado de peligro = Muy alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Muy alto	Derrumbe reactivado en la margen izquierda de la quebrada Suro. Forma taludes de detritos. Encima de la zona de arranque, a unos 400 m, se encuentra la laguna Lucmacocha, la cual genera infiltraciones.	Podría afectar a los poblados que se encuentran aguas abajo.

Paraje o sector / distrito / provincia / código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Quebrada Lirios y Sienegos, Huaranchal, Otuzco, 125541155	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, infiltraciones de agua.	Grado de peligro = Bajo Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Bajo	Derrumbes en un tramo de 100 m, caída constante de rocas sueltas; talud de corte inapropiado. Cauces de torrenteras actualmente secas por donde discurren huacos excepcionales.	Afecta aproximadamente tramo de 100 m de carretera afirmada a Huaranchal. Puede ocasionar accidente.
Antacolpa, Tayabamba, Pataz, 145431059	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad, rocas muy fracturadas, pendiente del terreno, corte de talud para construcción de carretera.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	En talud rocoso inestable, se observan bloques aislados de roca hasta 2 m de diámetro. La zona afectada tiene una longitud estimada de 500 m y 50 m de altura.	Podría afectar un tramo de carretera.
Km 21+900 de la carretera Taurija, Tayabamba, Pataz, 145431068	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, corte de talud para construcción de carretera.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Presencia de bloques aislados de hasta 1,5 m de diámetro. Talud rocoso fracturado generado por corte de talud para construcción de carretera, con 800 m de longitud y 400 m de altura, discontinua.	Afecta carretera.
Margen derecha del río San Miguel, Pias, Pataz, 135521024	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), rocas muy fracturadas, orientación desfavorable de discontinuidades, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, corte de talud para construcción de carretera.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Derrumbe en talud superior de carretera. Talud rocoso fracturado, generado por corte para construcción de carretera, con una longitud de 400 m y 300 m de altura, con presencia de bloques aislados menor a 1 m de diámetro.	Podría afectar carretera de acceso Huamachuco-Tayabamba.
A 3 km de Urpay, Urpay, Pataz, 145431070	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), rocas muy fracturadas, material de remoción antiguo, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, corte de talud para construcción de carretera.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Derrumbe en talud superior de carretera. Talud rocoso fracturado generado por corte de talud para construcción de carretera, irregular y discontinuo, con 700 m de longitud, 50 m de altura; presenta canchales.	Afecta carretera. En el año 1993, provocó la muerte de 9 personas.
Carretera Liacuabamba - Retamas, Parcoy, Pataz, 145441081	Las posibles causas naturales son las siguientes: alternancia de rocas de diferente competencia, naturaleza del suelo, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, infiltraciones de agua.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Presenta caída de rocas y derrumbes en la margen izquierda de la quebrada Liacuabamba. La longitud de arranque es irregular; mide 600 m con altura de 100 m. Se observa acumulación de detritos en forma de canchales, compuestos por fragmentos de rocas menores a 0.1 m de diámetro.	Afecta carretera de acceso a la capital de la provincia de Tayabamba y localidades circundantes.

Paraje o sector / distrito / provincia / código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Adaumas, Sanagorán, Sánchez Carrión, 125511060	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), alternancia de rocas de diferente competencia, orientación desfavorable de discontinuidades, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, corte de talud para construcción de carretera.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alto Riesgo estimado = Alto	El área es susceptible a la ocurrencia de derrumbes, deslizamientos y flujos (movimientos complejos). La pendiente del talud supera los 40°. Existen viviendas construidas en antiguo depósito de flujo.	La posible ocurrencia de flujo podría afectar a 7 viviendas. Los derrumbes podrían afectar a la carretera de acceso a los caseríos de Conaica y Adaumas.
Yurac, Sanagorán, Sánchez Carrión, 125511068	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), alternancia de rocas de diferente competencia, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Bajo Riesgo estimado = Bajo	Derrumbe en la margen derecha de la quebrada Chuquibamba. Genera pequeños flujos de detritos. El talud donde se producen los derrumbes es rocoso y fracturado. La escarpa de derrumbe es irregular y discontinua, con 300 m de longitud y 100 m de alto. Forma taludes de detritos.	Podría afectar terrenos de cultivo. Los flujos que se generen en el lugar podrían llegar hasta el poblado de Sanagorán.
Cerro El Toro, Huamachuco, Sánchez Carrión, 125521116	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, deforestación de laderas, cortes de talud para la actividad minera.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Muy alto Riesgo estimado = Muy alto	Área susceptible a derrumbes y a procesos de erosión fluvial. En la zona, se podrían generar flujos.	Pueden afectar terrenos de cultivo, actividades mineras y algunas viviendas.
Quebrada La Colpa, Huamachuco, Sánchez Carrión, 125521117	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), alternancia de rocas de diferente competencia, orientación desfavorable de discontinuidades, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, infiltraciones de agua y corte de talud para construcción de carretera.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Medio Riesgo estimado = Medio	El área es afectada por proceso de erosión en cárcavas. Es susceptible a caída de rocas. Se observan taludes de detritos y la ocurrencia de pequeños flujos. Para estabilizar la zona, se han construido alcantarillas y muros de gaviones en talud inferior de carretera.	Afecta la plataforma de la carretera afirmada.
Km 25 (carretera Huamachuco-Trujillo), Huamachuco, Sánchez Carrión, 125521121	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), precipitaciones pluviales intensas, alternancia de rocas de diferente competencia, deforestación de ladera, pendiente del terreno y corte de talud para construcción de carretera.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Medio Riesgo estimado = Medio	Derrumbe, deslizamientos con escarpa de arranque irregular por sectores ocurren en un tramo de 1000 m.	Afecta la plataforma de la carretera asfaltada Trujillo-Huamachuco.

Paraje o sector / distrito / provincia / código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Quebrada Chivo (sector Potrerillo), carretera Huamachuco- Yanasara, Curgos, Sánchez Carrión, 135531108	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), alternancia de rocas de diferente competencia, orientación desfavorable de discontinuidades, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, infiltraciones de agua, corte de talud para construcción de carretera, deforestación de laderas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alto Riesgo estimado = Alto	En la quebrada Chivo, conocida por los pobladores de la zona como Potrerillo, ocurren derrumbes, caída de rocas, flujos de lodo y procesos de erosión de ladera (cárcava). Estos eventos, cuando se activan, impiden el paso normal de las unidades vehiculares y de personal.	Afecta la carretera de acceso único a la provincia de Pataz.
Cerro Uruschugo, Sarín, Sánchez Carrión, 135531119	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), material de remoción antiguo, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, ausencia de vegetación, corte de talud para construcción de carretera.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alto Riesgo estimado = Alto	Zona de derrumbes en talud superior de carretera Curgos-Sarín (margen izquierda del río Sarín). Derrumbe en roca y suelo generado por corte de talud para construcción de carretera, con una longitud de 3500 m y una altura de 150 m. Forma taludes de detritos.	Afecta carretera y postes de luz.
A 200 m de Huayobal, Sitabamba, Santiago de Chuco, 135521129	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente del terreno, naturaleza del suelo incompetente, precipitaciones pluviales intensas, deforestación de ladera.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alto Riesgo estimado = Alto	Derrumbe-flujo en la margen izquierda del río San Sebastián. Talud rocoso inestable muy fracturado, con una longitud de arranque estimada de 450 m, y desnivel entre la escarpa y el pie del flujo de 1750 m.	Podría afectar terrenos de cultivo y viviendas del poblado de Huayobal.
Cerro Oreja, Chao, Virú, 115441061	Las posibles causas son las siguientes: rocas muy fracturadas, orientación desfavorable de discontinuidades, pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, sismos.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Medio Riesgo estimado = Medio	En caso de sismo, podría afectar canal del proyecto Chavimochic.	Podría afectar tramo de carretera y canal del proyecto Chavimochic.
Margen derecha del río Pursulate, Chao, Virú, 115421005	Las posibles causas naturales son las siguientes: alternancia de rocas muy fracturadas, precipitaciones pluviales intensas, orientación desfavorable de discontinuidades, pendiente del terreno, sismicidad y corte de talud para construcción de carretera, lluvias excepcionales.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Medio Riesgo estimado = Medio	Derrumbe en la margen derecha del río Pursulate. Ocurre excepcionalmente en talud rocoso fracturado de 300 m de longitud y 300 m de altura. Se observan canchales de detritos y bloques suspendidos en talud superior de carretera Buena Vista-Pie, km 6+800.	Afecta tramo de 1000 m de carretera Buena Vista -Pie.

(*) Información tomada de Vilchez et al., 2007.

ANEXO II
Principales áreas afectadas por deslizamientos

Paraje o sector / distrito / provincia / código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
El Alizo, Usquil, Otuzco, 125531148	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), material de remoción antiguo, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, infiltraciones de agua, deforestación de laderas, mal sistema de riego.	Grado de peligro = Muy Alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	Deslizamiento rotacional activo, cuya longitud de escarpa mide aproximadamente 250 m. El salto de escarpa visible es de 20 m, y la longitud entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 270 m. La masa de la deslizada, en caso de saturarse de aguas pluviales, podría convertirse en flujo y afectar a las viviendas y cultivos del caserío Pampa Verde. Las rocas existentes en la zona pertenecen a la Formación Santa, compuestas por lutitas intercaladas con capas delgadas de caliza, y a la Formación Chimú, compuestas de cuarcitas y areniscas con intercalaciones de lutitas. Estas formaciones geológicas, en la zona, están cubiertas por cultivos y pastos naturales.	Afectó trocha carrozable. Si el deslizamiento se convierte en flujo, podría afectar a 23 viviendas del caserío Pampa Verde y tierras de cultivo.
Hualanga, Chugay, Sánchez Carrión, 135531013	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), alternancia de rocas de diferente competencia, material de remoción antiguo y pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, infiltraciones de agua.	Grado de peligro = Muy Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Muy alto	Deslizamiento antiguo reactivado, con una longitud de escarpa de 800 m y un desnivel de 250 m, salto principal de 20 m. Se observan bloques de hasta 2 m de diámetro (clastos de intrusivos y sedimentarios). Presenta grietas longitudinales y transversales. En el cuerpo, presenta reactivaciones y filtraciones. Podría afectar 5 viviendas ubicadas debajo de la escarpa. Los árboles de eucaliptos se encuentran torcidos y ligeramente inclinados.	Podría afectar 15 viviendas y terrenos de cultivo.
Auyos-Asia, Buldibuyo, Pataz, 145441046	Las posibles causas naturales son las siguientes: alternancia de rocas de diferente competencia, material de remoción antiguo, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Muy Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Muy alto	Ocurrió el 5 de julio de 2003. La geometría del movimiento en masa es semicircular, estrecho en la zona de arranque y se abre en sus dos extremos. La escarpa principal es irregular con un salto de 25-35 m de altura. La parte media (lado izquierdo) se presenta escalonada con alternancia de pendientes suaves a moderadas (15° a 35°), y es la que ha sufrido mayor remoción y, a la vez, flujo de material saturado en cuyo pie forma un abanico principal de pendiente suave; se estima un desplazamiento máximo de 600 m - 700 m desde su ápice en la parte media-inferior, así como subsiguientes flujos menores, cuyo pie embalsó inicialmente una longitud estimada de 600 m de longitud frente a Tollos. En el lado izquierdo del proceso de remoción, se diferencia una escarpa secundaria irregular a semicircular, con un salto de 10 m-15 m, saltos secundarios, escalonados e irregulares y un terreno bastante agrietado y removido con una pendiente de 25° -30° en forma triangular, estimándose un corrimiento de hasta 300 m y una longitud de embalse similar. Fuente: Zavala y Vilchez, 2003.	Afectaría a los sectores de Tollos, Puente Las Naranjas y viviendas ubicadas aguas abajo, cercanas y al pie del cauce del río Buldibuyo. Se incluye también el área inferior a la escarpa antigua del deslizamiento en la porción que aún no se ha deslizado. Afectó el paso por la carretera Buldibuyo- Tayabamba.

Paraje o sector / distrito / provincia / código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Caserío Carrizal, Simbal, Trujillo, 115531045	Las posibles causas son las siguientes: material de remoción antiguo, pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Deslizamiento antiguo con depósito de flujo, bloques de 1m a 2 m de diámetro. Podría afectar terrenos de cultivo.	Puede afectar terrenos de cultivo.
Huayfío, Huamachuco, Sánchez Carrión, 125511086	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), alternancia de rocas de diferente competencia, orientación desfavorable de discontinuidades, material de remoción en masa, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, socavamiento en el talud.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento activo. Afecta tramo de carretera en la margen derecha del río Condebamba. Presenta agrietamientos longitudinales en el cuerpo y agrietamientos transversales por encima de la escarpa. Escarpa de forma semicircular, de 150 m de longitud y 200 m de desnivel. Ocurrió en abril de 2008.	Afecta tramo de carretera.
Cerro Shaucalle, Sanagorán, Sánchez Carrión, 125521107	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Escarpa de 400 m de longitud y 200 m de desnivel. Presenta un salto principal de 60 m.	Afecta tramo de carretera.
Cerro Shiloma, Sanagorán, Sánchez Carrión, 125521109	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), material de remoción antiguo, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, cárcavas, deforestación de laderas, mal sistema de riego.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Deslizamiento rotacional activo, irregular, discontinuo, con 450 m de longitud y 350 m de desnivel. Presenta agrietamientos longitudinales.	Afectaría terrenos de cultivo.
Rumuro, Usquil, Otuzco, 125531134	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), material de remoción antiguo, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, infiltraciones de agua, corte de talud para construcción de carretera.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Afectó tramo de carretera Usquil-Capachique. Se llevó tubería de agua y afectó terrenos de cultivo. Dos noches antes en la zona, se presentaron lluvias intensas. También se observaron bloques aislados antiguos de 1,5 m de diámetro.	Afectó terrenos de cultivo, tramo de carretera Usquil-Capachique.
Chillia, Chillia, Pataz, 135411078	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción antiguo, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, infiltraciones de agua, ocupación inadecuada del suelo, mal sistema de riego y ausencia de vegetación.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento antiguo de escarpas múltiples, ubicado en la margen derecha de la quebrada Llapshapallanga. En el pie del deslizamiento, se presentan replacaciones de suelo. La población de Chillia se encuentra asentada sobre el cuerpo del deslizamiento antes mencionado. También se han observado reactivaciones dentro de la masa deslizada. Según los pobladores, esto sucede desde hace 10 años aproximadamente. La litología del área está compuesta por rocas metamórficas y sedimentarias intensamente meteorizadas.	Afectó 3 has de terrenos de cultivo y 10 viviendas. En caso de reactivarse toda el área del deslizamiento, podría afectar a las viviendas del poblado de Chillia.

Paraje o sector / distrito / provincia / inventario Código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Laguna Pias, Pias, Pataz, 135521034	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), alternancia de rocas de diferente competencia, rocas muy fracturadas, material de remoción antiguo, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, dinámica fluvial.	Grado de peligro = Muy Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Muy alto	Deslizamiento antiguo de escarpa única. Represó el cauce del río Parcoy y formó la laguna Pias. La longitud del deslizamiento mide aproximadamente 2300 m, y el desnivel entre la escarpa y el pie es de 1085 m. En la escarpa principal del deslizamiento, se observan erosión en surcos y las ocurrencias de pequeños flujos y derrumbes. En la masa deslizada, se observa la ocurrencia de un deslizamiento, el mismo que es afectado por procesos de erosión fluvial.	En caso del romperse el dique natural (formado por el deslizamiento), podría afectar a los poblados que se ubican aguas abajo.
Llaupa, Pias, Pataz, 135521039	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), precipitaciones pluviales intensas, material de remoción antiguo, infiltraciones de agua.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Deslizamiento rotacional antiguo con reactivaciones en el pie. En la masa deslizada, se han asentado 30 viviendas. A los costados del deslizamiento, se observan derrumbes que afectan a la carretera. La litología que aflora en la zona corresponde a areniscas intercaladas con lodolitas.	En caso de reactivarse el deslizamiento, podría afectar aproximadamente 30 viviendas, carretera de acceso a la capital de la provincia de Pataz (Tayabamba) y terrenos de cultivo.
Cerro La Colpa, Pataz, 135521055	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo, alternancia de rocas de diferente competencia, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Deslizamiento rotacional activo de escarpa irregular. La longitud de la escarpa mide aproximadamente 150 m, y el desnivel entre la escarpa y pie es de 100 m. El deslizamiento se ubica en la margen derecha de una quebrada que intersecta con el río Marañón. Por la quebrada, bajan flujos de detritos y lodos, cuyos materiales forman un abanico.	El área donde se encuentra el abanico no es apta para construcción de viviendas.
La Colpa, Huamachuco, Sánchez Carrión, 135531116	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), material de remoción antiguo, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, infiltraciones de agua, deforestación de laderas, mal sistema de riego.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Deslizamiento rotacional activo, cuya longitud de escarpa mide aproximadamente 300 m. El salto de escarpa visible es de 5 m, y la longitud entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 150 m. En el área, también se produce reptación de suelos.	El deslizamiento podría convertirse en flujo y afectar las viviendas del caserío La Colpa. La reptación de suelos afecta terrenos de cultivo.

Paraje o sector / distrito / provincia / Código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Tayabamba-Pegoy Tayabamba, Pataz, 145431029	Las posibles causas naturales son las siguientes: naturaleza del suelo, material de remoción antiguo, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, deforestación de laderas, mal sistema de riego.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	En Pegoy, la zona en proceso constante de deslizamiento abarca una extensión aproximada de 1300 m. Ocurre en una ladera de deslizamiento antiguo, reactivado (sector inferior de Collay). Se observan escarpas o saltos de diferente magnitud y geometría, desgarras del terreno, agrietamientos y también procesos de "pisada de vaca", así como derrumbes en la cara libre al río. Su avance generaría el embalse del río Cajón, el cual, según se pudo observar, ha producido la formación de una pequeña laguna en el cauce. En Tayabamba, al pie del poblado, los bordes libres se encuentran afectados por deslizamientos y derrumbes. También se presenta en los sectores de Alto de Añuca, Alto La Caridad, Chilcapampa, Lloite Collay. Las escarpas varían entre semicirculares hasta rectas, mostrando saltos y asentamientos de terreno importantes, saltos y escarpas secundarias cuyo avance provoca el estrechamiento de quebradas y valles, y su evolución perjudica principalmente áreas de cultivo.	En la actualidad, afecta principalmente a las tierras de cultivo, pero en el futuro podría afectar a las viviendas construidas al borde del río Cajón.
Quebrada Urpacyito, Tayabamba, Pataz, 145431032	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), material de remoción antiguo, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	En la margen izquierda de la quebrada Urpacyito, existe un deslizamiento antiguo de escarpas múltiples y escalonadas. La longitud de la escarpa principal mide 200 m, y el desnivel entre la escarpa y el pie tiene una longitud aproximada de 300 m.	Afectó un tramo de la carretera de acceso a Tayabamba.
Reservorio, Tayabamba, Pataz, 145431034	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción antiguo, pendiente del terreno.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Deslizamiento antiguo ubicado en el sector Reservorio, margen derecha de la quebrada Urpacyito. La longitud de escarpa visible es de 300 m, y el desnivel entre la escarpa y el pie es de 350 m. El deslizamiento podría activarse y producir pequeños flujos.	Podría afectar la carretera.
Asia, Buldibuyo, Pataz, 145441053	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción antiguo y precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Deslizamiento en la margen izquierda de la quebrada Asia. Escarpa única irregular de 200 m de longitud y 300 m de desnivel. Presenta un salto principal de 15 m.	Podría afectar viviendas, tramo de carretera y terrenos de cultivo.
Uchumarca, Uchumarca, Bolívar, 135641089	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo incompetente, material de movimientos en masa antiguo, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas y filtraciones de agua permanente.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento activo, cuya longitud de escarpa mide aproximadamente 200 m. El salto de escarpa visible es de 1 m, y la longitud entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 400 m. En la masa deslizada, se observan grietas transversales. El deslizamiento activo es parte de la reactivación.	Afectaría las viviendas del barrio Víctor Raúl de Uchumarca. El sector se considera como una zona crítica a peligros geológicos.

Paraje o sector / distrito / provincia / código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Caserío Shepia, Bolívar, Bolívar, 135611096	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción en masa, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento rotacional activo, con escarpa visible en la ladera del cerro Piorrón, margen izquierda de la quebrada Shomenal. La longitud de la escarpa principal mide aproximadamente 1300 m, y el desnivel entre la escarpa y el pie es de 500 m. Las viviendas del caserío Shepia están asentadas sobre la masa deslizada.	Puede afectar 10 viviendas, un centro educativo de nivel primario y uno de nivel inicial, camino rural y tramo de carretera.
Km 16+706 de la carretera, desvío Otuzco- desvío Callacuyán, Agallpampa, Otuzco	Las posibles causas naturales son las siguientes: naturaleza incompetente del suelo, pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Muy alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento rotacional activo, con una longitud en la parte central del cuerpo del deslizamiento de 40 m. La longitud entre la escarpa y el pie es de 60 m, y el salto de la escarpa principal es de 1,60 m. En el cuerpo del deslizamiento, se localizan otras escarpas secundarias.	De colapsar el deslizamiento, represaría la quebrada. El desfogue violento del represamiento ocasionaría daños graves a la carretera.

(*) Información tomada de Vilchez et al., 2007.

ANEXO III
Principales áreas afectadas por flujos

Paraje o sector / distrito / provincia / código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Campamento Chavimochic, Chao, Virú, 125311137	Las posibles causas naturales son las siguientes: rocas muy fracturadas o diaclasadas, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Área susceptible a la ocurrencia de flujos en periodos del fenómeno El Niño. Se observa material de los flujos antiguos que forma un depósito en forma de abanico de unos 600 m de ancho. También existe presencia de material suelto en el cauce de la quebrada y laderas superiores, derivado de la meteorización.	Puede afectar a las viviendas del campamento Chavimochic asentadas en el abanico.
Quebrada Palo Redondo-Quita Sueño, Chao, Virú, 125341140	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción en masa, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Quebradas susceptibles a la ocurrencia de huacos en periodos del fenómeno El Niño. Existen materiales de sistema de flujos antiguos que forma un abanico estimado de 3200 m de ancho. Hay presencia de material suelto en el cauce de la quebrada y laderas superiores, derivado de la meteorización.	Afectó trocha carrozable de acceso a la quebrada.
Coína, Usquil, Otuzco, 125531143	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción en masa, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	Quebrada Huacamochal, susceptible a la ocurrencia de flujos de detritos excepcionales. Sobre los depósitos de flujos antiguos (abanico) y deslizamiento antiguo, se encuentran asentadas las viviendas del caserío de Coína.	Puede afectar a las viviendas construidas sobre flujos excepcionales antiguos.
Sinsicap, Sinsicap, Otuzco, 115531048	Las posibles causas son las siguientes: material de remoción antiguo, pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, ocupación inadecuada del suelo.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Las viviendas del poblado de Sinsicap se encuentran construidas sobre depósitos de flujos antiguos. Los flujos, probablemente, tengan como origen los depósitos de derrumbes y caídas de detritos existente en las laderas del cerro Pampa Seca. Se observa presencia de bloques hasta de 1 m de diámetro.	Podría afectar la carretera y el puente de acceso a Sinsicap, viviendas y terrenos de cultivo.
Quebrada Cashipe, Lucma, Gran Chimú, 115511102 (770514/9154639)	Las posibles causas son las siguientes: material de remoción antiguo, pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, sismos, corte de talud para construcción de carretera.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Presencia de material de flujos de detritos en el cauce de la quebrada. En el flanco noroeste del cerro Naumalca, existen vestigios de replación de suelos. Esto indica que la ladera es inestable y que puede reactivarse.	Podría afectar a las viviendas del poblado Lucma, como ocurrió durante el fenómeno El Niño de 1998. También podría afectar a trocha carrozable de acceso a Lucma.
Quebrada Higuieron, Lucma, Gran Chimú, 115511119	Las posibles causas son las siguientes: material de remoción antiguo, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, socavamiento del pie del talud, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	En el cauce de la quebrada, se observa material de flujo de detritos de recurrencia periódica.	Afecta la trocha carrozable de acceso al distrito de La Colpa.

Paraje o sector / distrito / provincia / Código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Bocatoma Chavimochic, Chao, Virú, 12531136	Las posibles causas naturales son las siguientes: alternancia de rocas de diferente competencia, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Alto	La bocatoma principal del proyecto Chavimochic puede ser afectada por flujos de detritos excepcionales provenientes de los cerros Huacate y Cóndor Cerro. Depósito de flujo constituido por 20 % de bloques y bolones, 40 % de gravas y 40% de arena y limos. Altura de 50 m.	Puede afectar la infraestructura de la bocatoma principal del proyecto Chavimochic.
Quebrada Morín, Santiago de Chuco, Santiago de Chuco, 125441072	Las posibles causas naturales son las siguientes: pendiente del terreno, ausencia de vegetación.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Flujo antiguo excepcional. Podría afectar operaciones mineras de carbón, aguas abajo del río Tablachaca.	Afectaría labores de minas de carbón.
C.P. El Pallar, Huamachuco, Sánchez Carrión, 135531001	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), alternancia de rocas de diferente competencia, rocas muy fracturadas, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	Área susceptible a las ocurrencias de flujos de detritos y erosión fluvial. Las viviendas del caserío El Pallar se encuentran asentadas sobre depósitos de flujos antiguos.	Durante el fenómeno de El Niño de 1997-1998, la erosión fluvial afectó la carretera afirmada de acceso a Tayabamba y destruyó la tercera parte de las viviendas del centro poblado El Pallar.
Quebrada Cholca, Huamachuco, Sánchez Carrión, 135531012	Las posibles causas naturales son las siguientes: naturaleza del suelo, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial, colmatación del cauce fluvial, derrumbes.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Se observa material proluvial formando un abanico. Su origen se debe a la ocurrencia de un deslizamiento seguido de flujo. El material está compuesto por bloques (de diversos tamaños), gravas, arenas, arcillas y limos. En el cauce principal de la quebrada, se presentan pequeños flujos de recurrencia periódica, los mismos que pueden represar el río Chusgón. Los materiales para la ocurrencia de flujos actuales provienen de los pequeños derrumbes y erosión en cárcava que se presentan en la quebrada. Según los pobladores, el último flujo grande ocurrió en febrero de 2007.	Podría afectar los terrenos de cultivo y las viviendas del centro poblado El Pallar. También podría represar el río Shusgón.
Yurayacu, Pías, Pataz, 135521049	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), material de remoción antiguo, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, derrumbes.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Flujo antiguo, generado por derrumbe en la cabecera de la quebrada. Flujo excepcional canalizado.	Afectaría terrenos de cultivo y viviendas del poblado de Yurayacu. También podría afectar el aeródromo ubicado en la margen derecha del río Parcoy (Pías).
Puerto Rico, Chugay, Sánchez Carrión, 135531097	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción antiguo, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Presencia de bloques de hasta 0,5 m de diámetro. Abanico antiguo. Actualmente se encuentra una vivienda y terrenos de cultivo sobre el abanico. En el flanco oeste de los cerros Cacañan, Mirador y Cullanillo, se producen derrumbes, caídas de detritos y de rocas,	Afecta trocha carrozal de acceso a los poblados de Uichubamba, Pucarita, Pucará, San Felipe, etc., así como terrenos de cultivo y una vivienda ubicada en el abanico antiguo. Aporta material detrítico al río.

Paraje o sector / distrito / provincia / Código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Quebrada Urpaycillo, Tayabamba, Pataz, 145431032	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción antigua, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	En ambas márgenes de la quebrada, presenta pequeños derrumbes y luego se convierte en flujos.	Todos los años afecta tramo de la carretera de acceso a la ciudad de Tayabamba.
Quebrada Huinquispuquio, Tayabamba, Pataz, 145431066	Las posibles causas naturales son las siguientes: susstrato de mala calidad (muy meteorizado) y precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Área susceptible a la ocurrencia de flujos de detritos periódicos.	Afecta la carretera de acceso a la ciudad de Tayabamba.
Pampa Cerro Blanco - Pampa Zapotal, Chao, Virú, 115421006	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Principalmente en la margen derecha del cauce del río Cerro Blanco, se observan depósitos de flujos excepcionales (posiblemente correspondan a depósitos de avalancha de detritos). Se presume que los flujos han bajado de las laderas de los cerros León, Blanco, Ple, Bramadero, Cabra, Amaca, Tucumaca, Colorada, y luego fluyeron por los cauces de los ríos Carrizal, Pusulate, Seco, Cerro Blanco, para, finalmente, depositarse en los sectores de Pampa Cerro Blanco y Pampa Zapotal,	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Margen derecha Río Cerro Blanco, Chao, Virú, 115421008	Las posibles causas son las siguientes: material de remoción antigua, pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Flujo excepcional en la quebrada Río Cerro Blanco. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Cerro Tucumaca, Chao, Virú, 115421009	Las posibles causas son las siguientes: material de remoción antigua, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Cerro León, Chao, Virú, 115421012	Las posibles causas son las siguientes: material de remoción antigua, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Depósito en forma de abanico, conformado por material grueso.	Afecta tramo de la carretera a Buena Vista.
Cerca de Pampa Cerro Blanco, Chao, Virú, 115421013	Las posibles causas naturales son las siguientes: susstrato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Pampa Cerro Blanco, Chao, Virú, 115421015	Las posibles causas naturales son las siguientes: susstrato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Bajo Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Bajo	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Podría afectar tramo de la carretera a Buena Vista.

Paraje o sector / distrito / provincia / Código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Pampa Zapola, Chao, Virú, 115421016	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción en masa, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Arriba de Buena Vista, Chao, Virú, 115421017	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción en masa, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Cerro Huarte, Chao, Virú, 115421018	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción en masa, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Podría afectar tramo de la carretera a Buena Vista.
Cerro Huarte, Chao, Virú, 115421019	Las posibles causas naturales son las siguientes: susirato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Bajo Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Bajo	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Podría afectar un tramo de la carretera.
Río Chorobal, Chao, Virú, 115421022	Las posibles causas naturales son las siguientes: pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas y colmatación del cauce fluvial.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Presencia de bloques de 1 m de diámetro. El área también fue afectada por inundación de detritos.	Podría afectar canal madre de la estación Chorobal del proyecto Chavimochic, km 64+500.
Flanco oeste del cerro Zaraque, margen derecha del río, Virú, Virú, 115421025	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Al oeste del poblado Tomobal, margen derecha del río, Virú, Virú, 115421026	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Quebrada Mayasgo, Virú, Virú, 115421027	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción en masa, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Cerro Mina, Virú, Virú, 115421028	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Podría afectar terrenos de cultivo.

Paraje o sector / distrito / provincia / Código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Cerro La Laja, flanco oeste, Virú, Virú, 115421029	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción en masa, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Cerro La Laja, flanco suroeste, Virú, Virú, 115421030	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Flanco noroeste del cerro El Niño, 115421031	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Cerro Mina, Virú, Virú, 115421032	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción en masa, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Cerro Tomabal, Virú, Virú, 115421034	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Afectó viviendas y terrenos de cultivo.
Cerro Tomabal, Virú, Virú, 115421035	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Podría afectar terrenos de cultivo y un tramo de la carretera.
Cerca de Pampa El Niño, Virú, Virú, 115421036	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Podría afectar un tramo de la carretera.
Quebrada Cardos, Chao, Virú, 115421038	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Flujo excepcional en quebrada. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Podría afectar terrenos de cultivo.
Cerro Vinosos Bajo, Chao, Virú, 115421039	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo antiguo en la margen izquierda del río Virú. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Quebrada Huanaco, Chao, Virú, 115421040	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción en masa, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Flujo antiguo en la margen izquierda del río Virú. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Podría afectar terrenos de cultivo.

Paraje o sector / distrito / provincia / código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Quebrada Laja, Chao, Virú, 115421041	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Flujos antiguos en la margen derecha del río Huacapongo. Bolos de 2 m de diámetro. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Podría afectar terrenos de cultivo.
Cerro Chirimoto, Chao, Virú, 115421042	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Flujos antiguos excepcionales en la margen derecha del río Huacapongo. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Afectó viviendas y terrenos de cultivo.
Quebrada Biruli, Chao, Virú, 115421043	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción en masa, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujos antiguos excepcionales en la margen derecha del río Huacapongo. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Cerro La Laja, Chao, Virú, 115421044	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción en masa, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujos antiguos excepcionales en la margen derecha del río Huacapongo.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Cerro La Laja, Chao, Virú, 115421045	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción en masa, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujos antiguos excepcionales en la margen derecha del río Huacapongo. Depósitos en forma de abanico, conformados por material grueso.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Cerro La Toma, Chao, Virú, 115421047	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo excepcional en la margen derecha del río, con aporte de varias quebradas. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Cerro Phas, Chao, Virú, 115421048	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, ocupación inadecuada del suelo por el hombre.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Flujo excepcional en la margen izquierda del río Virú, con aporte de varias quebradas. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Podría afectar viviendas y terrenos de cultivo.
Quebrada León, Chao, Virú, 115421049	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción en masa, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	El poblado de Susanga se encuentra ubicado sobre el depósito del flujo antiguo, margen izquierda del río Virú.	Podrían afectar viviendas del poblado de Susanga.

Paraje o sector / distrito / provincia / código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Quebrada del León, Laredo, Trujillo, 115441053	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Flujo de detritos excepcional. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	El fenómeno El Niño de 1884 afectó al poblado de Laredo: terrenos de cultivo, cementerio, torres de alta tensión, entre otros. Los flujos llegaron hasta El Niño.
Caballo Muerto, Laredo, Trujillo, 115441054	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Flujo de detritos excepcional. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Podría afectar a granja avícola del sector Caballo Muerto.
Flanco oeste del cerro Compartición / Caballo Muerto, Laredo, Trujillo, 115441055	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Zona de flujos de detritos excepcionales. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Podría afectar granja avícola.
Flanco sureste del cerro Compartición, Laredo, Trujillo, 115441056	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo de detritos excepcionales. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Áreas sujetas a flujos, no recomendables para construcción de viviendas.
Quebrada Santo Domingo, Laredo, Trujillo, 115441058	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Zona de flujos de detritos excepcionales. También es afectada por arenamiento en ambas márgenes. Los flujos se reactivan con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Afectaría canal del proyecto Chavimochic.
Cerro La Compañía, Laredo, Trujillo, 115441060	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Zona de flujos de detritos excepcionales. Los flujos se reactivan con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Podría afectar terrenos de cultivo.
Quebrada Bagón, Laredo, Trujillo, 115441062	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Flujo antiguo excepcional en la quebrada Bagón. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Afectaría viviendas asentadas en el abanico. Sectores Quirhuac y Las Cocas.
Cerro Alto Guiltarra/ Quebrada El Chino, Laredo, Trujillo, 115441063	Las posibles causas naturales son las siguientes: susstrato de mala calidad (muy meteorizado), escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo antiguo excepcional en la quebrada El Chino. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Podría afectar terrenos de cultivo y carretera.
Quebrada del León, Laredo, Trujillo, 115441064	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo antiguo excepcional en la quebrada del León. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Podría afectar granjas.
Cerro Guayabo, Poroto, Trujillo, 115441066	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo antiguo excepcional, canalizado en forma de abanico de material grueso. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.

Paraje o sector / distrito / provincia / Código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Poroto, Poroto, Trujillo, 115441067	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Flujo de detrito excepcional, canalizado en forma de abanico de material grueso. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Podría afectar terrenos de cultivo y carretera.
Quebrada Poroto, Trujillo 115441068	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Flujo de detrito excepcional en la quebrada Poroto. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales. Se observa construcción de muros de defensa ribereña en el cauce antiguo de la quebrada.	Podría afectar el poblado Poroto.
Quebrada Latón, Salpo, Otuzco, 115441069	Las posibles causas naturales son las siguientes: susstrato de mala calidad (muy meteorizado), escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Zona de flujos excepcionales. Se reactivan con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Cerro Bartolo/ Quebrada California, Poroto, Trujillo, 115441071	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Fujos de detritos excepcionales. Se reactivan con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Podría afectar carretera.
Cerro Halcón, Simbal, Trujillo 115441073	Las posibles causas naturales son las siguientes: susstrato de mala calidad, pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Fujos de detritos excepcionales. Se reactivan con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Podría afectar terrenos de cultivo.
Quebrada La Portada, Laredo, Trujillo, 115441074	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Fujos de detritos excepcionales. Se reactivan con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Podría afectar terrenos de cultivo.
Quebrada Río Seco, Laredo, Trujillo, 115441052	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Bajo Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Bajo	Flujo de lodo excepcional. Se reactiva con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Podría afectar terrenos de cultivo y granjas de aves de corral.
Llacamate, Chao, Virú, 125431082	Las posibles causas naturales son las siguientes: susstrato de mala calidad (muy meteorizado), material de remoción antiguo, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Sector donde confluyen dos quebradas (Verrugas y Honda) hacia el río Huaraday, por donde discurren huacos de manera excepcional. Actualmente, sobre el depósito de flujo está asentado el poblado de Liacamate. El área también es afectada por erosión fluvial y derrumbes (margen izquierda del río Huaraday).	Podría afectar tierras de cultivo y viviendas.

Paraje o sector / distrito / provincia / código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
La Arenita, Chepén, Chepén, 105631055 (*)	Naturaleza del suelo, material en el cauce y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	Grado de peligro = Muy alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Medio	Flujo de material grueso canalizado a la altura del km 21+200 de la carretera Cajamarca. Poblado se encuentra asentado en abanico proluvial antiguo. En el año 1998, fueron afectadas las viviendas ubicadas en el cauce de la quebrada.	Afectó 15 viviendas, 300 m de carretera y cultivos.
Huanchaco y Vichayal, Chepén, Chepén, 105631056 (*)	Naturaleza del suelo, material en el cauce y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Quebrada actualmente seca, con la presencia de material proluvial antiguo, depositado a manera de abanico. Se puede observar actualmente la presencia de material suelto en las laderas superiores, susceptibles a ser acarreadas como nuevos huaticos. Los poblados han sido asentados sobre los depósitos de huaticos antiguos.	Un nuevo huaco afectaría viviendas, la carretera, redes de energía eléctrica y cultivos.
Pampa Talambo, Chepén, Chepén, 105641061 (*)	Naturaleza del suelo, material en el cauce y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	Grado de peligro = Muy alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Alto	Flujo excepcional parcialmente canalizado, el cual arrastraría basura acumulada, ya que la quebrada es utilizada como botadero. En el depósito de material proluvial antiguo con forma de abanico, se pueden observar unos 6 a 7 ramales de últimas ocurrencias de huaticos, los cuales pueden cortar el canal de agua de Pejeza. A unos 500 m adelante, se observa otro flujo.	Puede afectar a 2 viviendas, 200 m de camino rural y canal de agua.
Campo de Aterrizaje, Chepén, Chepén, 105631064 (*)	Naturaleza del suelo, material en el cauce y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Actualmente se observa la presencia de varios cauces secos, por donde discurren huaticos cuando se presenta el fenómeno de El Niño. Depósito de material proluvial en forma de abanico.	Puede afectar canal y camino rural.
Cerro Talambo, Chepén, Chepén, 105631065 (*)	Naturaleza del suelo, material en el cauce y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Sector donde se presentan varias ocurrencias de flujos parcialmente canalizados. Se observan rocas en el cauce hasta de 0,40 m diámetro; obstruyen tramo de carretera.	Puede afectar canal y camino rural.
Pampa Larga, Chepén, Chepén, 105641067 (*)	Naturaleza del suelo, material en el cauce y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo parcialmente canalizado. Se observan tres conos antiguos, uno de gran magnitud, sobre el cual fluyen flujos ocasionales a excepcionales. A su costado, se encuentran 2 más de menor magnitud.	Afectaría canal y 300 m de carretera.
San Gregorio, Chepén, 105641068 (*)	Naturaleza del suelo, material en el cauce y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo de material grueso parcialmente canalizado, rocas de hasta 1m de diámetro en el cauce, abanico proluvial antiguo de 3,5 km.	Afectaría canal y 200 m de camino rural.
San Gregorio, Chepén, 105641069 (*)	Naturaleza del suelo, material en el cauce y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	Grado de peligro = Muy alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo parcialmente canalizado, con material en el cauce preponderantemente de 20 cm diámetro. Actualmente, el depósito en forma de abanico está disectado por 3 canales, por donde discurren los huaticos.	Afectaría 400 m de la carretera de Chepén-San Gregorio y cultivos.

Paraje o sector / distrito / provincia / Código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Casa Blanca, San Gregorio, Chepén, 105641070 (*)	Naturaleza del suelo, material en el cauce y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	Grado de peligro = Muy alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Muy alto	Zona donde se producen huaicos de manera excepcional. Baja desde la quebrada Las Viejas y otras aledañas. Al ser la zona de depósito de pendiente baja, los materiales se depositan formando un abanico aluvial que alcanza los 2.5 km de ancho.	En el año de 1998, afectó varias viviendas del poblado Casa Blanca ubicadas en el cauce. Afectó 1/3 del poblado y 450 m de la carretera Chepén-San Gregorio.
Nuevo San Martín, San Gregorio, Chepén, 105611072 (*)	Naturaleza del suelo, material en el cauce y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Flujo parcialmente canalizado, que baja por 3 ramales, ubicados dentro de material proluvial antiguo con forma de abanico de unos 600 m de ancho.	Afectaría 3 viviendas, camino rural y cultivos.
Nuevo San Martín, San Gregorio, Chepén, 105611073 (*)	Naturaleza del suelo, material en el cauce y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo parcialmente canalizado. Más adelante, hay otro ramal de huaico; erosión fluvial en la margen derecha.	Afectaría 1 vivienda, 350 m de camino rural y cultivos.
San Gregorio, Chepén, 105611075 (*)	Naturaleza del suelo, material en el cauce y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo de material grueso parcialmente canalizado, con dos ramales, que desembocan en la margen izquierda del río San Gregorio. Se observan rocas hasta de 2 m de diámetro en el cauce. Depósito de material proluvial antiguo en forma de abanico de 650 m de ancho.	Afectaría 1 vivienda, 70 m de carretera y cultivos.
Peligro San Gregorio, Chepén, 105611120 (*)	Naturaleza del suelo, material en el cauce y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Flujo excepcional que discurre por la quebrada Peligro. Desemboca a la margen izquierda del río Loco Chaman.	Afectó carretera.
La Mariposa, Chepén, 105641123 (*)	Naturaleza del suelo y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y material suelto en el cauce.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Confluencia de hasta 3 quebradas, por donde discurren huaicos de manera excepcional. El depósito de material proluvial se encuentra en forma de abanico, de unos 3.5 km de ancho.	Puede afectar 20 viviendas, cultivos y carretera.
La Venturanza, Chepén, 105641124 (*)	Naturaleza del suelo y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y materiales en el cauce.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Flujo de material grueso heterogéneo, el cual se expande en una extensión de 1.5 km. Se observa presencia de material suelto en las cabeceras de la quebrada.	Puede afectar de 4 a 5 viviendas, cultivos y carretera por tramos.
Cerro Las Tres Torres, Chepén, 105641126 (*)	Naturaleza del suelo y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y materiales en el cauce.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Flujo de material grueso heterogéneo. Depósito de forma de abanico de 3 km de ancho. Actualmente, se están realizando labores agrícolas en esta zona.	Puede afectar viviendas, cultivos, canal y carretera por tramos.
Flaco chico, Guadalupe, Chepén, 105631134 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Quebrada por donde discurren huaicos de manera excepcional, conformados por material fino en mayor proporción. Se observan viviendas ubicadas en el cauce actual de la quebrada que podrían resultar afectadas por nuevos huaicos.	Puede afectar 1 a 2 viviendas, cultivos y carretera.

Paraje o sector / distrito / provincia / código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Falco Chico, Guadalupe, Chepén 105631135 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Muy alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Muy alto	Quebrada actualmente seca, por donde discurren huaicos de manera excepcional. Acarrea material fino en mayor proporción. Existen viviendas asentadas en el cauce de la quebrada, las cuales pueden resultar afectadas por nuevos huaicos.	Pueden ser afectadas unas 20 viviendas, canal, carretera y cultivos
Guanábano, Chepén, Chepén, 105631138 (*)	Naturaleza del suelo y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y material suelto en el cauce.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Quebrada que trae huaicos de manera excepcional. Depósito en forma de abanico sobre el cual se asienta el poblado de Guanábano.	Afectaría 5 viviendas y camino rural.
Huanchaco, Chepén, Chepén, 105631139 (*)	Naturaleza del suelo y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y material suelto en el cauce.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Abanico proluvial de 800 m ancho, en el cual se encuentra actualmente el pueblo de Huanchaco. Pueden discurrir nuevos huaicos excepcionales por la quebrada.	Afectaría viviendas y carretera.
Zapotal, Chepén, Chepén, 105631140 (*)	Naturaleza del suelo y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y material suelto en el cauce.	Grado de peligro = Muy alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Alto	Flujo de material grueso canalizado. Abanico antiguo de 800 m ancho. Cauce actual de 200 m colmatado.	Afectaría de 4 a 5 viviendas, carretera y cultivos.
Limón Calero, Chepén, Chepén, 105631156 (*)	Naturaleza del suelo, pendiente del terreno y morfología. Precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Flujo de défitos no canalizado, en ladera SE del cerro Calero. Se observan dos cauces principales por donde se canalizan los flujos excepcionales.	Podría afectar de 13 a 15 viviendas, carretera y cultivos de arroz.
Pampa Mango, Chepén, Chepén, 105631157 (*)	Naturaleza del suelo, material de remoción antiguo, pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas y colmatación del cauce.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Flujo de material heterogéneo no canalizado, desde ladera NE del cerro Calera. Depósito de material proluvial de 1 km de ancho.	Podría afectar 15 viviendas, carretera, cultivos y canal.
El Ingenio, Guadalupe, Pacasmayo, 95621014 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Precipitaciones pluviales intensas,	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Cauces de quebradas actualmente secas, por donde discurren huaicos de manera excepcional. Depósitos finos en mayor proporción. Ancho de cauce actual mas de 100 m.	Puede afectar 1 vivienda, canal, camino rural y cultivos.
Guadalupe, Pacasmayo, 95621016 (*)	Material de remoción antiguo, naturaleza del suelo, morfología y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Muy alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Alto	Flujo de material preponderantemente fino homogéneo, canalizado, regulares cultivos y escasos arbustos. Se produce de manera excepcional.	Puede afectar 2 viviendas, canal, cultivos y tramo de carretera.
El algarrobal, Guadalupe, Pacasmayo, 95611021 (*)	Naturaleza del suelo y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Sector donde se presentan varias torrenceras que acarrear flujos de manera excepcional. Depósitos en forma de abanicos.	Puede afectar un tramo de la carretera, 1 vivienda y cultivos.
Cerro Murciélagos, Guadalupe, Pacasmayo, 95611022 (*)	Naturaleza del suelo y pendiente del terreno. Precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Torrenceras de corto recorrido que bajan del cerro Murciélagos. Acarrear huaicos de manera excepcional que se depositan a modo de abanicos.	Podría afectar 2 viviendas y cultivos.

Paraje o sector / distrito / provincia / código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Quebrada Sanjón Grande, Pacasmayo, Pacasmayo, 95621024 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Quebrada actualmente seca por donde discurren huaicos de manera excepcional que pueden afectar viviendas del poblado de Pacasmayo, que están asentadas en el cauce que tiene un ancho de 300 m.	Podría afectar 200 m de carretera y 28 viviendas.
Cerro Huayavilla, margen izquierda del río Huaraday, Chao, Virú, 125431081	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción en masa, pendiente del terreno.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Se observa depósito de remoción antiguo. Presenta run up de 50 m de altura y más de 8000 m de distancia recorrida. Estos tipos de eventos se producen de manera excepcional.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.

(*) Información tomada de Vilchez et al., 2007.

ANEXO IV
Principales áreas afectadas por movimientos complejos

Paraje o sector / distrito / provincia / código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Al noroeste del cerro Blanco, Chao, Virú, 115421011	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), material de remoción antiguo, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Depósitos antiguos de derrumbe que se convirtió en flujo. Posteriormente, este fue cortado por un evento similar. La distancia recorrida mide aproximadamente 3000 m. Estos tipos de eventos se producen de manera excepcional. Se pueden reactivar con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Flanco noreste del cerro Huacapongo, Chao, Virú, 115421046	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Depósitos antiguos de derrumbe que se convirtió en flujo. Presencia de bloques de hasta 1 m. de diámetro. Estos tipos de eventos se producen de manera excepcional. Se pueden reactivar con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Flanco noroeste de cerro El Peñón, Poroto, Trujillo, 115441065	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), rocas muy fracturadas, pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Bajo Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Depósitos antiguos de derrumbe que se convirtió en flujo. Estos tipos de eventos se producen de manera excepcional. Se pueden reactivar con la presencia de los fenómenos de El Niño y precipitaciones pluviales excepcionales.	Corresponde a áreas sujetas a flujos excepcionales, no recomendables para construcción de viviendas.
Bellavista, Bambas (Huancaspata), Chillia, Pataz, 145431016	Las posibles causas naturales son las siguientes: material de remoción antiguo, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, ocupación inadecuada del suelo por el hombre, deforestación de laderas, mal sistema de riego.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Deslizamiento rotacional activo de escarpa múltiple, cuya longitud de escarpa mide aproximadamente 1500 m. El salto de escarpa visible es de 20 m, y la longitud entre la escarpa y el pie del deslizamiento (flujo) es de 1590 m.	Según versiones de los pobladores, el deslizamiento-flujo afectó totalmente a las viviendas de los caseríos de Bellavista, Bambas, Colmena, Palles, Huayachi. El área afectada por el deslizamiento-flujo no es recomendable para construcción de viviendas.

ANEXO V
Principales áreas afectadas por reptación de suelos

Paraje o sector / distrito / provincia / código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Cachicadán, Cachicadán, Santiago de Chuco, 125411090	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Presenta desgarro en la cobertura vegetal.	Podría afectar a 7 viviendas de Cachicadán y un tramo de la carretera que pasa por la zona.
Chillia (margen izquierda de la quebrada Rupaya bamba), Chillia, Pataz, 135411082	Las posibles causas naturales son las siguientes: naturaleza del suelo, material de remoción antiguo, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, infiltraciones de agua, mal sistema de riego.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Reptación de suelos al pie de un deslizamiento antiguo. Presenta reactivaciones en algunos sectores.	Podría afectar terrenos de cultivo.
Chaga Pampa, Sitabamba, Santiago de Chuco, 135441099	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), precipitaciones pluviales intensas, infiltraciones de agua.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Reptación de suelos ocurre en la margen derecha del río Pijobamba. Presenta hundimientos dispersados y filtraciones de agua.	Podría afectar terrenos de cultivo y canal de riego.

ANEXO VI
Principales áreas afectadas por erosión fluvial

Paraje o sector / distrito / provincia / código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
San Ignacio, Sinsicap, Otuzco, 115521055	Las posibles causas son las siguientes: pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial, ocupación inadecuada del suelo.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Santa Lucia. En el área, se ha construido muro de defensa ribereña invadiendo el cauce del río Santa Lucia.	Puede afectar al muro construido como defensa ribereña y viviendas asentadas en ambas márgenes del cauce del río.
Quebrada Charat, Huaranchal, Otuzco, 125531157	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, socavamiento de talud, infiltraciones de agua.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Erosión fluvial ocurre principalmente en la confluencia de la quebrada Charat y río Grande.	Uno de los estribos del puente (obra paralizada) se encuentra construido sobre depósitos de flujo de detritos provenientes de la quebrada Charat.
Chagual, Pataz, 135521017	Las posibles causas naturales son las siguientes: naturaleza del suelo, material de remoción antiguo, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial (socavamiento de talud).	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Erosión fluvial en la margen derecha del río Marañón en una longitud de 100 m. El lecho del río y la carretera están a 2 m de diferencia de altura. Área susceptible a la ocurrencia de flujos excepcionales. La población de Chagual está asentada sobre depósitos de flujos de detritos antiguos.	Puede seguir afectando a la carretera Huamachuco-Tayabamba.
Río Chucchugay, Sarín, Sánchez Carrión, 135531120	Las posibles causas naturales son las siguientes: pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, infiltraciones de agua, socavamiento de talud.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Chucchugaya. Colpasó puente. Presenta erosión en ambas márgenes del río Chucchugay. En la margen derecha, presenta un deslizamiento antiguo.	Afectó puente de la carretera Sarín – Sitabamba.
Puente Tocaroro, Pueblo Nuevo, Chepén, 105641060 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Dinámica fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Erosión en una longitud de 400 m, en la margen derecha del río Chamán. Posibilidades de inundación por sectores aguas abajo del puente.	Afectaría una vivienda, carretera, puente, una torre de energía eléctrica y terrenos de cultivos.
Mango, San Gregorio, Chepén, 105611074 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	Grado de peligro = Muy Alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Alto	Erosión en un 1km, en la margen izquierda del río San José. Ensanchamiento del cauce.	Afecta 2 viviendas, 500 m de camino rural y cultivos.
El Miradorcito, San Gregorio, Chepén, 105611078 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Erosión en una extensión de 400 m en la margen izquierda del río San Gregorio. Formación de acantilados de unos 10 m de alto. Existen viviendas ubicadas cerca del borde.	Afectaría 2 viviendas y 20 m de camino rural.

Paraje o sector / distrito / provincia / Código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Puente Libertad, San José, Pacasmayo, 105631079 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Erosión en una extensión de 200 m. Ocurre en la margen izquierda del río Jequetepeque.	Puede afectar 1 vivienda.
Los Pinos, Guadalupe, Chepén 105631149 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Erosión en la margen derecha del río Jequetepeque, en una extensión de 1200 m. Se han entrocado 1000 m de ribera.	Podría afectar 450 m de terraplén y cultivos.
San Idelfonso, Pueblo Nuevo, Chepén, 95611002 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial e infiltración de aguas subterráneas.	Grado de peligro = Muy Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Muy Alto	Erosión fluvial en terraza, área urbana y área agrícola de 1 km de longitud, sobre todo en la margen derecha, por sectores. Se observa inundación.	Puede afectar 10 viviendas, carretera, cultivos, canal, puente. Destruyó de 5 a 6 viviendas.
Puente Cotón, Pueblo Nuevo, Chepén, 95611003 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Erosión fluvial en ambas márgenes del río Chaman por sectores en un tramo de 1,2 km. A la altura del puente Cotón de 76 m de luz.	Puede afectar de 7 a 8 viviendas, cultivos y puente.
Pueblo Nuevo, Pueblo Nuevo, Chepén 95611004 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	Grado de peligro = Muy Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Muy Alto	Erosión fluvial en terraza, área urbana de 1 km de longitud. Excepcionalmente, peligro de inundación en el poblado de Pueblo Nuevo.	Afecta carretera, viviendas y puente.

(*) Información tomada de Vilchez et ál. 2007.

ANEXO VII
Principales áreas susceptibles a inundación

Paraje o sector / distrito / provincia / código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Sanagorán, Sanagorán, Sánchez Carrión, 125511069	Las posibles causas naturales son las siguientes: naturaleza del suelo incompetente, socavamiento en el talud del cauce de río, precipitaciones pluviales intensas.	Área susceptible a erosión fluvial, inundaciones, flujo de detritos. Según versiones de los pobladores, el área fue afectada durante el fenómeno de El Niño de 1997-1998.	Se llevó la mitad de las viviendas del pueblo durante el fenómeno del El Niño de 1997-1998.
Río Puito, Chao, Virú, 115421021	Las posibles causas naturales son las siguientes: pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas.	Inundación excepcional. El área fue afectada durante el fenómeno El Niño de 1997-1998.	Podría afectar terrenos de cultivo, 1 vivienda, tramo de carretera y 1 canal.
Río Virú, Chao, Virú, 115421024	Las posibles causas naturales son las siguientes: pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas y colmatación del cauce fluvial.	Inundación excepcional. El área fue afectada durante el fenómeno El Niño de 1997-1998. La altura alcanzada por el agua fue de 4 m.	Podría afectar tramo de carretera.

ANEXO VIII
Principales áreas afectadas por arenamiento

Paraje o sector / distrito / provincia / código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
San Pedro de Lloc, Pacasmayo, 95621009 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Dinámica eólica.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Dunas de alrededor de 14 m de altura. Estabilizado en sectores por matorrales.	Afecta carretera, cultivos, 3 viviendas.
Cerro Tira Larga, Chepén, Chepén, 105631057 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Dinámica eólica.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Arenamiento en la margen izquierda del río Jequetepeque.	Puede afectar terrenos de cultivos.
Cerro Colorado, Chepén, Chepén, 105641059 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Dinámica eólica.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Depósitos eólicos antiguos, arenamiento estabilizado por sectores, al pie del cerro.	Puede afectar cultivos.
San Pedro de Lloc, Pacasmayo, 105631080 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Dinámica eólica.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Campo de dunas, estabilizadas en algunos sectores por arbustos y matorrales.	Afecta carretera.
C.P. San José, San José, Pacasmayo, 105631081 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Dinámica eólica.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Arenas acumuladas en las depresiones de la ladera, actualmente estabilizadas, en un área de 800 x 300 m.	Afecta cementerio.
Cerro Tira Larga, San José, Pacasmayo, 105631082 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Dinámica eólica.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Arenamiento en ladera oeste del cerro Tira Larga. El avance de los mantos de arena afecta terrenos de cultivos.	Afecta cultivos.
Cerro Chepén, Chepén, Chepén, 105641121 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Dinámica eólica.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Arenamiento en un área de 2500 x 700 m. Actualmente, en la parte baja, hay cultivos.	Puede afectar terrenos de cultivos.
Laguna El Muerto, Pacasmayo, Chepén, 95621005 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Dinámica eólica.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Se observan dunas, algunas estabilizadas por arbustos. El avance de las dunas ha cubierto el cauce de la laguna.	Puede afectar cultivos.
Boca del Río, Jequetepeque, Pacasmayo, 95621006 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Dinámica eólica.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Arenamiento parcialmente estabilizado por matorrales. Avance de las dunas cubre terrenos de cultivo y pastizales.	Afecta pastizales.

Paraje o sector / distrito / provincia / Código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Cherrepe, Chepén, Chepén, 95621011 (*)	Naturaleza del suelo y morfología: Dinámica eólica.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Campo de dunas en un área de 2500 x 200 m, dirección de avance de las dunas N 10°. El avance de las dunas ha cubierto parte de la carretera hacia Cherrepe.	Afecta tramo de carretera.
Cerro Urnago, Chao, Virú, 115421020	Naturaleza del suelo y morfología: Dinámica eólica.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Arenamiento, cuya profundidad se desconoce. Por el área, cruza el canal de riego administrado por el proyecto especial Chavimochic.	Afecta al canal de riego y carretera afirmada.
AA. HH. Pueblo del Sol, El Porvenir, Trujillo, 105411001	Naturaleza del suelo y morfología: Dinámica eólica.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Características de suelos arenosos de mala calidad y baja capacidad portante, muy susceptibles a modificación de sus propiedades geotécnicas por sacudimiento sísmico.	Podría afectar a las viviendas del AA. HH. Pueblo del Sol.
Km 485+00 carretera Panamericana Norte, Chao, Virú, 115311013	Pendiente del terreno, ausencia de vegetación, dinámica eólica.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Campo de dunas que invade constantemente carretera Panamericana Norte.	Afecta carretera Panamericana Norte.
Baden km 539+00 proyecto Chavimochic - km 543+00 Pampas Punta Gorda, Salaverry, Trujillo, 115431078	Pendiente del terreno, ausencia de vegetación, dinámica eólica.	Grado de peligro = Bajo Vulnerabilidad = Baja Riesgo estimado = Bajo	Se observan extensas áreas acumuladas de arenas en ambos lados de la carretera Panamericana Norte, cuya profundidad se desconoce.	Afecta carretera Panamericana Norte y terrenos de cultivo.
Flanco oeste del cerro Santo Domingo, quebrada Fajado, Laredo, Trujillo, 115441059	Pendiente del terreno, ausencia de vegetación, dinámica eólica.	Grado de peligro = Bajo Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Bajo	Se observan extensas áreas acumuladas de arenas en ambos lados del canal de riego del proyecto Chavimochic, cuya profundidad se desconoce.	Afecta al canal de riego del proyecto Chavimochic.

(*) Información tomada de Vilchez et al. 2007.

ANEXO IX
Principales áreas afectadas por erosión de ladera

Paraje o sector / distrito / provincia / código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Sartimbamba, Sartimbamba, Sánchez Carrión, 135511073	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo, material de remoción antiguo, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, deforestación de laderas, mal sistema de riego.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Muy cerca del pueblo de Sartimbamba (al sur), se observa erosión de ladera (cárcava) cuya longitud es de 300 m; su ancho es de 160 m; su profundidad, de 115 m. Según versiones de los pobladores, esta erosión de ladera en los últimos años avanzó rápidamente ocupando terrenos de cultivo.	Afectaría a las viviendas de la población de Sartimbamba, centro educativo, tierras de cultivo.
Quebrada Coipín, Humachuco, Sánchez Carrión, 125521090	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Medio	Presenta bad land y derrumbes; erosión en cárcavas. Las rocas corresponden a limoarcillitas muy meteorizadas.	Afecta terrenos de cultivo.
Cucuri, Sanagorán, Sánchez Carrión, 125521108	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, deforestación de laderas.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Alta, Riesgo estimado = Medio	Erosión en cárcavas genera derrumbes y pequeños flujos.	Afectaría terrenos de cultivo.
Cerro Blanco, Usquil, Otuzco, 125531135	Las posibles causas naturales son las siguientes: sustrato de mala calidad (muy meteorizado), alternancia de rocas, pendiente del terreno, deforestación de laderas, actividad minera.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Muy alta Riesgo estimado = Muy alto	Erosión en cárcavas en ambas márgenes de la quebrada. También presenta derrumbes, caída de rocas formando taludes de detritos. Podría afectar operaciones mineras de carbón. Afecta carretera Usquil-Capachique. Dimensiones de la erosión: 350 m de ancho y 2500 m de longitud.	Afectaría tramo de carretera Usquil-Capachique; camino rural y actividades artesanales de extracción de carbón.
Tayabamba, Tayabamba, Pataz, 145431065	Las posibles causas naturales son las siguientes: naturaleza del suelo, material de remoción antiguo, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, infiltraciones de agua, ocupación inadecuada del suelo.	Grado de peligro = Alto Vulnerabilidad = Alta Riesgo estimado = Alto	Erosión en cárcava. Genera derrumbes de arranque discontinuo. Está ubicado en la parte baja de la ciudad de Tayabamba.	Podría afectar terrenos de cultivo y viviendas.

ANEXO X
Principales áreas afectadas por erosión de marina

Paraje o sector / distrito / provincia / código de inventario	Causas o factores desencadenantes	Estimación del peligro	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Playa, Jequetepeque, Pacasmayo, 95621007 (*)	Naturaleza del suelo, morfología y pendiente del terreno. Dinámica marina.	Grado de peligro = Medio Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Erosión marina a lo largo de 2 km de costa. En el acantilado de unos 15 m de altura, al subir la marea, se produce erosión del talud inferior, con la consecuente ocurrencia de derrumbes y formación de conos de taludes.	Puede afectar 2 viviendas ubicadas al borde de acantilado.
Hacienda Monteverde, Guadalupe, Pacasmayo, 95621018 (*)	Naturaleza del suelo y morfología. Dinámica marina.	Grado de peligro = Bajo, Vulnerabilidad = Baja, Riesgo estimado = Bajo	Erosión en una extensión de 4 km de costa, con derrumbes en los acantilados que han originado la formación de conos de taludes.	Pérdida de tierras.
Playa Víctor Larco, Víctor Larco Herrera, Trujillo, 105411007	Sustrato de mala calidad, naturaleza del suelo, pendiente del terreno, dinámica marina.	Grado de peligro = Medio, Vulnerabilidad = Media Riesgo estimado = Medio	Se ha construido un muro de contención para proteger viviendas de la playa Víctor Larco.	Podría afectar viviendas.

(*) Información tomada de Vilchez et al. 2007.

RELACIÓN DE MAPAS E ILUSTRACIONES

Mapas

Mapa N° 1	Litológico	escala 1:500 000
Mapa N° 2	Cobertura vegetal	escala 1:500 000
Mapa N° 3	Hidrogeológico	escala 1:500 000
Mapa N° 4	Geomorfológico	escala 1:500 000
Mapa N° 5	Pendiente de los terrenos	escala 1:500 000
Mapa N° 7	Zonas críticas	escala 1:500 000
Mapa N° 6	Inventario de los peligros geológicos	escala 1:250 000
Mapa N° 8	Susceptibilidad a movimientos en masa	escala 1:250 000
Mapa N° 9	Susceptibilidad a inundaciones y erosiones fluviales	escala 1:250 000

Figuras

Figura 2.1	Mapa de precipitaciones acumuladas en período lluvioso normal (setiembre-mayo). Fuente: Senamhi.
Figura 2.2	Mapa de precipitaciones acumuladas durante el fenómeno de El Niño 1997-1998. Fuente Senamhi.
Figura 2.3	Mapa de áreas naturales protegidas en la región La Libertad. Fuente: Inrena.
Figura 4.1	Mapa hidrográfico de la región La Libertad. Elaborado de acuerdo con el mapa de Inrena.
Figura 7.1	Principales tipos de ocurrencia de movimientos en masa: deslizamiento, flujo, caída de rocas, derrumbe, etc. ilustración: Giovanna Alfaro - INGEMMET
Figura 7.2	Perfil esquemático de deslizamiento que represó el río Parcoy y formó la laguna de Pias.
Figura 7.3	Imagen satelital de depósito de flujos (avalancha de detritos). Sector Pampa Zapotal, distrito Chao, provincia de Virú.
Figura 7.4	Imagen satelital. Se observa un movimiento complejo (deslizamiento-flujo) en el sector Bellavista, distrito Chillia, provincia Pataz. Según versiones de los pobladores, el evento destruyó viviendas de los caseríos Bellavista, Bambas, Colmena, Palles y Huayachi.
Figura 7.5	Mapa de isosistas del sismo del 14 de febrero de 1619, Trujillo.
Figura 7.6	Mapa de isosistas del sismo del 24 de julio de 1912, Huancabamba.
Figura 7.7	Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas.
Figura 7.8	Distribución espacial de los sismos en los alrededores de la región.
Figura 7.9	Distribución de isoaceleraciones (gals) para un 10% de excedencia en 20 años.
Figura 7.10	Distribución de isoaceleraciones (gals) para un 10% de excedencia en 50 años.
Figura 7.11	Distribución de isoaceleraciones (gals) para un 10% de excedencia en 100 años.
Figura 7.12	Zonificación sísmica del Perú.
Figura 7.13	Curva de Peligro Anual para la localidad de Pias-La Libertad
Figura 7.14	Curva de Peligro Anual para el sitio arqueológico de Chan Chan-La Libertad

- Figura 7.15** Carta de inundación en caso de *tsunami*, Puerto Pacasmayo. Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.
- Figura 7.16** Carta de inundación en caso de *tsunami*, Puerto Chicama. Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.
- Figura 7.17** Carta de inundación en caso de *tsunami*, balneario Buenos Aires. Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.
- Figura 7.18** Carta de inundación en caso de *tsunami*, balneario Las Delicias.
- Figura 7.19** Carta de inundación en caso de *tsunami*, puerto Salaverry. Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.
- Figura 7.20** Carta de inundación en caso de *tsunami*, Balneario Huanchaco. Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra.
- Figura 7.21** Carta de inundación en caso de *tsunami*, Balneario Huanchaquito. Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú.
- Figura 10.1** Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno (tomado de Ingemmet, 2000).
- Figura 10.2** Colocación de escollera (tomado de Ingemmet, 2000).
- Figura 10.3** Esquema de un talud con bermas intermedias (tomado de Ingemmet, 2000).
- Figura 10.4** Detalle de una canaleta de drenaje superficial (tomado de Ingemmet, 2000).
- Figura 10.5** Disposición de sistema de drenaje de taludes no homogéneos (tomado de Ingemmet, 2000).
- Figura 10.6** Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos (López García, 1984).
- Figura 10.7** Posición óptima de una galería de drenaje (Hoek y Bray, 1997).
- Figura 10.8** Drenaje de superficie de deslizamiento desde una galería de drenaje (tomado de Ingemmet, 2000).
- Figura 10.9** Disposición de zanjas de drenaje en un talud (tomado de Ingemmet, 2000).
- Figura 10.10** Zanjas de talud (tomado de Ingemmet, 2000).
- Figura 10.11** Drenaje tipo espina de pescado (tomado de Ingemmet, 2000).
- Figura 10.12** Detalles de un anclaje y ejemplos de aplicación (tomado de Ingemmet, 2000).
- Figura 10.13** Contención de un deslizamiento mediante un muro (tomado de Ingemmet, 2000).
- Figura 10.14** Relleno estabilizador sostenido por el muro (tomado de Ingemmet, 2000).
- Figura 10.15** a) Muro de sostenimiento, b) Muro de contención y c) Muro de revestimiento (tomado de Ingemmet, 2000).
- Figura 10.16** a. Muros de gravedad de piedra seca.
- Figura 10.16** b. Muros de gravedad de piedra argamasada (tomado de Ingemmet, 2000).
- Figura 10.17** Muros de gravedad de concreto ciclópeo (tomado de Ingemmet, 2000).
- Figura 10.18** Muros de espesor máximo (tomado de Ingemmet, 2000).
- Figura 10.19** Muros en L (tomado de Ingemmet, 2000).
- Figura 10.20** Muros de concreto armado tipo flexión (tomado de Ingemmet, 2000).
- Figura 10.21** Muro de gavión.
- Figura 10.22** Ejemplo de muros con pilotes (tomado de Ingemmet, 2000).
- Figura 10.23** Ejemplo de muros de pantalla (tomado de Ingemmet, 2000)
- Figura 10.24** Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas.
- Figura 10.25** Trincho de matorral tipo doble hilera de postes (adaptado de Valderrama et ál., 1964).

- Figura 10.26** Trincho de matorral tipo una hilera de postes (adaptado de Valderrama et ál., 1964).
- Figura 10.27** Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina (adaptado de Valderrama et ál., 1964).
- Figura 10.28** Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.
- Figura 10.29** Protección del lecho de la quebrada con muros escalonados (andenes), utilizando bloques de roca o concreto armado.

Cuadros

- Cuadro 2.1** Evolución de la población de la región La Libertad
- Cuadro 2.2** Superficie y densidad poblacional a nivel de provincias
- Cuadro 2.3** Estructura demográfica de la región La Libertad
- Cuadro 2.4** Distribución de la población por sexos
- Cuadro 2.5** Tipo de vivienda
- Cuadro 2.6** Ubicación de viviendas
- Cuadro 2.7** Disponibilidad de alumbrado eléctrico en viviendas
- Cuadro 2.8** Tipo de abastecimiento de agua
- Cuadro 2.9** Conexión de los servicios higiénicos
- Cuadro 2.10** Tipo de combustible que utilizan en los hogares
- Cuadro 2.11** Vías terrestres principales
- Cuadro 2.12** Instalaciones portuarias marítima
- Cuadro 2.13** Infraestructura de Aeropuertos y/o Aeródromos
- Cuadro 2.14** Centrales hidroeléctricas
- Cuadro 2.15** Áreas Naturales Protegidas en la región La Libertad

Fotografías

- Fotografía 3.1** Depósitos proluviales (I-1) compuestos por bloques y gravas en matriz limo-arenosa. Ubicado en el río Huaraday, distrito de Chao, provincia Virú.
- Fotografía 3.2** Depósitos coluvio-deluviales (I-4) afectados por procesos de erosión de laderas (cárcavas). Ubicado en el cerro Cholocday, al norte de la ciudad de Otuzco.
- Fotografía 3.3** Depósitos eólicos (I-5) ubicados en la margen derecha del canal de riego del Proyecto Chavimochic.
- Fotografía 3.4** Depósito marinos (I-6). Se muestra afectado por la inundación marina.
- Fotografía 3.5** Afloramiento de rocas intrusivas afectado por la erosión de ladera. Rocas susceptibles a la generación de flujos de detritos de gran volumen.
- Fotografía 3.6** Vista panorámica de los afloramientos de rocas volcánicas, cubierta ligeramente por vegetación natural. Sectores de Agallpata y Julcán.
- Fotografía 3.7** Se observan las rocas de las subunidades V-2 (compuesta por la intercalación de areniscas, cuarcitas y lutitas) y V-1 (compuesta por calizas intercaladas de margas). Oeste del poblado de Aricapampa, cerro Marco.
- Fotografía 3.8** Intercalación de lutitas, lodolitas y areniscas de la subunidad V-4 afectada por la erosión de ladera. Margen derecha del río Tablachaca, cerca al desvío Cabana.
- Fotografía 3.9** Afloramiento de roca metamórfica. Margen izquierda del río San Sebastián, noreste del poblado de Sitabamba.
- Fotografía 4.1** Vista del río Chamán, cerca del canal de la represa Gallito Ciego, sector Pachanga.

- Fotografía 4.2** Vista del río Jequetepeque, tomada desde la carretera entre Magdalena y Chilete. Cabecera de la cuenca, en el sector norte, sector de Coymolache.
- Fotografía 4.3** Vista panorámica del río Chicama, cerca de la bocatoma del proyecto Chavimochic.
- Fotografía 4.4** Vista del río Santa, en el sector El Silencio, distrito Chao, provincia Virú, límite con la región Áncash.
- Fotografía 4.5** Vista del río Marañón.
- Fotografía 4.6** Vista de la laguna Sausacocha, a 6 km de la ciudad de Huamachuco, provincia Sánchez Carrión.
- Fotografía 4.7** Vista de la laguna Pias, provincia Pataz.
- Fotografía 6.1** Relieve montañoso en rocas metamórficas, en el sector Sitabamba, disectado por el río San Sebastián, provincia Santiago de Chuco.
- Fotografía 6.2** Vista de un relieve montañoso estructuralmente plegado (anticlinal), camino a Huaranchal.
- Fotografía 6.3** Vista de un relieve colinado estructuralmente plegado (anticlinal), alrededores de la laguna Pias, provincia Pataz. Bordean las montañas esctructurales.
- Fotografía 6.4** Vista de un relieve montañoso en rocas volcánicas (RMC-rv) pertenecientes al volcánico Calipuy, ubicado en el sector Loma Colorada, localidad de Huanchaco (H).
- Fotografía 6.5** Vista de un relieve montañoso en rocas intrusivas frente al pueblo Sinsicap
- Fotografía 6.6** Vista de una dolina en el sector Urpay, provincia Pataz.
- Fotografía 6.7** Vista de un piedemonte coluvio-deluvial (P-cd) conformado por el material procedente de un deslizamiento antiguo. Sector La Colpa, distrito Tayabamba, provincia Pataz. áfico 2.1. Distribución de la población a nivel provincial.
- Fotografía 6.8** Depósito de vertiente de detritos (Vd) formado por la acumulación de clastos caídos desde la parte superior de la ladera, margen derecha del río Santa.
- Fotografía 6.9** Vista de un valle glaciar con laguna (La Negra) V-g. Sector Rangrarangra, provincia Sánchez Carrión.
- Fotografía 6.10** A. Uno de los principales represamientos de valle, originado por un deslizamiento (D). Está ubicado en la margen derecha del río Parcoy, provincia Pataz. El represamiento formó la laguna Pias (L). Las fotos B y C son vistas panorámicas que pertenecen al mismo represamiento de valle.
- Fotografía 6.11** Vista de un abanico proluvial depositado en la margen derecha del río Tablachaca, afluente del río Santa.
- Fotografía 6.12** Vista de un abanico aluvial depositado por los cursos de los ríos que bajan desde los relieves montañosos estructurales en rocas sedimentarias. Sobre el abanico, se encuentra asentado el poblado El Pallar, provincia Sánchez Carrión. Estos abanicos se entremezclan con los depósitos de valle del río Chusgón.
- Fotografía 6.13** Vista de un abanico aluvial depositado en la margen izquierda del río Chicama.
- Fotografía 6.14** Vista de la llanura de inundación (Lli) del río Sanagorán, en la margen derecha. Dentro de la llanura de inundación, se encuentra ubicado el poblado Sanagorán (A), provincia Sánchez Carrión.
- Fotografía 6.15** Vista de la llanura de inundación del río Chicama.
- Fotografía 6.16** Terraza (T) en la margen derecha del río San Miguel.
- Fotografía 6.17** Valle del río Chicama. Se puede apreciar el cauce del río, así como las terrazas (T).
- Fotografía 6.18** Vista de isla fluvial, ubicada en el río Chusgón.
- Fotografía 6.19** Vista de la laguna Pias.
- Fotografía 6.20** Vista de la planicie costanera, tomada desde la Panamericana Norte.
- Fotografía 6.21** Vista de la playa marina en Salaverry.
- Fotografía 6.22** Vista de mantos eólicos.
- Fotografía 7.1** Caída de rocas. CerroAtacolpa, distrito Tayabamba, provincia Pataz.

- Fotografía 7.2** Derrumbe en talud superior de carretera. Tramo Trujillo-Otuzco, sector Plazapampa, provincia de Otuzco.
- Fotografía 7.3** Escarpa de deslizamiento Pias, ubicado en el cerro Chacpachuccho, distrito de Pias, provincia de Pataz. Este deslizamiento fue descrito por Ferro en 1974.
- Fotografía 7.4** Vista panorámica del deslizamiento de Auyos-Asia, ubicado en la provincia de Pataz. Se distinguen dos eventos: el área de embalse frente a Tollos y el grado de inestabilidad de la zona. Foto: W. Zavala, noviembre 2003.
- Fotografía 7.5** Deslizamiento traslacional, ubicado en el cerro Orcón, noreste del poblado de Charrat, provincia de Otuzco.
- Fotografía 7.6** Depósitos de flujos antiguos al pie de la quebrada Chimina, distrito de Sarín, provincia de Sánchez Carrión.
- Fotografía 7.7** Depósitos de flujos antiguos ubicados al pie de la quebrada Salavín, margen izquierda del río Chicama, distrito Marmot.
- Fotografía 7.8** Depósitos de flujo de lodo antiguo ubicados al pie de la quebrada Río Seco, margen derecha de la quebrada de León, distrito Laredo.
- Fotografía 7.9** Movimiento complejo (deslizamiento-flujo) en la margen izquierda del río Chusgón, al sur del caserío Yanasara.
- Fotografía 7.10** Reptación de suelos. Talud superior del pueblo de Cachicadán, provincia de Santiago de Chuco.
- Fotografía 7.11** Erosión fluvial en la margen derecha del río Chicama. Afecta carretera afirmada Trujillo-Cascas.
- Fotografía 7.12** Erosión fluvial en ambas márgenes del río Chusgón (caserío Pallar), distrito Huamachuco, provincia Sánchez Carrión. Durante el fenómeno El Niño, de 1997 a 1998, la erosión fluvial afectó la carretera afirmada de acceso a Tayabamba y destruyó la mitad de las viviendas del centro poblado El Pallar.
- Fotografía 7.13** Erosión fluvial en la margen derecha del río Marañón. Afecta la plataforma de la carretera afirmada Chagual-Pias.
- Fotografía 7.14** Erosión fluvial en la margen izquierda del río Chicama. Afectó la plataforma asfaltada de la carretera Panamericana Norte.
- Fotografía 7.15** Área susceptible a inundación fluvial, ubicada en la margen derecha del río Chicama, caserío Sinupe, distrito de Cascas, provincia de Gran Chimú. Afectaría cultivos de arroz.
- Fotografía 7.16** Mantos de arena que rodean al cerro Cabras. Sobre el depósito, está asentado el AA. HH. Pueblo del Sol perteneciente al distrito El Porvenir, provincia Trujillo.
- Fotografía 7.17** Mantos de arena en la margen derecha del canal de riego del Proyecto especial Chavimochic ubicado en el sector del Cerro Urango, distrito Chao, provincia Virú.
- Fotografía 7.18** Mantos de arena que afectan la carretera de acceso por la Panamericana Norte. Altura del km 491. Sector Pampa Los Pancitos, distrito de Chao, provincia Virú.
- Fotografía 7.19** Erosión laminar y erosión en cárcava. Sector Loma Colorada, al sur del caserío Huanchaco, distrito Charat, Provincia Otuzco.
- Fotografía 7.20** Erosión en cárcava con acumulación de flujos de detritos, ubicada en el cerro Oropungo, quebrada Huacaniday, distrito de Cochorco, provincia Sánchez Carrión.
- Fotografía 7.21** Erosión en cárcava con acumulación de flujos, ubicada en la margen derecha del río Tablachaca, cerro Mashgón, distrito y provincia de Santiago de Chuco.
- Fotografía 7.22** Erosión en cárcava. En la margen izquierda, se observa un deslizamiento. Está ubicada en el sector de Pinantay, cerro Chacarorco, suroeste del poblado de Lucma, distrito Lucma, provincia gran Chimú.
- Fotografía 7.23** Erosión en cárcava, en la quebrada Chivo (Potrerillo), ubicada dentro del distrito de Curgos, provincia Sánchez Carrión, carretera Huamachucho-Chugay.
- Fotografía 7.24** Erosión marina, acumulación de conos de taludes. Sector de la Barranca, distrito de Guadalupe, provincia de Pacasmayo. Fotografía: Manuel Vilchez, 2007.
- Fotografía 7.25** Erosión marina produce derrumbes en el acantilado. Ubicada al norte del balneario de Cherrepe, provincia de Chepén. Fotografía: Manuel Vilchez, 2007.

- Fotografía 7.26** Erosión marina al oeste de la ciudad Víctor Larco Herrera, provincia Trujillo.
- Fotografía 9.1 y Fotografía 9.2** Área susceptible a la ocurrencia de derrumbes desde acantilado conformado por material aluvial, sector de Faclo Grande, El Ingenio, Chepén-La Libertad.
- Fotografía 9.3** Área susceptible a erosión fluvial, ubicada en la margen izquierda del río Chicama, frente a Punta Morena, distrito de Chicama, provincia de Ascope.
- Fotografía 9.4** Área susceptible a inundaciones y erosión fluvial, confluencia de los ríos Cascas y Chicama. Se observan depósitos aluviales y fluviales compuestos por bloques de roca.
- Fotografía 9.5** Deslizamiento-flujo en Charat. Se observan bloques de rocas de 3 m a 5 m de diámetro suspendidos en ladera.
- Fotografía 9.6** Derrumbe en la parte alta del caserío de Laclambay, distrito Charat, provincia Otuzco. También presenta caída rocas ocasionada por sismos.
- Fotografía 9.7** Derrumbe entre las quebradas Lirios y Ciénegos, distrito Huaranchal, provincia Otuzco. Afecta carretera de acceso a Huaranchal.
- Fotografía 9.8** Erosión fluvial en ambas márgenes de la quebrada Charat, distrito de Huaranchal, provincia Otuzco. Se observa un puente aproximadamente de 20 m de luz abandonado a media construcción.
- Fotografía 9.9** Erosión fluvial en la margen derecha de la quebrada La Cuesta, distrito La Cuesta, provincia de Otuzco. Podría afectar a viviendas ubicadas al borde de la quebrada. Las viviendas se encuentran ubicadas sobre depósito de derrumbe antiguo.
- Fotografía 9.10** Deslizamiento rotacional activo en Chaga Pampa, distrito y provincia de Otuzco. En 1998, represó temporalmente el río Pollo.
- Fotografía 9.11** Hundimiento en San Benencio, provincia de Otuzco. Se observa dos viviendas colapsadas.
- Fotografía 9.12** Erosión de laderas (cárcava) en el cerro Cholocday, distrito y provincia de Otuzco.
- Fotografía 9.13** Deslizamiento rotacional en el km 34+100 de la carretera Trujillo-Huamachuco, distrito y provincia de Otuzco.
- Fotografía 9.14** Erosión fluvial en la margen derecha del río Moche. Podría afectar viviendas del caserío El Angulo, distrito de Salpo y provincia de Otuzco.
- Fotografía 9.15** Deslizamiento en el talud superior de la carretera Trujillo-Otuzco, sector Plaza Pampa, distrito de Salpo, provincia de Otuzco.
- Fotografía 9.16** Depósitos de flujo de detritos en el caserío Cajamarca, distrito de Sinsicap, provincia de Otuzco.
- Fotografía 9.17** Área susceptible a procesos de erosión fluvial en ambas márgenes del río Santa Lucía, sector San Ignacio. Como medida de protección, se ha construido un muro de concreto que invade el cauce de río, el cual se debe modificar, ya que está sujeto a erosión y posterior colapso.
- Fotografía 9.18** Escarpa de deslizamiento activo ocurrida en abril de 2008 en el sector del Alizo, distrito de Usquil, provincia de Otuzco. Podría afectar a viviendas del poblado Pampa Verde. (125531148, F371).
- Fotografía 9.19** Vista panorámica del caserío de Coina, distrito Usquil, provincia Otuzco. La población se encuentra asentada en el antiguo depósito de flujo y depósito de deslizamiento-flujo.
- Fotografía 9.20** Erosión de ladera en ambas márgenes de la quebrada, sector Cerro Blanco, distrito Usquil, provincia Otuzco. También presenta derrumbes, caída de rocas que podrían afectar operaciones mineras de carbón y la carretera Usquil-Capachique.
- Fotografía 9.21** Área susceptible a derrumbe en caso de sismo, sector 2, el mirador de El Provenir, distrito El Provenir, provincia Trujillo.
- Fotografía 9.22** Flujo de detritos en la quebrada Palo Redondo, distrito de Chao, provincia Virú.
- Fotografía 9.23** Depósitos de flujo de detritos, sector Túnel 08 del proyecto Chavimochic, distrito Chao, provincia de Virú.

- Fotografía 9.24** Vista de la bocatoma Chavimochic. En los taludes del cerro, se observan bloques de roca.
- Fotografía 9.25** Erosión de laderas y derrumbes en la quebrada Potrero, distrito Angasmarca, provincia Santiago de Chuco.
- Fotografía 9.26** Vista panorámica de los movimientos en masa en la margen derecha del río Tablachaca, distrito Mollepata, provincia Santiago de Chuco.
- Fotografía 9.27** Talud susceptible a caída de rocas en el cerro Cacañán, distrito Sitabamba, provincia Santiago de Chuco.
- Fotografía 9.28** Vista panorámica del poblado de Sitabamba. Las viviendas están construidas sobre depósitos de avalancha y deslizamiento antiguo.
- Fotografía 9.29** Vista panorámica de la erosión de ladera en el sector Potrerillo (quebrada Chivo).
- Fotografía 9.30** Talud susceptible a derrumbes, cuya pendiente es muy escarpada y presenta agrietamientos, sector Potrerillo (quebrada Chivo).
- Fotografía 9.31** Reptación de suelos en el caserío La Colpa, distrito Huamachuco, provincia Sánchez Carrión.
- Fotografía 9.32** Vista panorámica del caserío El Pallar. Las viviendas del caserío están construidas sobre depósitos de huaicos antiguos. Viviendas se encuentran asentadas sobre abanico antiguo.
- Fotografía 9.33** Deslizamiento en el km 25+670 de la carretera Huamachuco-Trujillo, provincia Sánchez Carrión.
- Fotografía 9.34** Área susceptible a derrumbe-flujo en la parte alta de Adaumas, distrito de Sanagorán, provincia Sánchez Carrión.
- Fotografía 9.35** Área susceptible a inundaciones y erosión fluvial, poblado de Sanagorán, provincia Sánchez Carrión.
- Fotografía 9.36** Erosión en cárcava en Sartimbamba, provincia Sánchez Carrión.
- Fotografía 9.37** Escarpa de deslizamiento activo en el sector de Uchumarca, provincia Bolívar.
- Fotografía 9.38** Vista panorámica de los sectores de Parcoy y Retamas (centro minero). Área susceptible a la ocurrencia de flujos y derrumbes. Las viviendas se encuentran construidas dentro del cauce de la quebrada Patacocha.
- Fotografía 9.39** Erosión de laderas en Bella Aurora, distrito Parcoy, provincia Pataz.
- Fotografía 9.40** Vista panorámica de la ciudad de Tayabamba. Ocurrencias de deslizamiento, derrumbes y erosión en cárcava.

Gráfico

- Gráfico 2.1** Distribución de la población a nivel provincia. Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, censo 2007.
- Gráfico 2.2** Estructura poblacional de la región La Libertad.
- Gráfico 2.3** PEA de la región La Libertad según sexo.
- Gráfico 2.4** Población rural y urbana a nivel de provincias de la región La Libertad.
- Gráfico 2.5** Analfabetismo en la región La Libertad.
- Gráfico 7.1** Distribución porcentual de los peligros identificados en la región La Libertad según su origen.
- Gráfico 7.2** Porcentajes de ocurrencias por provincias.
- Gráfico 7.3** Ocurrencia de peligros geológicos y geohidrológicos por distritos.
- Gráfico 7.4** Distribución porcentual de los principales peligros geológicos por movimientos en masa ocurridos en la región La Libertad.
- Gráfico 7.5** Porcentaje de las ocurrencias de caída con respecto a las provincias de la región La Libertad.
- Gráfico 7.6** Porcentaje de las ocurrencias de deslizamiento con respecto a las provincias de la región La Libertad.
- Gráfico 7.7** Porcentaje de la ocurrencia de flujos con respecto a las provincias de la región La Libertad.
- Gráfico 9.1** Distribución de zonas críticas por provincias.

Imágenes satelitales

- Imagen 4.1** Imagen satelital del río Moche. Fuente: Google Earth.
- Imagen 4.2** Vista de la cuenca de los ríos Virú y Chao. Fuente: Google Earth.
- Imagen 4.3** Vista del río Chao y la localidad que lleva el mismo nombre. Fuente: Google Earth
- Imagen 4.4** Vista de la cuenca Alto Huallaga. Fuente: Google Earth.
- Imagen 6.1** Vista del relieve colinado en rocas sedimentarias y volcánicas, en la margen derecha del río Santa, al suroeste de la región. Imagen del Google Earth.
- Imagen 6.2** Vista de relieve Kárstico (R-Kr), en el sector Chillia, provincia de Pataz. Fuente: Google Earth.
- Imagen 6.3** Vista de piedemonte aluvio-torrencial, al noroeste de Casagrande. Fuente: *Google Earth*.
- Imagen 6.4** Vista de un piedemonte aluvial, confluencia de los ríos Lavasén y Marañón. Fuente: *Google Earth*.
- Imagen 6.5** Vista de los depósitos glacio-fluviales (V-gf) en las cabeceras del río Chivano, afluente del río Marañón (margen derecha), sector nororiente de la región, cerca del límite con la región San Martín. Fuente: *Google Earth*.
- Imagen 6.6** Valle fluvial y terrazas indiferenciadas (VT-i), río Marañón. Fuente: *Google Earth*.
- Imagen 6.7** Vista de terraza lacustre en los bordes de las lagunas ubicadas en los alrededores de la ciudad de Huamachuco. Fuente: *Google Earth*.
- Imagen 6.8** Vista de una terraza marina (T-m) ubicada al borde del litoral. Fuente: *Google Earth*.
- Imagen 6.9** Vista de cordón de duna, se encuentran entre los valles de los ríos Jequetepeque y Chicama. Fuente: *Google Earth*.

INGEMMET

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: comunicacion@ingemmet.gob.pe