



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Instituto Geológico Minero
y Metalúrgico - INGEMMET



Riesgo Geológico en la Región San Martín

Boletín N° 42 Serie C

Geodinámica e Ingeniería Geológica



Por:

Segundo Núñez Juárez

Griselda Luque Poma

Walter Pari Pinto

Lima, Perú

2010



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

Instituto Geológico Minero
y Metalúrgico - INGEMMET



Riesgo Geológico en la Región San Martín

Boletín N° 42 Serie C
Geodinámica e Ingeniería Geológica



Por:

Segundo Núñez Juárez

Griselda Luque Poma

Walter Pari Pinto

Lima, Perú

2010

SERIE C: GEODINÁMICA E INGENIERÍA GEOLÓGICA,
N° 42, 2010.

Hecho el Depósito Legal N° 2011-10854
Razón Social: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
(INGEMMET)
Domicilio: Av. Canadá N° 1470, San Borja, Lima, Perú
Primera Edición, INGEMMET 2011
Se terminó de imprimir el 26 de agosto del año 2011 en los
talleres de INGEMMET.

© **INGEMMET**

Derechos Reservados. Prohibida su reproducción

Presidente del Consejo Directivo: Walter Casquino.
Secretario General: Juan Carlos Lam.

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

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, César Egocheaga.
Corrección gramatical y de estilo: Carmen Castillo.
Diagramación: Sonia Bermúdez.

Portada: Área geográfica cubierta por el estudio.

Referencia bibliográfica

Nuñez, S. & Luque, G. (2010) - Riesgos Geológicos en la Región
San Martín. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e
Ingeniería Geológica*, 42, 200 p., 11 mapas.

Contenido

RESUMEN	1
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO II	
ASPECTOS GENERALES DE LA REGIÓN SAN MARTÍN.....	7
CAPÍTULO III	
ASPECTOS LITOLÓGICOS.....	23
CAPÍTULO IV	
ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS.....	35
CAPÍTULO V	
ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	39
CAPÍTULO VI	
PELIGROS GEOLÓGICOS, GEOHIDROLÓGICOS Y SÍSMICO.....	63
CAPÍTULO VII	
SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA.....	165
CAPÍTULO VIII	
SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES Y EROSIONES FLUVIALES.....	173
CAPÍTULO IX	
ALTERNATIVAS DE MANEJO DE PROBLEMAS GEODINÁMICOS.....	177
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	195
BIBLIOGRAFÍA	197

RELACIÓN DE MAPAS E ILUSTRACIONES

Mapas Escala 1: 300 000

Mapa 1	Litológico.
Mapa 2	Hidrogeológico.
Mapa 3	Geomorfológico.
Mapa 4	Pendientes.
Mapa 5	Inventario de peligros geológicos.
Mapa 6	Mapa de zonas críticas.
Mapa 7	Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa.
Mapa 8	Mapa de susceptibilidad a inundaciones y erosiones fluviales.

Figuras

Figura 2.1	Mapa de ubicación.
Figura 2.2	Red de estaciones meteorológicas de la región San Martín.
Figura 2.3	Mapa de precipitación anual - período lluvioso normal setiembre-mayo.
Figura 2.4	Mapa de precipitación acumulada «El Niño 1997/1998».
Figura 2.5	Mapa de áreas naturales protegidas por el estado.
Figura 5.1	Imagen satelital del sector de la cuenca del río Jelache donde se muestra valle profundo, con fuertes pendientes, pertenecientes al Complejo Marañón.
Figura 5.2	Montañas de pendiente media, sector entre los ríos Breo y Tepna.
Figura 5.3	Confluencia del río Jelache sobre el Huayabamba, se muestran la dirección que tienen las montañas.
Figura 5.4	Montaña disolucional, sector entre los ríos Huayabacu y Huayabamba.
Figura 5.5	Sector sureste de la región San Martín, en la imagen satelital se aprecian las subunidades de colinas disectadas.
Figura 5.6	Colinas disectadas, sector de Callanayacu (distrito Chazuta, provincia San Martín).
Figura 5.7	Colinas altas, Sector de Bajo Biavo (distrito Bajo Biavo, provincia Bellavista).
Figura 5.8	Lomadas, sector de Paz y Esperanza – Nueva Moyobamba (distrito y provincia Moyobamba).
Figura 5.9	Monte Isla, sector cerro Calzada (distrito Calzada, provincia Moyobamba).
Figura 5.10	Sector de Cachiyaquillo, muestra un domo salino (distrito La Pólvora, provincia Tocache).
Figura 5.11	Vertiente de detritos, sector de Balsayacu (distrito La Pólvora, provincia de San Martín).

- Figura 5.12 Se muestra una antigua avalancha de rocas, (distritos de Sauce provincia de San Martín).
- Figura 5.13 Vista de planta y sección transversal A-B del lecho de un meandro (Villota, 2005).
- Figura 5.14 Se muestra la llanura meándrica inundable, lagunas formadas por estrangulamiento de meandro y orillares formados por el río Huallaga, sector de Chirupana – El Porvenir (distritos: Hulmabayoc y Navarro, provincia San Martín).
- Figura 5.15 Se muestra al río Huallaga de forma trenzada, se han formado islas. Sectores de Bellavista-Tingo de Saposo-Huallaga-Pajarrillo.
- Figura 5.16 Río Mishollo, valle trenzado, el cual desemboca al río Huallaga (distrito y provincia Tocache).
- Figura 5.17 Nacientes del río Tocache, se muestran lagunas, antiguos valles glaciares.
- Figura 5.18 Fórmula para determinar si el río es de tipo meándrico (Villota 2006).
- Figura 6.1 Mapa de Líneas Isosistas del Sismo de Moyobamba del 06 de agosto de 1945.
- Figura 6.2 Mapa de Líneas Isosistas del Sismo de Moyobamba del 19 de junio de 1968.
- Figura 6.3 Mapa de distribución de intensidades sísmicas máximas.
- Figura 6.4 Mapa de distribución de sismos ocurridos entre 1500 a 2005.
- Figura 6.5 Mapa de distribución de isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 20 años.
- Figura 6.6 Mapa de distribución de isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 50 años.
- Figura 6.7 Mapa de distribución de isoaceleraciones para un 10% de excedencia en 100 años.
- Figura 6.8 Mapa de zonificación sísmica del Perú.
- Figura 6.9 Curva de peligro anual sísmico para Moyobamba.
- Figura 9.1 Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno.
- Figura 9.2 Colocación de escolleras.
- Figura 9.3 Esquema de un talud con bermas intermedias.
- Figura 9.4 Detalles de una canaleta de drenaje superficial.
- Figura 9.5 Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos.
- Figura 9.6 Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos.
- Figura 9.7 Posición óptima de una galería de drenaje.
- Figura 9.8 Drenaje de superficie de deslizamiento desde una galería de drenaje.
- Figura 9.9 Disposición de zanjas de drenaje en un talud.
- Figura 9.10 Zanjas de talud.
- Figura 9.11 Drenaje tipo «espina de pescado».
- Figura 9.12 Detalles de un anclaje y ejemplos de aplicación.
- Figura 9.13 Contención de un deslizamiento mediante un muro.
- Figura 9.14 Relleno estabilizador sostenido por un muro.
- Figura 9.15 Tipos de muros: a) Sostenimiento, b) Contención, c) Revestimiento.
- Figura 9.16 Muros de gravedad.

- Figura 9.17 Muros de gravedad de concreto ciclópeo.
- Figura 9.18 Muros de espesor máximo.
- Figura 9.19 Muros con «L»
- Figura 9.20 Muros de concreto tipo flexión,
- Figura 9.21 Gaviones.
- Figura 9.22 Muro de gaviones.
- Figura 9.23 Ejemplos de muros con pilote.
- Figura 9.24 Ejemplos de muros de pantalla.
- Figura 9.25 Obras hidráulicas transversales para cárcavas, fijación de sedimentos y protección de desagüeros naturales.
- Figura 9.26 Trincho de matorral (tipo doble hilera de postes).
- Figura 9.27 Trincho de matorral (tipo una hilera de postes).
- Figura 9.28 Procesos de forestación en las cabeceras y márgenes de áreas inestables.
- Figura 9.29 Tipos de presas escalonadas para la protección de fondo de cárcavas y huaycos incipientes.

Cuadros

- Cuadro 2.1 Población proyectada al 30 de Junio de 2005.
- Cuadro 2.2 Estaciones meteorológicas de la región San Martín.
- Cuadro 2.3 Temperatura media anual (°C), región San Martín.
- Cuadro 2.4 Superficie, población, densidad poblacional y la altitud de la capital de provincia.
- Cuadro 2.5 Región San Martín: longitud de la red vial por tipo de superficie de rodadura según sistema - año 2004.
- Cuadro 2.6 Infraestructura de aeropuertos y/o aeródromos.
- Cuadro 2.7 Principales puertos de la región San Martín.
- Cuadro 6.1 Distribución total de los peligros de la región San Martín por grupo de peligros.
- Cuadro 6.2 Principales deslizamientos que se presentan en la región.
- Cuadro 6.3 Principales derrumbes que se presentan en la región.
- Cuadro 6.4 Principales eventos de flujos de detritos que ocurren en la región.
- Cuadro 6.5 Principales inundaciones fluviales que se presentan en la región.
- Cuadro 6.6 Principales erosiones fluviales que se presentan en la región.
- Cuadro 6.7 Zonas críticas de la provincia de Moyobamba.
- Cuadro 6.8 Zonas críticas de la provincia de Lamas.
- Cuadro 6.9 Zonas críticas de la provincia de Rioja.
- Cuadro 6.10 Zonas críticas de la provincia de San Martín.
- Cuadro 6.11 Zonas críticas de la provincia de Dorado.
- Cuadro 6.12 Zonas críticas de la provincia de Mariscal Cáceres.
- Cuadro 6.13 Zonas críticas de la provincia de Huallaga.

VIII

- Cuadro 6.14 Zonas críticas de la provincia de Picota.
- Cuadro 6.15 Zonas críticas de la provincia de Bellavista.
- Cuadro 6.16 Descripción de los datos macrosísmicos ocurridos en la región de estudio.
- Cuadro 6.17 Clasificación del factor detonante (sismicidad).
- Cuadro 7.1 Geomorfología y susceptibilidad a los movimientos en masa.
- Cuadro 7.2 Clasificación de pendientes y susceptibilidad a los movimientos en masa.
- Cuadro 7.3 Litología y susceptibilidad a los movimientos en masa.
- Cuadro 7.4 Unidades hidrogeología y susceptibilidad a los movimientos en masa.
- Cuadro 7.5 Ponderación de las variables en el análisis de susceptibilidad a los movimientos en masa.
- Cuadro 7.6 Grado de susceptibilidad.
- Cuadro 8.1 Ponderación de las variables en el análisis de susceptibilidad a las inundaciones.
- Cuadro 8.2 Unidades geomorfológicas y susceptibilidad a las inundaciones.
- Cuadro 8.3 Pendientes y susceptibilidad a las inundaciones.
- Cuadro 8.4 Susceptibilidad a las inundaciones – región San Martín.

Fotografías

- Foto 3.1 Depósitos fluviales ubicados en el cauce del río Occhique, en los que se observa bolones y cantos subangulosos a subredondeados. Provincia Moyobamba, distrito Soritor.
- Foto 3.2 Depósitos fluviales ubicados en el cauce del río Cumbaza, en ellos se observa bloques subangulosos a subredondeados. Área susceptible a inundación (Provincia San Martín, distrito San Antonio).
- Foto 3.3 Depósitos fluviales ubicados en el cauce del Huallaga, se observa depósitos de arenas y limos poco consolidados. Área susceptible a inundación. Provincia de Picota, distrito Pilluana.
- Foto 3.4 Depósitos aluviales compuesta de arenas, limos y arcillas ubicado en la margen derecha del río Mayo, sector Tahuishco.
- Foto 3.5 Afloramiento rocoso de la Formación Chonta compuesto por estratos de calizas arenosas intercaladas con limolitas. Sector San Pedro de Cumbaza. Provincia de San Martín, distrito San Antonio.
- Foto 3.6 Afloramiento de calizas del Grupo Pucará compuesto por estratos de calizas arenosas intercaladas con limolitas. Sector La Victoria. Provincia de Rioja, distrito de Nueva Cajamarca.
- Foto 3.7 Areniscas cuarzosas con finas intercalaciones de lutitas y limolitas pertenecientes a la Formación Cushabatay-Grupo Oriente, Sector Laguna Azul en la provincia de San Martín, distrito de Sauce.
- Foto 3.8 Afloramiento de areniscas arcólicas, líticas, subcuarzosas rojas de grano medio a fino de la Formación Sarayaquillo. Carretera Tarapoto-Yurimaguas Km 37+450, en la provincia de San Martín, distrito de La Banda de Shilcayo.
- Foto 3.9 Formación Ipururo. Afloramiento de areniscas grises intercalados con algunos niveles de conglomerados, Carretera Bellavista-Juanjuí.
- Foto 3.10 Lodolitas rojizas intercalado con areniscas arcillosas marrón rojizas, Grupo Huayabamba. Provincia de Moyobamba, distrito de Soritor.
- Foto 3.11 Lutitas y limolitas grises de la Formación Cachiyacu-Hushpayacu-Casa Blanca en contacto con areniscas tobáceas de la Formación Pozo. Sector carretera Tarapoto-Yurimaguas Km 51+600.

- Foto 3.12 Conglomerados, lentes de areniscas y secuencias arcillosas semicompactos de la Formación Juanjuí. Provincia de Mariscal Cáceres, distrito Juanjuí.
- Foto 3.13 Discordancia angular entre las formaciones Juanjuí y Chambira, carretera Bellavista-San Pablo.
- Fotos 3.14 a, b. Domo de sal, constituido por yeso y anhidrita conjuntamente con limolitas y lodolitas rojizas contorsionadas y fragmentadas sector de Pilluana. Susceptible a la ocurrencia de derrumbes. Provincia de Picota, distrito de Pilluana.
- Foto 5.1 Montañas estructurales en el sector Bellavista (distrito Soritor- provincia Moyobamba).
- Foto 5.2 Montañas estructurales, sector de Tarapoto (distrito Tarapoto, provincia San Martín).
- Foto 5.3 Colinas estructurales, sector Santa Rosa Shapaja (distrito Shapaja, provincia San Martín).
- Foto 5.4 Colinas estructurales disectada, sector Nuevo Triunfo, (distrito Bajo Biavo, provincia Bellavista).
- Foto 5.5 Colinas altas, sector de Incaico, margen izquierda del río Pajarrillo (distrito Bajo Biavo, provincia Bellavista).
- Foto 5.6 Monte Isla, sector Calzada, distrito Calzada, provincia Moyobamba.
- Foto 5.7 Domo salino de Pilluana, se muestra los derrumbes (margen derecha de la quebrada Desaguadero), distritos de Pilluana y Sauce.
- Foto 5.8 Abanico proluvial, Sector de San Miguel (distrito de Tabalosos, provincia Lamas). Flujo (huayco) que afectó a la carretera Federico Basadre.
- Foto 5.9 Bloques, producto de la antigua avalancha de rocas (distrito de Mishquiyacu, provincia Picota).
- Foto 5.10 Sector entre Soritor y San Marcos, se muestran planicies, terrazas altas y al fondo las montañas. (Distrito Soritor, provincia Moyobamba).
- Foto 5.11 Río Mayo, sector de Tahuishco, (distrito y provincia de Moyobamba).
- Foto 5.12 Vista del río Sisa se muestran la llanura inundable. Sector Sisa-San Rafael, (distrito San Rafael, provincia Bellavista).
- Foto 5.13 Río Huallaga, se muestra trenzado, sector Picota.
- Foto 5.14 Barras formadas en el cauce del río Huallaga, sector de Tingo de Saposoa (distrito Tingo de Saposoa, provincia Bellavista).
- Foto 6.1 Deslizamiento rotacional, sector La Unión (distrito Yorongos, provincia Rioja).
- Foto 6.2 Deslizamiento rotacional de Lamas, carretera Tarapoto-Lamas (provincia y distrito de Lamas).
- Foto 6.3 Deslizamiento de Lamas, carretera Moyobamba-Tarapoto, km. 517 (distrito Tabalosos, provincia Lamas).
- Foto 6.4 Deslizamiento frente a San Miguel, carretera Moyobamba-Tarapoto, (distrito y provincia de Lamas).
- Foto 6.5 Sector de la quebrada Desaguadero, en la margen derecha se presentan derrumbes. Domo de Sal de Pilluana (provincia Picota, distrito Pilluana).
- Foto 6.6 Domo de Pilluana, sector de la quebrada López, se presentan derrumbes (provincia de Picota, distrito Buenos Aires).

Gráficos

- Gráfico 2.1 Temperatura media anual vs meses, por estaciones.
- Gráfico 2.2 Precipitación total media anual vs meses.
- Gráfico 2.3 Población porcentual provincial.
- Gráfico 2.4 Porcentaje total de la red vial de la región San Martín, según el MTC, 2004.

- Gráfico 2.5 Longitud de red vial de la región San Martín según MTC-2004.
- Gráfico 6.1 Distribución de los peligros geológicos según grupo de categorías.
- Gráfico 6.2 Distribución porcentual de los peligros geológicos en la región San Martín.
- Gráfico 6.3 Distribución total de los peligros geológicos y geohidrológicos en la región San Martín.
- Gráfico 6.4 Distribución de los peligros geológicos por movimiento en masa en la región San Martín.
- Gráfico 6.5 Ocurrencias de deslizamientos con respecto al tipo de roca.
- Gráfico 6.6 Ocurrencias de derrumbes con respecto al tipo de roca.
- Gráfico 6.7 Relación de las caídas de rocas con el tipo de litología.
- Gráfico 6.8 Distribución de los flujos de detritos según el tipo de litología.
- Gráfico 6.9 Distribución de los movimientos complejos según el tipo de litología.
- Gráfico 6.10 Distribución de las zonas críticas según grupo de peligros.

RESUMEN

La región San Martín se ubica en la parte Nororiental del territorio peruano y tiene un área de 51 253,37 km². Su población es de 728 808 habitantes (INEI censo de población y vivienda 2007) distribuida en 10 provincias. Dentro de la región se encuentran ciudades importantes como Tarapoto y Moyobamba, las localidades de Tocache, Juanjuí, Bellavista, El Dorado, Nueva Cajamarca, Pardo Miguel, Tabalosos, San Miguel, entre otras. Las obras más importantes de infraestructura son: la carretera Marginal Fernando Belaúnde, el aeropuerto Cap. Fap. Guillermo del Castillo Paredes, los aeródromos ubicados en Juanjuí, Saposoa, Tocache y Uchiza; así como también, se desarrollan actividades económicas importantes como turismo, comercio, ganadería, y agricultura.

Por su ubicación geográfica, se encuentra en una zona de alta concentración de precipitaciones pluviales, las cuales son detonantes de fenómenos de movimientos en masas e inundaciones. La región ocupa las zonas alto andina, selva alta y selva baja. Destacan los sistemas de drenaje de los ríos Huallaga, Mayo, y sus afluentes como el Tonchima, Naranjillo, Yuracyacu, Cumbaza, etc.

En la Base de Datos sobre peligros geológicos elaborada por el INGEMMET en el año 1997 (información bibliográfica con escasa comprobación de campo), para la región San Martín se tenía 20 ocurrencias de peligros geológicos y geohidrológicos, destacando el flujo (huayco) que ocurrió en la localidad de San Miguel, las inundaciones por desbordes de los ríos Huallaga, Mayo y sus afluentes, y los deslizamientos ocurridos en el tramo de la carretera Moyobamba-Tarapoto.

Como resultado del inventario y cartografía de peligros a escala 1:50 000, interpretación de fotografías aéreas de los años 1962, 1963, 1980, e imágenes satelitales Landsat (INGEMMET, 1992, 2005) y Aster (INGEMMET, 2007), se comprobaron 788 ocurrencias de peligros; los cuales indican una mayor frecuencia de movimientos en masa, seguidos de los peligros geológicos y peligros geohidrológicos; siendo estos últimos los que mayores daños han causado en la región.

La región San Martín se caracteriza por presentar una complejidad geológica-geomorfológica; sismicidad moderada y una gran variedad de climas. En orden de importancia, las ocurrencias peligrosas se presentan en esta secuencia: inundaciones, procesos

de erosión fluvial, movimientos en masa y sismos. Los datos sobre peligros descritos en los reportes de emergencias del INDECI e información periodística histórica, muestran que en el siglo pasado ocurrieron principalmente inundaciones, procesos de movimientos en masa del tipo deslizamientos y flujos (huaycos). Por otro lado, la región ha sido afectada por terremotos con intensidades que varían entre VI y X en la escala de Mercalli Modificada y con magnitudes hasta de 7,5 Ms en la escala de Richter, con sus epicentros localizados dentro de la región.

El análisis de la Base de Datos inventariados de las ocurrencias de peligros geológicos y geohidrológicos, revelan que los deslizamientos rotacionales ocupan el primer lugar (38,45 %), le siguen las inundaciones fluviales (15,61 %), los derrumbes (11,80%), erosión de laderas (7,87 %), deslizamiento traslacional (5,46 %), flujo (5,46 %), erosión fluvial (4,95 %), avalanchas de rocas (3,30 %), caídas de rocas (2,66 %), movimiento complejo (2,54 %), reptaciones de suelos (1,40 %), inundación pluvial (0,38 %) y hundimientos (0,13 %). Considerando los peligros que generan o generarían daños, éstos representan un 18,2% del total inventariado; siendo las inundaciones y los procesos de erosión fluvial, los que ocasionan mayores daños, seguidos por los deslizamientos y derrumbes.

Para una mejor ilustración del estudio desarrollado, se prepararon mapas temáticos de factores considerados como condicionantes a la ocurrencia a los movimientos en masa, tales como: litología (35%), pendientes (30%), geomorfología (25 %), e hidrogeología (10%). El mapa de susceptibilidad se elaboró utilizando el método de ponderación de factores (método heurístico, indirecto, cualitativo). Las zonas de igual susceptibilidad a los movimientos en masa están representadas en cinco categorías: Muy baja susceptibilidad, Baja susceptibilidad, Moderada susceptibilidad, Alta susceptibilidad y Muy alta susceptibilidad. Paralelamente se analizó la susceptibilidad a las inundaciones, utilizándose como factores de análisis la geomorfología y pendiente.

En las zonas de muy alta susceptibilidad a los movimientos en masa, las condiciones del terreno son muy favorables para la generación de movimientos en masa que están relacionadas al substrato rocoso (conglomerados, lutitas, limolitas, limo arcillitas, areniscas), montañas, colinas estructurales y en laderas con

pendiente entre 15° y 25°. Como ejemplo se tiene la zona de Tabalosos, las partes altas de los poblados de Shotoja, Zapatero, etc.

Las zonas de alta susceptibilidad, donde la mayoría de condiciones del terreno son favorables para generar movimientos en masa, están vinculadas a capas rojas y conglomerados, secuencias volcánicas sedimentarias, montañas y colinas estructurales; terrenos con pendientes que varían entre 25° a 45° y piedemontes de valle.

Las zonas de alta susceptibilidad corresponden también a la llanura de inundación periódica u ocasional de los ríos principales en las cuencas de los ríos Huallaga (sectores de Aucayacu, Tocache, Juanjuí, Bellavista, Picota y Pilluana), valle del Mayo y sus afluentes (sectores de Naranjos, Yuracyacu, Tonchima, hasta Moyobamba), cuenca del río Mayo (sector de Papaplaya); asimismo, se incluyen zonas urbanas y asentamientos urbanos ubicados dentro de las áreas de inundación. Las inundaciones también están relacionadas a ríos meándricos, como el Huallaga (sector de Aucayacu, Tocache y Papaplaya), río Mayo (sector de Nueva Cajamarca-Moyobamba), río Cumbaza (sector Juan Guerra).

Se identificaron un total de 125 zonas críticas, el mayor número se ocasiona por las inundaciones; destacando las áreas de Juanjuí, San Rafael, Bellavista, Picota, Juan Guerra, Papaplaya, Yuracyacu, Naranjos, Santa Teresa, entre otras. Considerando las zonas críticas por movimiento en masa se tienen tramos de la carretera Moyobamba-Tarapoto, carretera Tarapoto-Yurimaguas y entre Moyobamba-Alto Nieva (ocurrencia de deslizamientos, derrumbes, huaycos y movimientos complejos); sector de Pilluana (derrumbes y deslizamientos), sector de San Miguel (huaycos), y algunas otras.

Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio. Es bueno resaltar que los mapas temáticos, (elaborados con ayuda del GIS), son herramientas importantes para los trabajos de prevención, pueden utilizarse en la planificación del territorio, asimismo determinan las zonas de peligros naturales en la región, en donde deben efectuarse programas de gestión preventiva para la ejecución de obras que permitan disminuir o solucionar los problemas generados por los peligros geológicos.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Continuando con el Subprograma «Riesgos Geológicos a Nivel Nacional», la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), programó para el periodo 2007-2008, la realización del estudio denominado «Riesgos Geológicos en la Región San Martín», donde se evaluaron las ocurrencias de peligros geológicos y geohidrológicos presentes en su territorio, los cuales afectan o pueden afectar a su población, infraestructura, servicios y otros, que muchas veces provocan los desastres.

La presente memoria es el resultado de los trabajos de gabinete y campo, realizados por profesionales de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, que se pone a consideración tanto de la comunidad científica, profesionales técnicos de la región involucrados en temas de prevención de desastres, así como autoridades del gobierno regional, central, municipalidades locales y comunidad en general.

Así mismo, se espera que este informe, contribuya al conocimiento del medio físico (geomorfología y substrato), peligros naturales (inventario de peligros y susceptibilidad), vulnerabilidad e impactos socio económicos previstos u ocurridos a los que están sujetas las poblaciones, obras de infraestructura, etc. (determinación de zonas críticas), existentes en la región. Esta memoria contiene información básica que servirá de instrumento de gestión de riesgos, y que debe ser tomada en cuenta en los trabajos de ordenamiento territorial y de uso de suelo en la región, para proponer políticas, programas y acciones de prevención y/o mitigación ante los peligros naturales, así como otros derivados del proceso de ocupación antrópica.

OBJETIVOS

Considerando los aspectos que representan, la historia, frecuencia y recurrencia de eventos desastrosos en el área, el ámbito y complejidad geodinámica del territorio de la región estudiada; así como, los alcances de los trabajos de naturaleza científico-técnica que viene desarrollando INGEMMET, se tienen los siguientes objetivos:

- Continuar la cartografía e inventario sistemático de peligros geológicos y geohidrológicos por regiones para llegar a conocer la geodinámica de todo el territorio nacional.

- Evaluar la susceptibilidad de la región a los peligros geológicos (movimientos en masa) y geohidrológicos (inundaciones y erosión fluvial).
- Evaluar la vulnerabilidad de las infraestructuras, poblaciones y áreas agrícolas existentes en la región a los peligros geológicos, identificando las zonas críticas.
- Generar información técnico-científica de calidad, que sea tomada en cuenta como instrumento de política de prevención de desastres, que sirva en la Gestión de Riesgo Local con participación de las poblaciones involucradas.

TRABAJOS ANTERIORES

Existen diversos trabajos de investigación y de carácter técnico en los cuales se encuentra información muy valiosa, siendo muy útil en la elaboración de la presente memoria; entre ellos cabe destacar:

- Informe final del estudio Mapa de Peligros de la Ciudad de Juanjuí del proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles. (2004).
- Informe final del estudio Mapa de Peligros de la Ciudad de Bellavista, del proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles. (2004).
- Informe final del estudio Mapa de Peligros de la Ciudad de San Hilarión del proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles. (2004).
- Informe final del estudio Mapa de Peligros de la Ciudad de Yuracyacu del proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles. (2006).
- Informe final del estudio Mapa de Peligros de la Ciudad de Lamas del proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles. (2005).
- Informe final del estudio Mapa de Peligros de la Ciudad de Nueva Cajamarca del proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles. (2006).

- Informe final del estudio Mapa de Peligros de la Ciudad de Rioja del proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles. (2006).
- Plan Regional de Prevención y Atención de desastres de San Martín, elaborado por el Sistema Nacional de Defensa Civil (2005).
- Plan de Usos del suelo y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Moyobamba. Del Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles (2004).
- La Geología de los Cuadrángulos que abarca la región San Martín publicados en los Boletines 56, 60, 68, 87, 93, 94, 97, 100, 103, 112, 115, 117, 119, 122, 126 de la Serie A: Carta Geológica Nacional. Trabajos efectuados por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – INGEMMET (1995-1998).
- Propuesta de «Zonificación Ecológica Económica de la Región de San Martín», elaborado por el Convenio Interinstitucional suscrito entre el Gobierno Regional de San Martín y el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, y con participación activa del Grupo Técnico de ZEE (2005).

METODOLOGÍA

La metodología empleada para la elaboración del presente informe se basa en trabajos recientes de análisis o evaluación de susceptibilidad y amenaza, en el cual fueron necesarios la integración de etapas de trabajo de gabinete (200 días) y campo (80 días).

El procedimiento en general se puede resumir en las siguientes etapas:

Gabinete I:

- Recopilación de información cartográfica (mapas topográficos digitales del IGN a escala 1:100 000 y 1: 50 000, fotografías aéreas e imágenes satelitales), así como bibliográfica sobre aspectos geodinámicos (peligros geológicos históricos y recientes), además, hidrometeorológica, geológica, sísmica, hidrogeológica, cobertura vegetal y uso de suelo e infraestructura.
- Preparación de Mapa Base utilizando cartas topográficas del IGN. Preparación de Modelo digital de terreno (MDT), con el apoyo de Sistemas de Información Geográfica (SIG), y la elaboración de Mapa de Pendientes.
- Interpretación de fotografías aéreas, imágenes de satélite impresas (LAND SAT, RADAR, ASTER) e imágenes recientes

de alta resolución de Google Earth, así como cartas topográficas para la elaboración del mapa geomorfológico.

- Análisis de los mapas geológicos existentes, para la elaboración de mapas litológico e hidrogeológico.
- Análisis de información de la sismicidad histórica de la región y preparación de mapa de aceleraciones sísmicas, con información del Instituto Geofísico de Perú.

Campo:

El trabajo de campo se dividió en tres campañas, se realizaron los siguientes trabajos:

- Cartografiado geomorfológico-geodinámico e inventario de Peligros Geológicos (procesos activos y antiguos), movimientos en masa y geohidrológicos a escala 1: 50 000.
- Evaluación geodinámica de centros poblados, obras de infraestructura (no lineales) vulnerables a los peligros geológicos, e identificación de zonas críticas.
- Caracterización y chequeo de unidades litológicas y unidades geomorfológicas en campo.

Gabinete Post Campo:

- Elaboración de Base de Datos Georeferenciada de Peligros Geológicos y Geohidrológicos y composición del Mapa de Inventario de ocurrencias de Peligros Geológicos con ayuda del GIS.
- Digitalización y composición de mapas temáticos de factores condicionantes de la susceptibilidad: geomorfología, litología, pendientes e hidrogeología.
- Integración de mapas temáticos y análisis de susceptibilidad de la región: Elaboración de mapas de susceptibilidad a los movimientos en masa y mapa de susceptibilidad a las inundaciones.
- Validación del mapa de susceptibilidad.
- Identificación de Zonas Críticas.
- Elaboración de cuadros, figuras, selección de fotografías ilustrativas y redacción de memoria descriptiva del informe final.

ALCANCES E INCONVENIENTES

La trascendencia del presente estudio está en el conocimiento de la geología aplicada a los peligros geológicos, como son los movimientos en masa y los peligros geohidrológicos, tales como,

inundaciones y erosiones fluviales; así como en la evaluación de la susceptibilidad a los peligros en la Región San Martín mediante el uso de métodos heurísticos, donde es importante la experiencia del evaluador, quien con la ayuda de los SIG puede generar información básica adecuada del medio físico, muy útil para la prevención de desastres y para el ordenamiento territorial.

Las principales limitaciones para el desarrollo del presente estudio, a pesar de la gran cantidad de información bibliográfica disponible, fue no contar con información topográfica digital completa, necesaria para generar modelos de elevación digital (mapa de elevación digital y mapa de pendiente de los terrenos); la falta multitemporal de fotografías aéreas en la zona, solamente se tenía fotos de vuelo alto de los años 1961, 1963, 1969, 1986, 1991, así como vuelos bajos (1966), imágenes satelitales a escala 1:100 000, información hidrometeorológica incompleta; además, la falta de carreteras para acceder a los centros poblados ubicados en el interior de la selva; sin embargo, con respecto a la información sísmica sí se pudo contar con información hasta el 2005 del Instituto Geofísico del Perú (IGP).

Aparte de ello, otro inconveniente que se tuvo, fue el problema de la falta de seguridad física para el personal encargado de la ejecución de los trabajos de campo, debido a los problemas políticos-sociales en la zona del Alto Huallaga, que impidieron ingresar a las zonas como Tocache, Uchiza y Progreso.

PARTICIPACIÓN

En el desarrollo del presente estudio participaron profesionales de las Direcciones de Geología Ambiental y Riesgo Geológico y de Sistemas de Información del INGEMMET, a continuación los citaremos mencionando los aspectos del estudio a su cargo:

Introducción, Aspectos Generales, Litología, Geomorfología, Hidrogeología, Cartografía e Inventario de Peligros, Análisis de Susceptibilidad

Ing. Segundo Núñez J.	Jefe de Proyecto.
Bach. Griselda Luque P.	Geólogo Asistente.

Peligro Sísmico

Ing. Walter Pari P.	Ing. Geofísico.
---------------------	-----------------

Digitalización, Composición de Planos y GIS

Ing. Samuel Lu León	Sistemas de Información.
Ing. César Egocheaga	Sistemas de Información.
Bach. Griselda Luque	Banco de Datos.
Téc. Willy Urbina	Banco de Datos.
Téc. José Luís Suárez	Digitalización.
Téc. Javier Hernández	Digitalización.

Revisión

El texto del informe y los mapas temáticos fueron revisados por:

Ing. Lionel Fidel S.	Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico.
Ing. Manuel Vilchez M.	Geólogo de Geología Ambiental y Riesgo Geológico.
Msc. Ricardo Aniya K.	Geólogo- Revisor Externo.

PÁGINA EN BLANCO

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LA REGIÓN SAN MARTÍN

UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

La región San Martín se localiza en el sector septentrional y central del territorio peruano, colindante con la cordillera andina por su flanco oriental, morfológicamente se emplaza mayoritariamente sobre territorios de selva alta y bosque tropical amazónico; sin embargo, por el oeste, algunos sectores de su límite jurisdiccional llegan al borde oriental de la alta meseta andina. Geográficamente se ubica entre los paralelos 5° 24' 00" y 8° 47' 00" de latitud sur y 75° 27' 45" y 77° 48' 00" de longitud oeste.

La ciudad de Moyobamba es la capital de la Región San Martín y está ubicada a 874 m.s.n.m., comprende áreas con altitudes que van desde los 190 m.s.n.m., como en el poblado de Pelejo, hasta los 3 080 m.s.n.m., en el sector de Agua Blanca. Limita por el norte y al este con la región Loreto, al sur con la región Huánuco, al oeste con la región La Libertad y al noroeste con la región Amazonas. Ver figura 2.1.

A la capital de la región San Martín puede llegarse por tres vías:

- **Vía Terrestre:** La ruta más recomendable es: **Lima-Chiclayo-Olmos-Bagua-Rioja-Moyobamba-Tarapoto:** 1445 km, por las carreteras Panamericana Norte y Fernando Belaúnde Terry o Marginal de la Selva. (26 horas en bus aproximadamente).

Otras de las vías existentes son:

Lima-Pacasmayo-Cajamarca-Balsas-Leimebamba-desvío a Chachapoyas-Pedro Ruiz: 1 547 km., por las carreteras Panamericana Norte y Fernando Belaúnde Terry (28 horas en auto).

Lima-Huánuco-Tingo María-Tocache- Juanjuí-Tarapoto: 1 020 Km., por la carretera Central y Fernando Belaúnde Terry o Marginal de la Selva (20 horas en auto).

- **Vía Aérea:** Puede utilizarse vuelos regulares desde Lima (1 hora aprox.) o desde Iquitos (45 minutos) a la ciudad de Tarapoto. También existe el servicio de aerotaxis en la región.
- **Vía Fluvial:** Los ríos son un medio de transporte importante, pues en la región muchas localidades carecen de carreteras y

aeropuertos. Los principales puertos fluviales en San Martín son: Tocache Nuevo, Juanjuí y Bellavista en el río Huallaga. Las principales embarcaciones utilizadas son:

Peque-peque: Son canoas con motor estacionario que se han convertido en el medio de transporte masivo de mayor uso (carga y pasajeros). Con capacidad hasta 30 personas y cargas menores a los 300 Kg.

Canoas con motor fuera de borda: Son embarcaciones similares al peque-peque, pero poseen un motor fuera de borda que las hace más rápidas. Su capacidad de carga también es mínima.

Embarcaciones pesadas: Son barcos de carga llamados «chatas», que discurren por ríos de gran caudal, con capacidad de transporte hasta 100 personas; su capacidad máxima es de 10 TM.

Además existen otras vías fluviales a través de los ríos de Mayo, Huayabamba y quebradas afluentes.

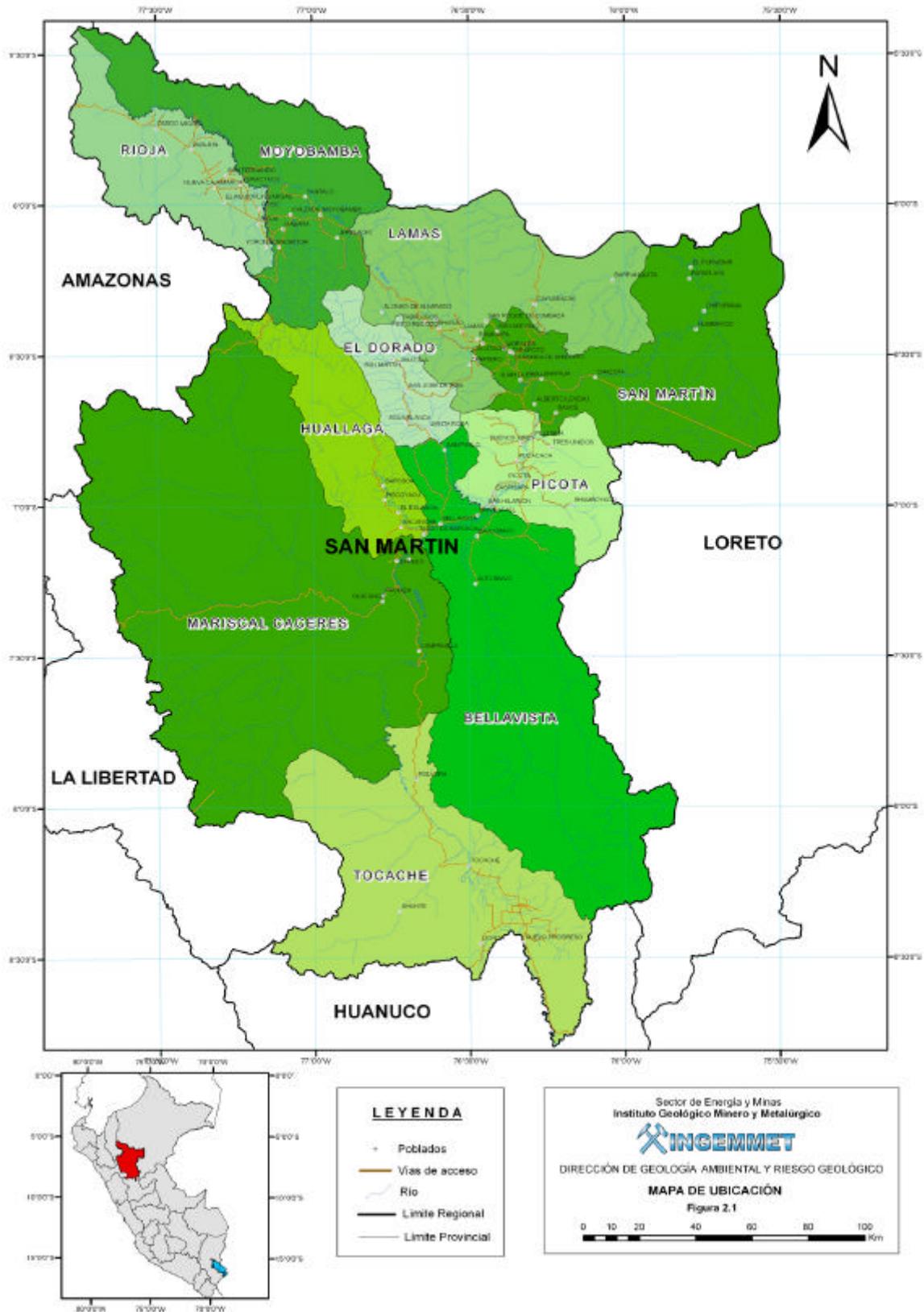
POBLACIÓN

La región San Martín cuenta con una población de 728 808 habitantes que hace el 2,56 % de la población peruana, Cuadro 2.1.

CLIMA

El clima es cálido-húmedo en los márgenes del río Huallaga, con una estación sin lluvias que corresponde al invierno austral; mientras que, en áreas limítrofes con Amazonas, La Libertad y Huánuco; el clima varía debido a la altitud, convirtiéndolo en templado-cálido en los valles fluviales y templado-frío en las zonas limítrofes con la alta montaña y el borde oriental de la meseta andina.

La información meteorológica utilizada procede de la red meteorológica de la región San Martín (SENAMHI), que figura en el cuadro 2.2 se indica la ubicación tanto geográfica como política, así como el período de registro, el tipo y el nombre de la entidad operadora. Ver figura 2.2. Cabe anotar que de los observatorios ubicados en la región San Martín, 29 de ellos han proporcionado información sobre precipitación y 13 de temperatura. Según la



información proporcionada por el SENAMHI, la temperatura baja promedio anual es de 22,7 °C a 22,9 °C y la temperatura alta promedio anual es de 26,2 °C a 26,5 °C. Ver cuadro 2.3.

De igual modo, puede observarse en el cuadro 2.3 que la distribución de la temperatura media presenta una gran regularidad durante todo el año.

Sin embargo, es evidente que hay una disminución de las temperaturas durante los meses de invierno.

Los valores más altos de la temperatura media se manifiestan entre los meses de octubre y marzo, oscilando entre 23,5 °C (Sauce) y 27,3 °C (Juanjuí). Gráfico 2.1. Mientras que la amplitud anual varía entre 1,4 °C (Lamas) y 2,1 °C (Bellavista).

Cuadro 2.1
Población Censada - 2007

Provincias	Población
Moyobamba	115 389
Bellavista	49 293
El Dorado	33 638
Huallaga	24 448
Lamas	79 075
Mariscal Cáceres	50 884
Picota	37 721
Rioja	104 882
San Martín	161 132
Tocache	72 346
Total	728 808

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2007.

Cuadro 2.2
Estaciones Meteorológicas de la Región San Martín

Estación	Tipo	Propietario	Coordenadas Geográficas		Altitud msnm	Ubicación		Año de Inicio
			Latitud Sur	Longitud Oeste		Provincia	Distrito	
Chazuta	PLU	SENAMHI	06° 37'	76° 11'	260	San Martín	Chazuta	1963
Chazuta	PLU	SENAMHI	06° 35'	76° 11'	200	San Martín	Shapaja	1963
Cuñumbuque	PLU	SENAMHI	06° 30'	76° 30'	240	Lamas	Cuñumbiqui	1963
Tingo de Ponaza	PLU	SENAMHI	06° 56'	76° 15'	225	Picota	Tingo de Ponaza	1963
Tingo de Ponaza	CO	SENAMHI	06° 56'	76° 15'	225	Picota	Tingo de Ponaza	1963
Pilluana	PLU	SENAMHI	06° 48'	76° 20'	210	Picota	Buenos Aires	1963
Picota	PLU	SENAMHI	06° 56'	76° 20'	220	Picota	Picota	1963
Bellavista	CO	SENAMHI	07° 03'	76° 33'	247	Bellavista	Bellavista	1963
Juanjuí	CO	SENAMHI	07° 06'	76° 44'	240	Huallaga	Sacanche	1964
Juanjuí	S	CORPAC	07° 08'	76° 45'	314	Mariscal Cáceres	Juanjuí	1950
Juanjuí	PLU	SENAMHI	07° 08'	76° 44'	314	Mariscal Cáceres	Juanjuí	1952
Sacanche	PLU	SENAMHI	07° 02'	76° 43'	320	Huallaga	Sacanche	1963
Saposoa	PLU	SENAMHI	06° 54'	76° 46'	320	Huallaga	Saposoa	1967
Saposoa	CO	SENAMHI	06° 54'	76° 46'	320	Huallaga	Saposoa	1998
Pachiza	CO	SENAMHI	07° 16'	76° 47'	380	Mariscal Cáceres	Juanjuí	1964
El Porvenir	CP	SENAMHI	06° 35'	76° 19'	230	Bellavista	Juan Guerra	1964
Nuevo Lima	PLU	SENAMHI	07° 07'	76° 30'	260	Bellavista	Bajo Biavo	1963
Tarapoto	CO	CORPAC	06° 28'	76° 22'	356	San Martín	Tarapoto	*

Estación	Tipo	Propietario	Coordenadas Geográficas		Altitud msnm	Ubicación		Año de Inicio
			Latitud Sur	Longitud Oeste		Provincia	Distrito	
Tarapoto	S	CORPAC	06° 30'	76° 22'	365	San Martín	Tarapoto	1950
La Unión	CO	SENAMHI	07° 11'	76° 30'	265	Bellavista	Bajo Biavo	1970
San Pablo	PLU	SENAMHI	06° 48'	76° 36'	270	Bellavista	San Pablo	1967
Sisa	CO	SENAMHI	06° 37'	76° 41'	265	El Dorado	San Jose de Sisa	1964
Tabalosos	CO	SENAMHI	06° 25'	76° 39'	560	Lamas	Tabalosos	1997
Tabalosos	PLU	SENAMHI	06° 25'	76° 39'	560	Lamas	Tabalosos	1963
San Antonio	PLU	SENAMHI	06° 25'	76° 25'	430	San Martín	San Antonio	1963
Alao	PLU	SENAMHI	06° 32'	76° 44'	420	El Dorado	San Martín Alao	1972
Alao	CO	SENAMHI	06° 32'	76° 44'	420	El Dorado	Shatoja	2000
Lamas	CO	SENAMHI	06° 16'	76° 42'	920	Lamas	Tabalosos	1963
Sauce	CO	SENAMHI	06° 41'	76° 15'	620	San Martín	Alberto Leveau	1964
Roque	PLU	SENAMHI	06° 21'	76° 47'	1100	Lamas	Alfonso de Alvarado	1967
Yuracyacu	PLU	SENAMHI	05° 57'	77° 12'	1000	Rioja	Yuracyacu	1963
Rioja	CO	SENAMHI	06° 02'	77° 10'	880	Rioja	Posic	1963
Moyobamba	CO	SENAMHI	06° 00'	76° 58'	860	Moyobamba	Moyobamba	1947
Moyobamba	S	SENAMHI	06° 03'	76° 56'	860	Moyobamba	Moyobamba	1958
Soritor	PLU	SENAMHI	06° 06'	77° 06'	870	Moyobamba	Habana	1965
Jepelacio	PLU	SENAMHI	06° 04'	76° 55'	1000	Moyobamba	Moyobamba	1965
Naranjillo	CO	SENAMHI	05° 50'	77° 23'	1090	Rioja	Nueva Cajamarca	1997
Naranjillo	PLU	SENAMHI	05° 50'	77° 23'	1090	Rioja	Nueva Cajamarca	1975
Navarro	CO	SENAMHI	06° 20'	75° 46'	190	San Martín	Chipurana	1964
Cuzco	CO	SENAMHI	07° 16'	76° 30'	480	Bellavista	Alto Biavo	1966
Campanilla	CO	SENAMHI	07° 26'	76° 41'	390	Mariscal Cáceres	Campanilla	1999
Campanilla	PLU	SENAMHI	07° 26'	76° 41'	390	Mariscal Cáceres	Campanilla	1963
Pongo de Caynarachi	CO	SENAMHI	06° 20'	76° 18'	350	Lamas	Caynarachi	2000
Pongo de Caynarachi	CO	SENAMHI	06° 20'	76° 18'	350	Lamas	Caynarachi	1963
Shilcayo	PLU	SENAMHI	06° 33'	76° 03'	200	San Martín	Chazuta	S/D
San Jose de Altomayo	TP	Proy. Altomayo	05° 41'	77° 17'	775	Moyobamba	Moyobamba	*

Estación	Tipo	Propietario	Coordenadas Geográficas		Altitud msnm	Ubicación		Año de Inicio
			Latitud Sur	Longitud Oeste		Provincia	Distrito	
Pueblo Libre	TP	Proy. Altomayo	05° 46'	77° 05'	750	Moyobamba	Moyobamba	*
Shimpiyacu	TP	Proy. Altomayo	05° 43'	77° 02'	715	Moyobamba	Moyobamba	*
Valle de la Conquista	TP	Proy. Altomayo	05° 52'	77° 08'	740	Moyobamba	Moyobamba	*
Buenos Aires	TP	Proy. Altomayo	05° 52'	77° 02'	735	Moyobamba	Moyobamba	*
Dos de Mayo	PLU	SENAMHI	07° 13'	76° 29'	270	Bellavista	Bajo Biavo	1963
Shepte	PLU	SENAMHI	07° 28'	76° 50'	400	Mariscal Cáceres	Huicungo	1963
Sion	PLU	SENAMHI	07° 39'	76° 46'	460	Mariscal Cáceres	Campanilla	1963
Pacaysapa	PLU	SENAMHI	06° 12'	76° 49'	830	Lamas	Alonso de Alvarado	1967
Filaboton	PLU	SENAMHI	07° 28'	76° 43'	600	Mariscal Cáceres	Campanilla	1970
Pelejo	PLU	SENAMHI	06° 13'	75° 47'	187	San Martín	Papaplaya	1963
Huimboyacu	PLU	SENAMHI	06° 24'	75° 40'	200	San Martín	Huimbayoc	1966
Shamboyacu	PLU	SENAMHI	07° 00'	76° 10'	310	Picota	Shamboyacu	1996
Shanao	PLU	SENAMHI	06° 26'	76° 36'	300	Lamas	Shanao	1998
Pacaypite	PLU	SENAMHI	06° 13'	76° 42'	360	Lamas	Alonso de Alvarado	*
Carrizal	PLU	SENAMHI	06° 16'	76° 54'	1450	Lamas	Alonso de Alvarado	*
Biabo Cuzco	PLU	SENAMHI	07° 16'	76° 30'	290	Bellavista	Alto Biavo	1996
Agua Blanca	PLU	SENAMHI	06° 44'	76° 43'	750	El Dorado	Agua Blanca	1963
Puerto Pizana	PLU	SENAMHI	08° 02'	76° 38'	500	Tocache	Polvora	1963
El Valle	PLU	SENAMHI	07° 34'	76° 50'	500	Mariscal Cáceres	Campanilla	1963
Balsayacu	PLU	SENAMHI	07° 49'	76° 47'	500	Mariscal Cáceres	Campanilla	1964
Aji	PLU	SENAMHI	08° 18'	76° 49'	2000	Tocache	Shunte	1964

Fuente: SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología)

CP : Climatológica Principal

PLU : Pluviométrica

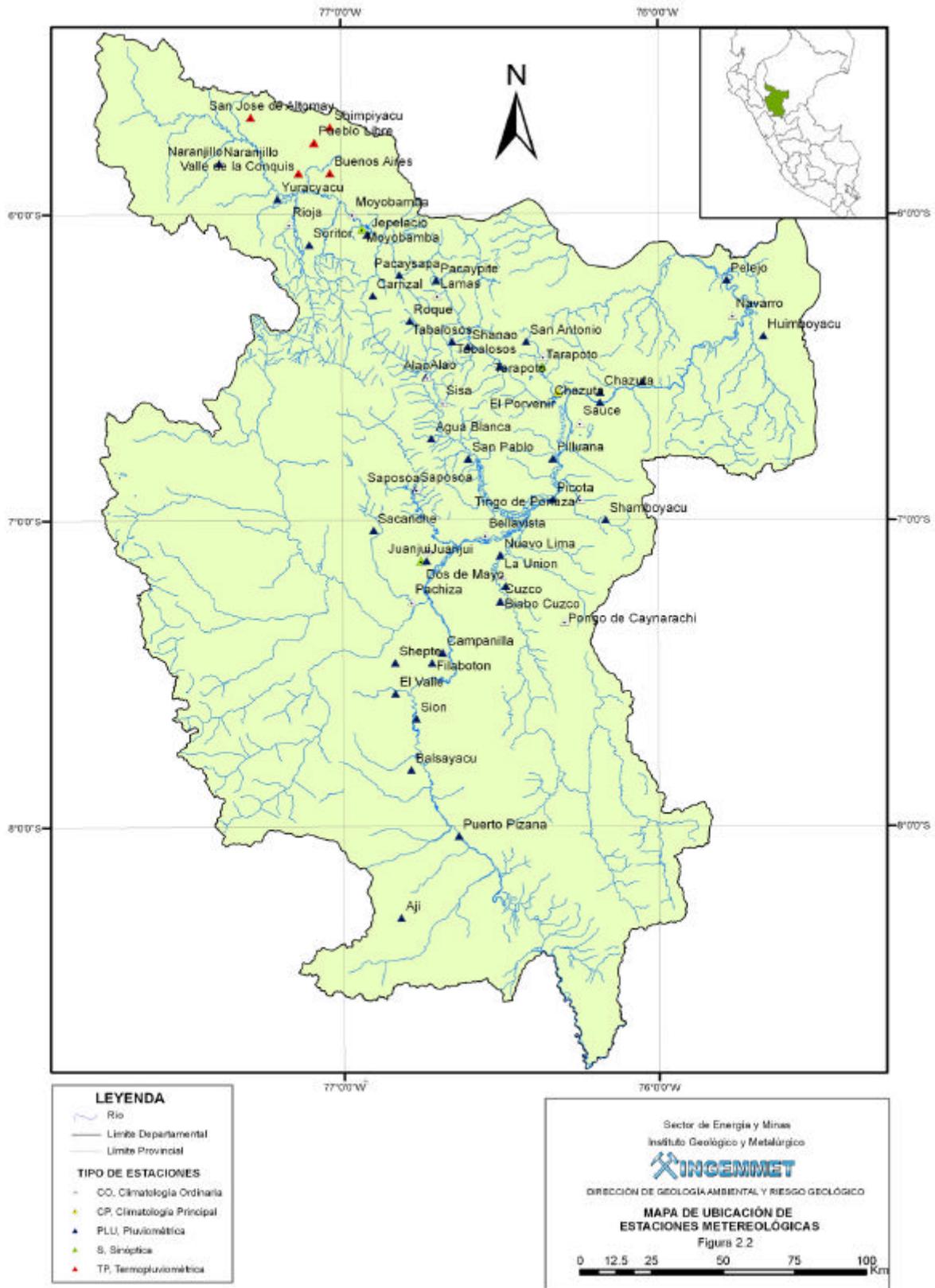
CO : Climatológica Ordinaria

TP : Termoplumiométrica

S : Sinóptica

CORPAC : Corp. Per. de Aeropuertos y Aviación Comercial

* : Sin Registro



Cuadro 2.3
Temperatura Media Anual (°C), Región San Martín

Aeropuerto/ Aeródromo	Estado	Provincia	Distrito	Dimensión (m)	Superficie	Resistencia	Propietario Explotador
Helipuerto de Superficie Helinka	Vigente	San Martín	Tarapoto	28x20	Terreno Natural	Helicóptero Lama SA 315 B y Similares	P: Aeronautics Export E: Helinka
Juanjuí	Vigente	Mariscal C.	Juanjuí	2100x30	Terreno Natural Mejorado c/Grava	PCN 14/F/C/X/T	P/E: Corpac
Moyobamba	Vigente	Moyobamba	Moyobamba	1350x45	Arcilla	Avionetas	P/E: Corpac
Palmas Del Espino	Vigente	Tocache	Uchiza	1770x30	Terreno Natural Mejorado c/Grava	Antonov	P/E: Palmas Del Espino
Puerto Yarina	Vigente	San Martín	Chipurana	960x23	Tierra / Hierba	Avionetas	P/E: Consejo Prov. San Martín
Rioja	Vigente	Rioja	Rioja	1880x30	Asfalto	PCN 16/F/C/Y/U	P/E: Corpac
San Juan De Biavo	Vigente	Bellavista	Bajo Biavo	800x18	Grava Compactada	Avionetas	P/E: Cia.Agrícola Río Biavo
Saposa	Vigente	Huallaga	Saposa	1880x30	Afirmado	Saposa Antonov	P/E: Corpac
Tananta	Vigente	Tocache	Tocache	1200x30	Hormigón / Grava Compactada	Avionetas (12500 Lbs.)	P/E: Emp. D. y E. de Palma Aceit.
Tarapoto-Cap. G. Del Castillo P.	Vigente	San Martín	Tarapoto	2600x45	Asfalto	PCN 51/F/C/X/T	P/E: Corpac
Tocache	Vigente	Tocache	Tocache	2000x30	Ripio	Avionetas	P/E: Corpac
Uchiza	Vigente	Tocache	Uchiza	1050x30	Arcilla	Avionetas	P/E: Corpac
Yumbatos	Vigente	Lamas	Cainarachi	600x20	Enripiado / Grass	Avionetas	P/E: Comunidad Caynarachi

Fuente: SENAMHI.

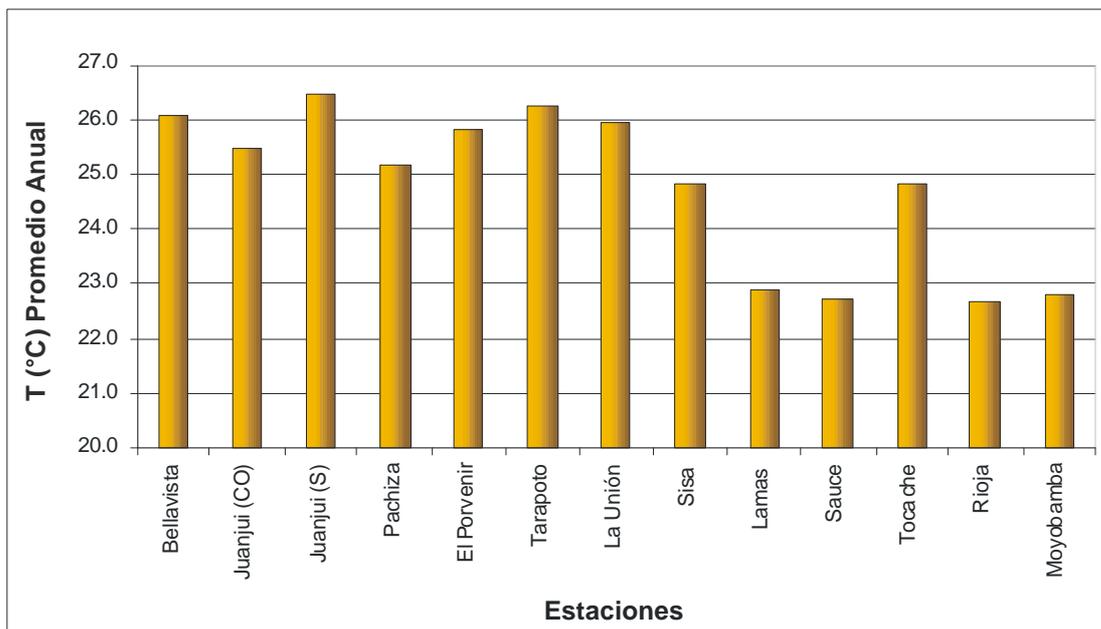


Gráfico 2.1 Temperatura media anual vs meses, por estaciones.

Generalmente, las temperaturas máximas extremas, presentan sus valores más altos durante los meses de diciembre y enero (Tarapoto, 35,6 °C), y excepcionalmente en setiembre (Juanjui, 36 °C).

Obsérvese que los promedios más altos de las temperaturas mínimas extremas se dan entre los meses de noviembre a abril, oscilando entre 20,7 °C (La Unión) y 17,1 °C (El Porvenir). En tanto que, los valores más bajos se presentan durante los meses de invierno, en julio y agosto, oscilando entre 18,0 °C (Bellavista) y 10,1 °C (Soritor).

Para el periodo lluvioso setiembre-mayo, las mayores concentraciones de lluvia se han registrado entre las zonas de Chazuta-Papaplaya y Campanilla (Figura 2.3). Para el fenómeno El Niño 1997/1998, las mayores precipitaciones se presentaron en el área de Papaplaya-Porvenir (Figura 2.4).

FACTORES SOCIOECONÓMICOS

Contexto Social Demográfico y Económico

Según la información publicada por el INEI (2005), la Región San Martín tiene una superficie de 51 253,31 km² (Ver cuadro 2.4), que representa aproximadamente el 3,99 % del territorio nacional, evidenciando un aumento en la población con relación al año 2005 se asentaban el 2,56 % de la población del país.

Geopolíticamente se divide en 10 provincias y 77 distritos, y como se había señalado tiene por capital a la ciudad de Moyobamba, considerada la segunda ciudad más poblada después de Tarapoto,

donde la centralización poblacional es una de las más altas a nivel de región. Las provincias de San Martín y Moyobamba tienen casi los dos tercios de la población de la región (Provincia de San Martín 22,11 %, Moyobamba 15,83 %), en contraposición a la provincia de Huallaga que sólo alberga el de 3,35 % de la población regional. Ver Gráfico 2.3.

Otras de las características demográficas de la región es su fuerte componente rural, la población que habita en áreas rurales, representa aproximadamente el 35,65 % de la población total. Es necesario precisar que el PBI per cápita de la región San Martín representa el 1,4% del PBI per cápita del Perú, lo cual es otro indicador más que nos predice que la economía de la región dispone de pocos recursos para satisfacer la demanda y/o necesidades sociales de su población.

INFRAESTRUCTURA

Red Vial Terrestre

La longitud de la red vial de la región San Martín alcanza los 2027,44 Km. equivalente al 2,59% del total nacional, INEI (1995). Si nos referimos al tipo de superficie de rodadura el 16,04 % de carreteras están formadas por trocha, el 26,42 % sin afirmar, el 20,28 % carreteras afirmadas y solo el 20,28 % son asfaltados. Ver Cuadro 2.5, Gráfico 2.4 y 2.5.

Actualmente en la carretera Federico Basadre se está realizando trabajos en el tramo Juanjui-Tocache.

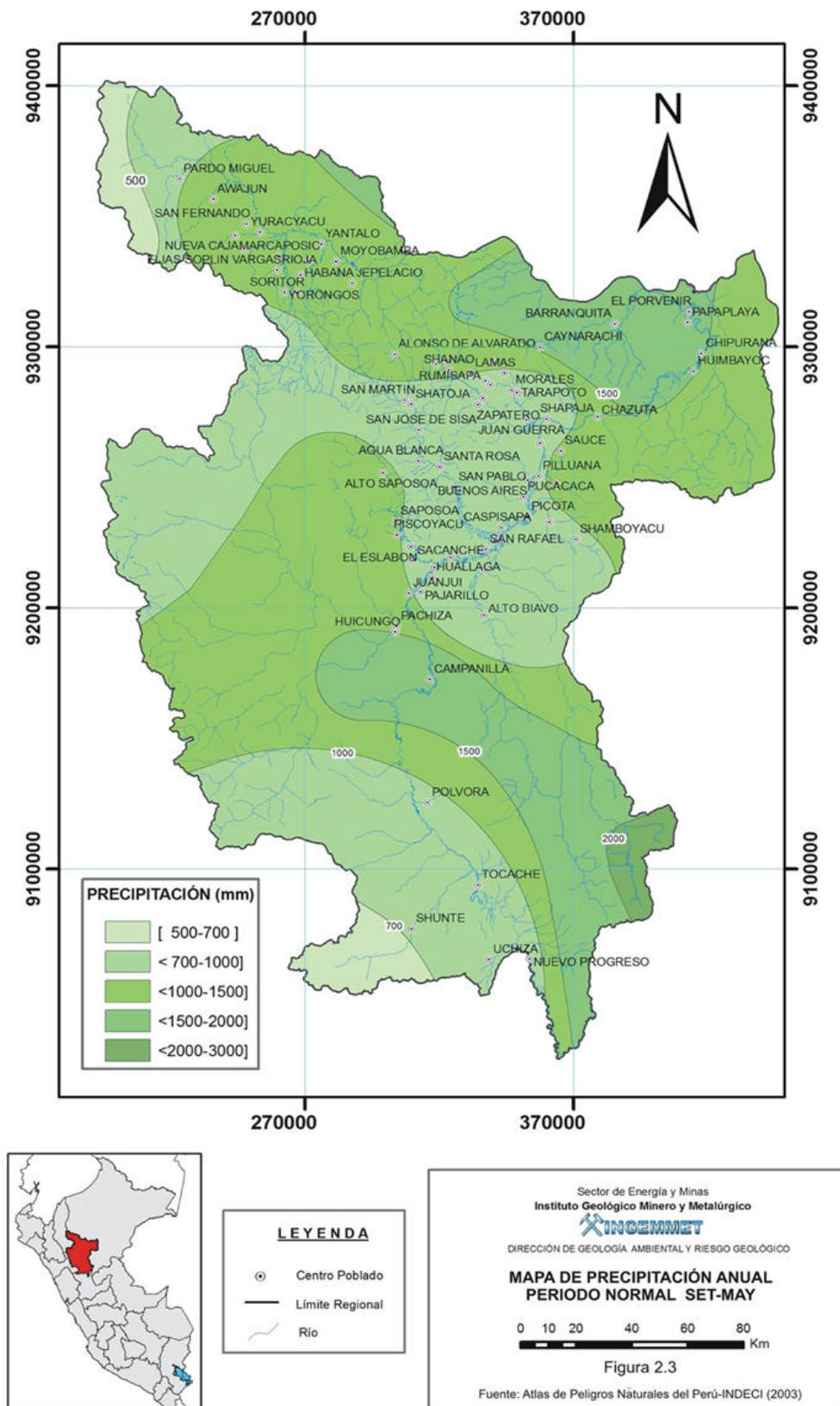


Figura 2.3 Mapa de precipitación anual - período lluvioso normal setiembre-mayo.

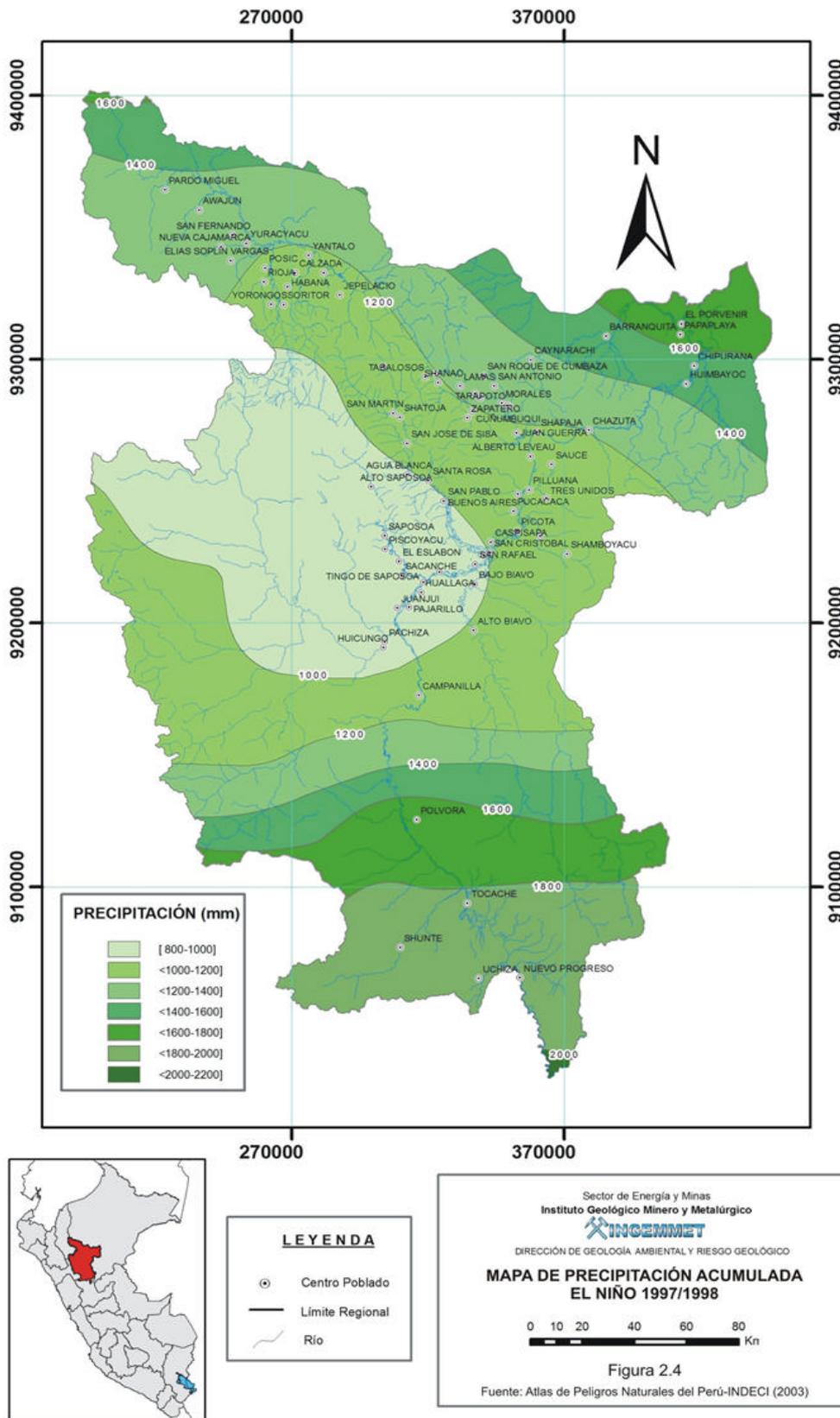


Figura 2.4 Mapa de precipitación acumulada «El Niño 1997/1998».

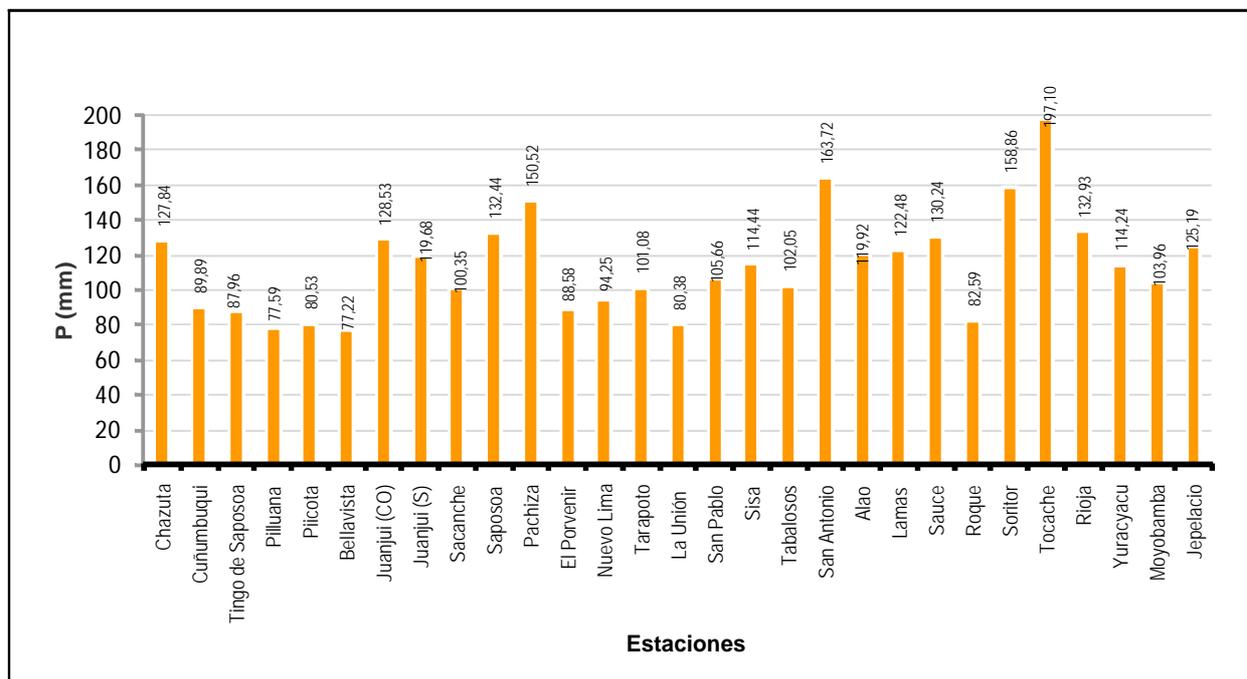


Gráfico 2.2 Precipitación total media anual por estación.

Cuadro 2.4
Superficie, Población, Densidad Poblacional y la Altitud de la Capital de Provincia

Departamento / Provincia	Superficie Km ²	Población Urbana	Población Rural	Población Total	Densidad Pob. Hab/Km ²	Capital de Provincia	Altitud msnm
San Martín	51 253,31	472 755	256 053	728 808	14,20		
Moyobamba	3 772,31	68 406	46 983	115 389	30,60	Moyobamba	860
Bellavista	8 050,90	27 181	22 112	49 293	6,10	Bellavista	249
El Dorado	1 298,14	13 087	20 551	33 638	25,90	San José de Sisa	600
Huallaga	2 380,85	13 281	11 167	24 448	10,30	Saposoa	307
Lamas	5 040,67	37 822	41 253	79 075	15,70	Lamas	809
Mariscal Cáceres	14 498,73	31 626	19 258	50 884	3,50	Juanjuí	283
Picota	2 171,41	23 482	14 239	37 721	17,40	Picota	223
Rioja	2 535,04	75 251	29 631	104 882	41,40	Rioja	842
San Martín	5 639,82	146 109	15 023	161 132	28,60	Tarapoto	333
Tocache	5 865,44	36 510	35 836	72 346	12,30	Tocache Nuevo	497

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2007.

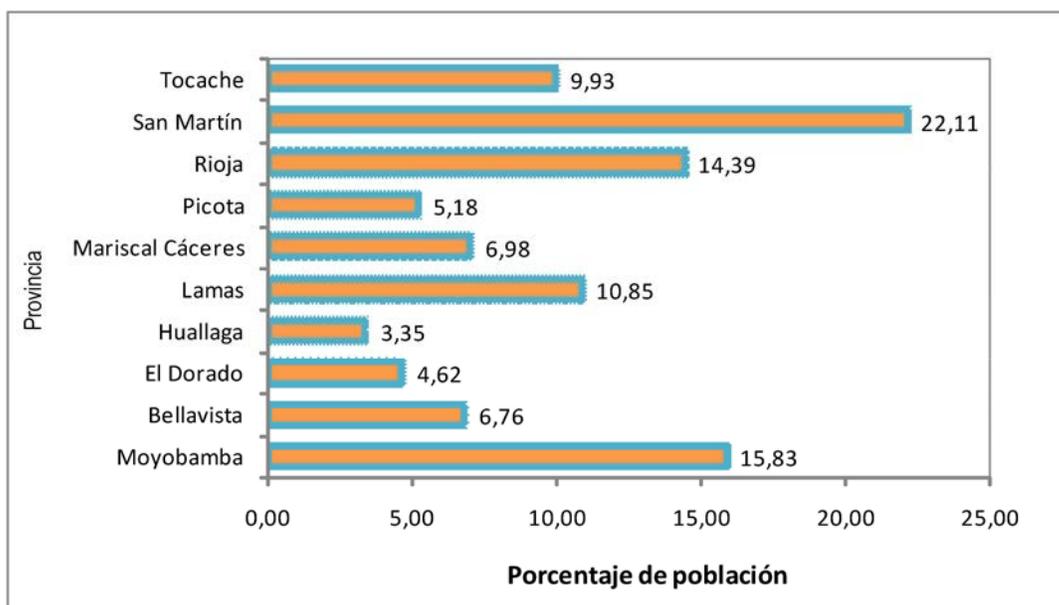


Gráfico 2.3 Población Porcentual Provincial.

Cuadro 2.5
Región San Martín: Longitud de la Red Vial por Tipo de Superficie de Rodadura según Sistema - Año 2009

Sistema Red Vial	Total Km	Tipo de Superficie de Rodadura			
		Asfaltado	Afirmado	Sin Afirmar	Trocha
		Km	Km	Km	Km
Nacional	725,23	389,38	335,85	0,00	0,00
Regional	172,65	0,00	147,2	0,00	25,45
Vecinal	1 129,56	21,85	272,45	535,56	299,7
Total	2 027,44	411,23	755,50	535,56	325,15

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones - MTC.

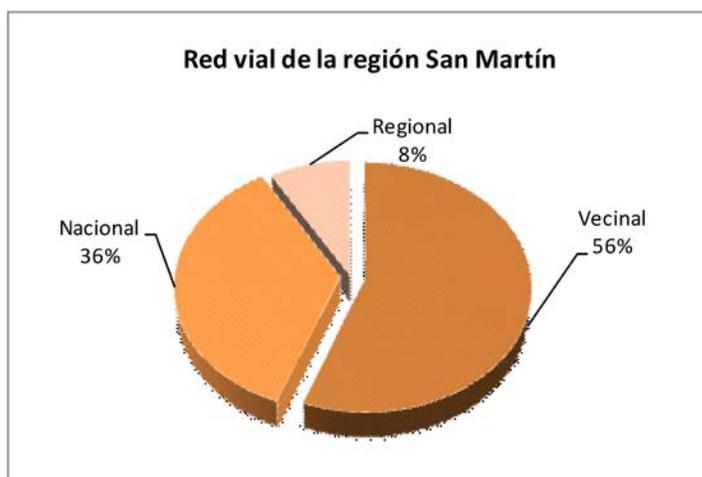


Gráfico 2.4 Porcentaje total de la red vial de la región San Martín, según el MTC, 2009.

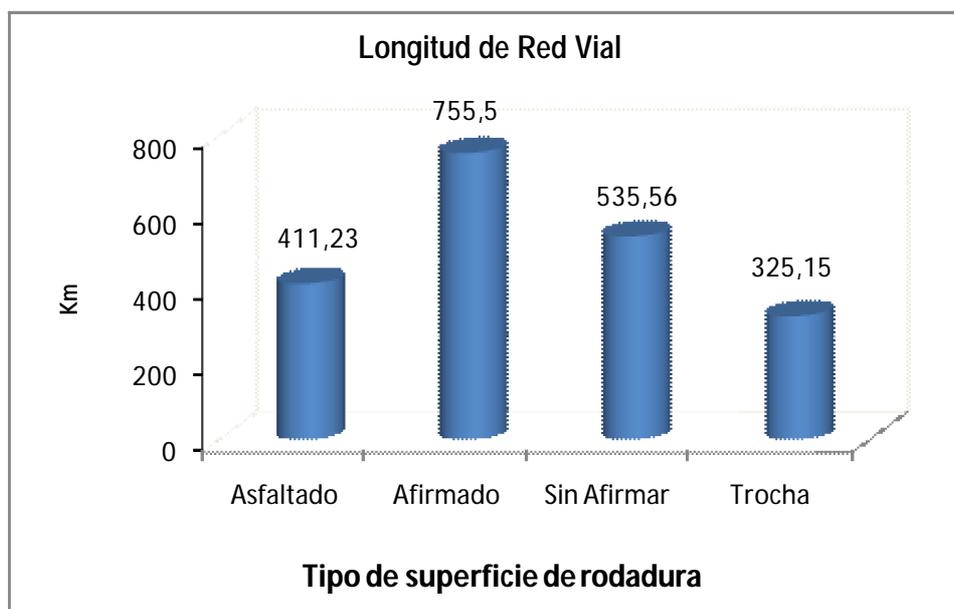


Gráfico 2.5 Longitud de red vial de la región San Martín, según el MTC, 2009.

Aeropuerto

La región San Martín tiene un aeropuerto y doce aeródromos en funcionamiento los cuales están ubicados en los distritos de Tarapoto, Juanjuí, Rioja, Moyobamba, Uchiza, Tocache, Bajo Biavo, Chipurana, Saposoa, y Cainarachi. En el Cuadro 2.6 se detallan las características técnicas y tipo de aviones cuyo aterrizaje es permitido, en cada caso.

La región San Martín cuenta con 04 aeropuertos, ubicados en las ciudades de Tarapoto, Rioja, Moyobamba y Juanjuí. Sin embargo, solamente el aeropuerto de Tarapoto es el único que cuenta con pista asfáltica de 2500 m. de largo y 30 m. de ancho, lo que posibilita el arribo de naves tipo Boeing 737. El aeropuerto de Rioja también lo permite, pero su pista no está asfaltada. Los otros dos aeropuertos tienen pista afirmada y su capacidad es para naves tipo Fokker y avionetas. Como se puede apreciar los servicios de aeropuertos son deficientes, así como las sus pistas de aterrizaje, lo que limita el acceso de aviones de gran capacidad, a excepción de Tarapoto, todo lo cual tiene efecto en la dinámica económica de la zona, fundamentalmente turística.

Puertos

El puerto principal de la región es el de Chazuta, también se tiene en la región otros puertos menores como el de Puerto López, Juanjuí, Bellavista, Motilonos, Guayaquil, Los Ángeles, San Fernando, Sapote, Tahuisco, Tarata, entre otros. Cuadro 2.7.

Energía

Según información recopilada del Ministerio de Energía y Minas hasta el año 2001, en la región San Martín existían 23 centrales

de energía eléctrica, a cargo de la empresa Electro-Oriente S.A. y algunos municipios distritales; cabe anotar que la mayoría de las centrales son térmicas Diesel, excepto dos hidráulicas, del Gera y del Sauce.

Generación de Energía Eléctrica

En la región San Martín la energía eléctrica es de 99 008 MWh. Debe considerarse que la energía térmica proporciona 62 624 MWh, por medio de las centrales térmicas administradas por Electro Oriente; siendo las principales las de Moyobamba, Rioja, Tarapoto y Saposoa. Los 36 384 MWh proviene de la energía hidráulica generada por las centrales de Tabalosos, San José de Sisa y Gera. La capacidad de producción energética es de 29,2 MWh, correspondiendo 5,6 MWh a la central hidroeléctrica del Gera y 14,0 a la Central Hidroeléctrica del Sauce.

ÁREAS PROTEGIDAS

En la región, las Áreas Naturales Protegidas abarcan una superficie aproximada de 1 958 220,59 has, que representan el 38,20 % de la región. Está conformada principalmente por el Parque Nacional Cordillera Azul, Parque Nacional del río Abiseo, Bosque de Protección Alto Mayo y el Área de Conservación Regional Cordillera Escalera.

Asimismo, existe un conjunto de áreas de reserva municipal tanto provincial como distrital, que han sido creadas con el objeto de proteger la cabecera de cuencas importantes como fuente de abastecimiento de agua, bosques remanentes, lagunas y paisajes de belleza escénica, entre otros. (Ver Figura 2.5).

Las Áreas Naturales Protegidas constituyen espacios poco inter-

Cuadro 2.6
Infraestructura de Aeropuertos y/o Aeródromos

Aeropuerto/ Aeródromo	Estado	Provincia	Distrito	Dimensión (M)	Superficie	Resistencia	Propietario Explotador
Helipuerto de Superficie Helinka	Vigente	San Martín	Tarapoto	28x20	Terreno Natural	Helicóptero Lama SA 315 B y Similares	P: Aeronautics Export E: Helinka
Juanjuí	Vigente	Mariscal C.	Juanjuí	2100x30	Terreno Natural Mejorado c/Grava	PCN 14/F/C/X/T	P/E: Corpac
Moyobamba	Vigente	Moyobamba	Moyobamba	1350x45	Arcilla	Avionetas	P/E: Corpac
Palmas Del Espino	Vigente	Tocache	Uchiza	1770x30	Terreno Natural Mejorado c/Grava	Antonov	P/E: Palmas Del Espino
Puerto Yarina	Vigente	San Martín	Chipurana	960x23	Tierra / Hierba	Avionetas	P/E: Consejo Prov. San Martín
Rioja	Vigente	Rioja	Rioja	1880x30	Asfalto	PCN 16/F/C/Y/U	P/E: Corpac
San Juan De Biavo	Vigente	Bellavista	Bajo Biavo	800x18	Grava Compactada	Avionetas	P/E: Cia.Agrícola Río Biavo
Saposoa	Vigente	Huallaga	Saposoa	1880x30	Afirmado	Saposoa Antonov	P/E: Corpac
Tananta	Vigente	Tocache	Tocache	1200x30	Hormigón / Grava Compactada	Avionetas (12500 Lbs.)	P/E: Emp. D. y E. de Palma Aceit.
Tarapoto-Cap. G. Del Castillo P.	Vigente	San Martín	Tarapoto	2600x45	Asfalto	PCN 51/F/C/X/T	P/E: Corpac
Tocache	Vigente	Tocache	Tocache	2000x30	Ripio	Avionetas	P/E: Corpac
Uchiza	Vigente	Tocache	Uchiza	1050x30	Arcilla	Avionetas	P/E: Corpac
Yumbatos	Vigente	Lamas	Cainarachi	600x20	Enriplado / Grass	Avionetas	P/E: Comunidad Caynarachi

Fuente: Dirección General de Aeronáutica Civil - Ministerio de Transporte y Comunicaciones - MTC.

Cuadro 2.7
Principales Puertos de la Región San Martín

Principales Puertos	Categoría	Latitud	Longitud	Provincia	Distrito
Chazuta	Caleta	06° 36' 54"	76° 10' 06"	San Martín	Chazuta
Pelejo	Caleta	06° 12' 18"	75° 48' 54"	San Martín	El Porvenir

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática. Dirección Nacional de Censos y Encuestas.

venidos, reservados por su abundante biodiversidad de hábitat para especies de flora, fauna y microorganismos.

Parques Nacionales

Creados en áreas que constituyen muestras representativas de las grandes unidades ecológicas del país. En ellos 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.

Cordillera Azul

Considerado como Parque Nacional por D.S. N° 031-2001-AG. Está ubicado entre las provincias de Bellavista, Picota y San Martín (región San Martín); la provincia de Ucayali (región Loreto); la provincia del Padre Abad (región Ucayali) y la provincia de Leoncio Prado (región Huánuco). Cuenta con una superficie aproximada de 1 353 190,84 Has.

El área de transición entre los altos Andes y la Amazonía, conocida en el Perú como selva alta, es una de las zonas naturales o ecorregiones de mayor diversidad biológica y más aún, es especialmente rica en especies que no se encuentran en ningún otro lugar del mundo, pero también una de las más amenazadas.

Río Abiseo

El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE) brinda especial atención al Parque Nacional del Río Abiseo, porque es una de las áreas naturales de mayor riqueza biológica y arqueológica del Perú. Es así como se dedica 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 274 520,00 Has.

El Parque Nacional del Río Abiseo fue establecido en 1983, por D.S. N° 064-83-AG del 11 de agosto de 1983, 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 UNESCO lo declara patrimonio cultural y luego, el 12 de diciembre de 1992, Patrimonio Natural de la Humanidad.

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

Alto Mayo

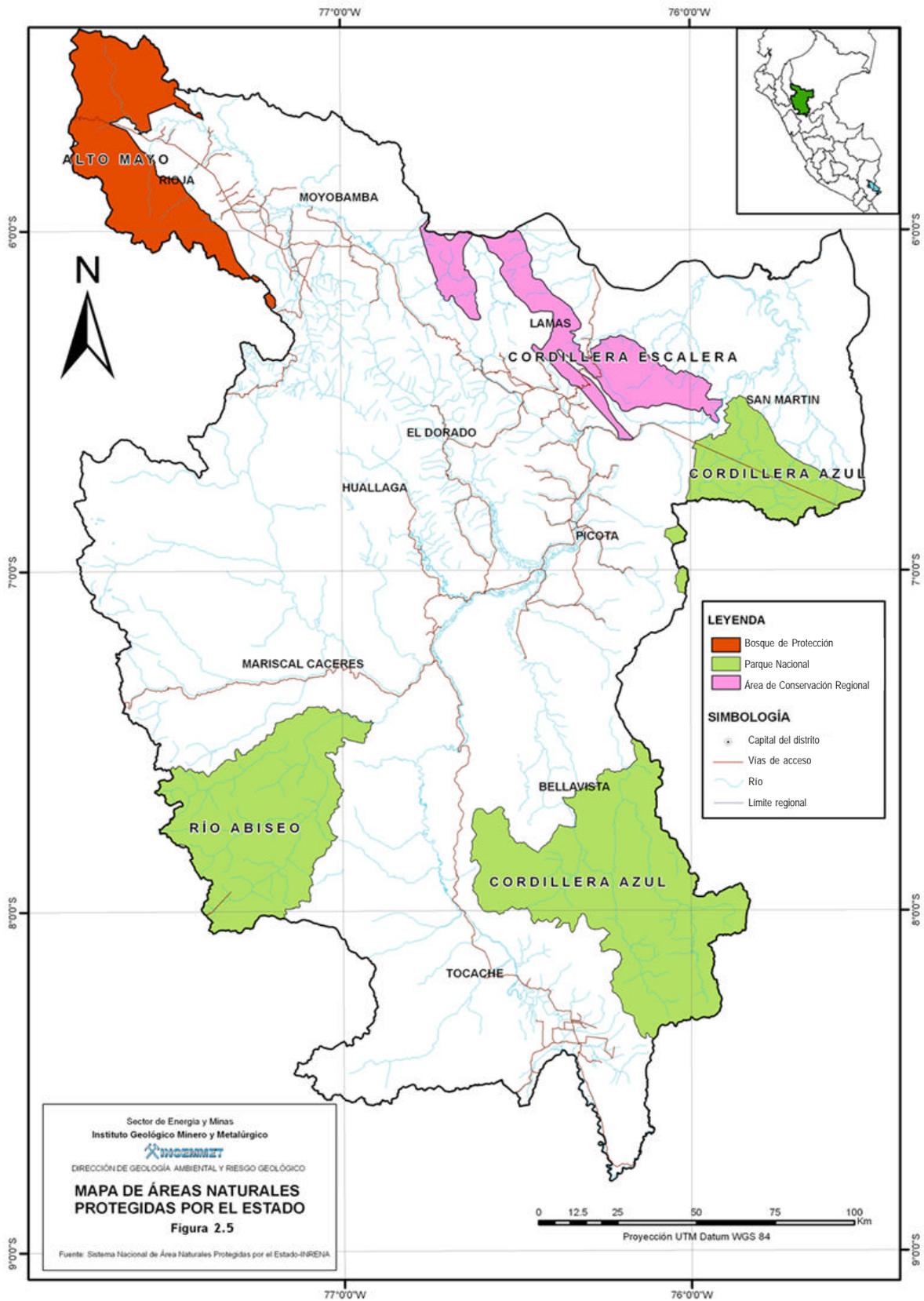
El bosque de protección Alto Mayo fue establecido mediante RS N°0293-87-AG/DGFF. Abarca un total de 182 000,00 Has, pertenecientes a los distritos de Yorongos, Rioja, Elías, Soplin Vargas, Nueva Cajamarca, Awajún y Pardo Miguel; ubicados en las provincias de Rioja y de Moyobamba. Tiene por objetivo principal conservar los suelos de las cuencas hidrográficas de la región, proteger la infraestructura vial o de gran índole, así como los centros poblados y las tierras agrícolas en zonas aledañas. También para garantizar el aprovechamiento de agua para consumo humano y uso agrícola; además de conservar especies importantes de flora y fauna silvestre.

Área de Conservación Regional

Son áreas naturales protegidas cuya administración recae en los gobiernos regionales, y en las que se aplican, las normas establecidas por el SINANPE. Se establecen mediante Decreto Supremo y se administran en coordinación con las municipalidades, comunidades campesinas o nativas y demás poblaciones locales que habitan en el área e instituciones públicas o privadas. Cordillera Escalera, es la primera Área de Conservación Regional.

Cordillera Escalera

El Estado Peruano a través del Instituto Nacional de Recursos Naturales – INRENA estableció a través del Decreto Supremo N° 045-2005-AG, a solicitud del Gobierno Regional de San Martín, la primera área de conservación regional denominada «Cordillera Escalera» con una superficie de 149 870,00 Has, ubicada en los distritos de Pinto Recodo, San Roque de Cumbaza, Pongo del Cainarachi y Barranquita de la provincia de Lamas y de los distritos de San Antonio de Cumbaza, Tarapoto, La Banda de Shilcayo, Shapaja y Chazuta de la provincia de San Martín, de la región San Martín.



CAPÍTULO III

ASPECTOS LITOLÓGICOS

El mapa litológico-estructural (Mapa N° 1) ha sido elaborado en base a los estudios de levantamiento geológico de la Carta Geológica Nacional a escala 1:100000, realizados en la Región San Martín por la Dirección de Geología Regional del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, cuya información se encuentra publicada en 15 boletines de la serie A, abarcando los cuadrángulos de Cachiyacu, Villa Jumbillas, Nueva Cajamarca, Balsapuerto, Yurimaguas, Rioja, Moyobamba, Tarapoto, Papa playa, Leimebamba, Río Huayabamba, Saposo, Laguna Sauce, Yanayacu, Bolívar, Río Jelache, Juanjuí, San José de Sisa, Juscubamba, Pólvara, Río Biabo, Manco Cápac, Tayabamba, Tocache Nuevo, Uchiza, Nuevo Edén, San Pedro de Chonta y Aucayacu; así mismo se completó la geología por medio de la interpretación de imágenes satelitales Landsat TM, con sus respectivas verificaciones de campo.

Para la delimitación de las diferentes unidades litológicas se ha tomado como patrón la clasificación litológica realizada por Vilchez & Zavala (2005) en la región Huánuco, Vilchez & Medina (2007)

en la región Amazonas y las regiones que limitan con la región San Martín. También se consideró el grado de homogeneidad de sus propiedades geotécnicas (rocas y suelo), principalmente por su grado de fracturamiento, grado de meteorización y resistencia a la erosión; agrupándolas sin considerar su edad. Los principales grupos de suelo y rocas han sido agrupados en dos grandes unidades de clasificación denominados Depósitos inconsolidados y substrato rocoso (Mapa N° 1).

DEPÓSITOS INCONSOLIDADOS (I)

Esta unidad agrupa en función a su origen a los depósitos poco o nada consolidados, conformados por materiales de litología heterogénea y heterométrica, de extensión y grosor variable; formados desde el Pleistoceno hasta la actualidad.

Esta unidad conforma el 11,62% del área de la región. En la región San Martín se ha diferenciado siete tipos de materiales no consolidados, que son producto de la meteorización, erosión y posterior acumulación. Presentan morfologías que van desde



Foto 3.1 Depósitos fluviales ubicados en el cauce del río Occhique, en los que se observa bolones y cantos subangulosos a subredondeados. Provincia Moyobamba, distrito Soritor.



Foto 3.2 Depósitos fluviales ubicados en el cauce del río Cumbaza, en ellos se observa bloques subangulosos a subredondeados. Área susceptible a inundación (Provincia San Martín, distrito San Antonio).



Foto 3.3 Depósitos fluviales ubicados en el cauce del río Huallaga, en los cuales se observa depósitos de arenas y limos. Área susceptible a inundación. Provincia de Picota, distrito Pilluana.

planas a plano-onduladas, hasta acumulaciones de piedemonte con cierto declive. A esta unidad se le ha denominado como la unidad «I», la cual está acompañada de un número «1» que indica la clase de depósito. De acuerdo a su origen se clasifican en:

Depósitos Fluviales (I-1)

Conformado por materiales ubicados en el cauce o lecho de los ríos y/o quebradas, terrazas bajas inundables y llanura de inundación. Son depósitos heterométricos constituidos por bolos, cantos y gravas subredondeadas en matriz arenosa o limosa, con mezcla de lentes arenosos y areno-limosos. Estos se presentan inconsolidados a poco consolidados hasta sueltos, fácilmente removibles y su permeabilidad es alta. Foto 3.1, 3.2 y 3.3

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

Depósitos Aluviales-Proluviales (I-2)

En lo referente a los depósitos aluviales, éstos conforman las extensas llanuras aluviales y terrazas (altas), a diferentes niveles sobre los valles, están ubicados en las márgenes de los ríos principales y tributarios mayores; algunos de estos depósitos semiconsolidados presentan cierto grado de consolidación

erosionados por los cauces actuales. Corresponden a una mezcla heterogénea de bolones, gravas y arenas, redondeadas y subredondeadas, así como limos y arcillas (este último principalmente está ubicado en las márgenes de río Huallaga), tienen de regular a buena selección; presentándose niveles y estratos diferenciados que evidencian la actividad dinámica fluvial. Son susceptibles a erosión (socavamiento en el pie de terrazas) donde se generan algunos derrumbes y deslizamientos ubicados en las márgenes de ríos y quebradas.

La permeabilidad en los depósitos conformados por limos y arcillas es baja, y los conformados por bolones, gravas, arenas y limos es, media a alta.

Los depósitos proluviales son originados por torrentes que bajan por las quebradas tributarias formando conos de deyección o abanicos, llegándose a confundir con las terrazas aluviales.

El material que los constituye es heterométrico y mal clasificado, por lo general, subangulosos a subredondeados, englobados en una matriz fina. Su permeabilidad es, con frecuencia media, y se encuentra medianamente consolidada. Son susceptibles a erosión fluvial, derrumbes y deslizamientos. Foto 3.4

Geomorfológicamente están asociados directamente a las unidades de abanicos proluvio/aluviales y abanicos aluviales.



Foto 3.4 Depósitos aluviales compuesta de arenas, limos y arcillas ubicado en la margen derecha del río Mayo, sector Tahuishco.

Depósitos Glaciales (I-3)

Están representados principalmente por acumulaciones de morrenas, conformadas por clastos angulosos a subangulosos, en una matriz arenosa y limoarcillosa; poco compactos. Se encuentran formando crestas y lomadas alargadas, bordeando lagunas, sin presencia de glaciares; lo cual evidencia un proceso de deglaciación. Inclusive su distribución está restringida a las zonas más altas de la Cordillera Oriental, en la zona de puna, tal como se aprecia en el cuadrángulo de Juscubamba.

Depósitos Glacio-Fluviales (I-4)

Son aquellos que tienen en su conformación materiales de morrenas que han sufrido removilización por acción fluvial, generalmente compuestas por material heterométrico, de gravas subredondeadas, en matriz areno-limosa, de profundidad y permeabilidad variable, medianamente compactos. Se hallan en proporción restringida al extremo occidental y sur del cuadrángulo de Juscubamba.

Depósitos Coluvio-Deluviales (I-5)

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 son resultado de una mezcla de ambos.

Los depósitos coluviales están compuestos por material generalmente grueso (bloques, cantos y gravas angulosas a subredondeadas). Se les encuentra al pie de laderas y formando pequeños abanicos en su confluencia con valles principales.

Los depósitos deluviales están referidos a acumulaciones pequeñas a moderadas de depósitos de vertiente; su origen está asociado a flujos no canalizados y también a movimientos complejos (derrumbe-flujos o deslizamiento-flujo), que originan pequeños abanicos en su pie. Se les encuentra al pie de laderas y formando pequeños abanicos en su confluencia con valles principales.

Desde luego, en conjunto, por su naturaleza son susceptibles a la erosión pluvial, remoción y generación de flujos de detritos (chorreras y huaycos), y cuando son el resultado de antiguos movimientos en masa son susceptibles a reactivaciones ya sea como deslizamientos o movimientos complejos, al efectuar modificaciones en el talud natural.

SUBTRATO ROCOSO

Estas unidades han sido divididas de tal forma que se agrupan a las diferentes litologías según su naturaleza, diferenciándose en la región: Rocas intrusivas (II), rocas volcánico sedimentarias (IV), rocas sedimentarias (V), rocas metamórficas (VI), además estos símbolos pueden estar acompañados 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 San Martín tienen una notable presencia, representan un porcentaje del 6,33 % del área total y se ubican principalmente en la zona de cordillera, conformando stocks, plutones (Cachicoto), cuerpos subvolcánicos (Uchiza).

Presentan una morfología de montañas y colinas, con pendientes que varían de moderadas a abruptas. Estas rocas de acuerdo a su morfología, litología, grado de fracturamiento, meteorización e intensidad de erosión son susceptibles a determinados procesos de movimientos en masa (caída de rocas, derrumbes, reptación y erosión de laderas). Las rocas ígneas intrusivas que afloran en la región han sido clasificadas en cuatro subunidades de acuerdo a su litología:

· Granitos y Monzogranitos (II-1):

De reducida distribución en la región San Martín está conformada por afloramientos de topografía moderada a muy fuerte, tales como el Plutón Cachicoto ubicado al sur de la región, en el cuadrángulo de Aucayacu y el granito de Jaipo-Juscubamba y Sión-Shiote, distribuidos a manera de cuerpos irregulares, alargados, constituidos por granitos leucócratos hasta tonalitas grises en el curso superior del río Abiseo, entre la quebrada Jaipo y cercanías de Juscubamba, también se localizan en los cuadrángulos de Tayabamba y Tocache.

· Tonalitas y Granodioritas (II-2):

Se presenta en afloramientos de topografía moderada, como ejemplo tenemos el Complejo Intrusivo Metal-Palina; conformado en general por granodiorita con variaciones a tonalita e inclusive hasta adamelita y en algunos sectores granitos afectados por procesos de meteorización (generando suelos arenosos). Otro ejemplo tenemos el Plutón de Cocalita San Antonio. Se encuentran al sur de la región límite con la región de Huánuco, al noreste de la hoja de San Pedro de Chonta y prolongándose a las hojas de Aucayacu y Tocache.

· Pórfidos (II-3):

Está representado por rocas de tipo cuarzo latitas, conformando cuerpos subvolcánicos como el de Uchiza, ubicados al sur de la región, en ambos márgenes del río Chontayacu, dispersos a inmediaciones de la ciudad de Uchiza y al sector norte de la hoja de Aucayacu; morfológicamente aparecen como montañas de moderada pendiente y colinas.

· Grabros y Dioritas (II-4):

Constituye intrusiones de dimensiones menores con relación a las anteriores, ya que afloran de manera aislada y dispersa, siendo el más representativo el afloramiento en la quebrada Aguas Claras al suroeste de la hoja de Nueva Cajamarca, donde morfológicamente conforman montañas con laderas de moderada pendiente.

Rocas Volcánico-Sedimentarias (IV)

En esta unidad se ubica las secuencias del Grupo Mitu, constituido por una secuencia gruesa de areniscas, lodolitas rojizas y grises, cubierta por conglomerados polimícticos, areniscas limoarcillitas, derrames volcánicos y piroclásticos (andesita púrpura y flujos de lava, andesita piroclástica), conglomerados de guijarros de andesita y areniscas rojas. Los que se encuentran en el sector occidental de la Cordillera Oriental.

También forma parte de esta unidad la Formación Lavasen, que aflora en el curso superior del río Abiseo, en el cuadrángulo de Juscubamba, lugar donde se expone una gruesa secuencia rítmica, constituida por una alternancia de rocas piroclásticas, brechas, ignimbritas, de naturaleza andesítica y dacítica con delgados niveles de areniscas arcóscicas.

Las secuencias volcánico-sedimentarias presentan laderas con pendientes que van de moderada a muy fuerte (casi verticales), que presenta un relieve muy agreste y conspicuo, sus valores de resistencia a la compresión son variables, por encontrarse constituidos por diferentes litología, siendo susceptibles a la ocurrencia de deslizamientos y derrumbes de grandes magnitudes.

Las rocas volcánico-sedimentarias en la región San Martín representan un porcentaje del 6,45 % del área total.

Rocas Sedimentarias (V)

Las rocas sedimentarias tienen amplia distribución, representan un 68,02% del área total de la región San Martín, se ubican dentro

del flanco este de la Cordillera Oriental hasta el Llano Amazónico, generalmente se presentan estructuralmente plegadas y falladas.

Es conveniente precisar que los valores de resistencia a la compresión para los materiales sedimentarios detríticos y químicos son: a) lutitas o limo-arcillitas: el rango comprende de 2-50 Mpa, b) areniscas: 40-110 Mpa; c) conglomerados 90 Mpa y d) calizas con rango en el valor de resistencia de 50-150 Mpa estudiados en la región Huánuco; los mismos que pueden ser correlacionados para las unidades litológicas que se ubican en la región San Martín. Esta unidad ha sido dividida en siete subunidades, para ello se toma en cuenta la litología predominante de cada subunidad.

· Calizas, Calizas y Margas (V-1)

Esta subunidad está constituida por secuencias de calizas micríticas de color gris oscuro a claro, presentan diversas intercalaciones de escasos niveles delgados limoarcillíticos, calizas bituminosas, arcillosas, y de lutitas y limolitas; calizas gris oscuras, silicificadas que tienen con estratos masivos que contienen espículas y nódulos silíceos, limoarcillitas grises y gris verdosas con calizas; también existen niveles de margas de color crema. Las unidades representativas son el Grupo Pucará (Formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga), Grupo Copacabana y la Formación Chonta; de amplia distribución en la región, ocupa gran parte de las hojas de Bolívar, Leimebamba, Villa Jumbilla, Moyobamba, Rioja, Pólvora, Uchiza. Foto 3.5 y 3.6.

Esta subunidad es susceptible a la formación de movimientos en masa de tipo derrumbes y caídas de rocas.



Foto 3.5 Afloramiento rocoso de la Formación Chonta compuesto por estratos de calizas arenosas intercaladas con limolitas. Sector San Pedro de Cumbaza. Provincia de San Martín, distrito San Antonio.



Foto 3.6 Afloramiento de calizas del Grupo Pucará compuesto por estratos de calizas arenosas intercaladas con limolitas. Sector La Victoria. Provincia de Rioja, distrito de Nueva Cajamarca.

· Areniscas y Lutitas (V-2)

Esta subunidad está constituida por grandes depósitos de areniscas cuarzosas blanquecinas de grano grueso que tienen también intercalaciones de limoarcillitas y limonitas grises verdosas, ortocuarcitas, areniscas cuarzosas intercaladas con lutitas, limolitas y estratos delgados de carbón, lutitas negras, arenisca y calizas con fósiles marinos, que presentan coloraciones rojizas y pardas debido a la meteorización. Las formaciones representativas de esta subunidad pertenecen al Grupo Oriente (Formaciones Cushabatay, Esperanza, Aguas Calientes), que tienen una amplia distribución en la región, los Grupos Ambo y Goyllarisquisga, se encuentran en el sector noreste de la hoja de Leimebamba y Bolívar respectivamente; de igual manera, se exponen areniscas arcóscicas grises a negras, intercaladas con pizarras carbonatadas de color gris oscuro con algunas venillas de calcita de la Formación Contaya en el sector sureste de la hoja de Juscubamba. Foto 3.7.

Ésta unidad es la más susceptible a los movimientos en masa, como caída de rocas.

· Areniscas, Limoarcillitas y Lodolitas (V-3)

Subunidad constituida por secuencias que presentan areniscas de coloración amarillenta, areniscas, limolitas y lodolitas rojas, estas areniscas contienen numerosas concreciones lenticulares, pertenecientes a las formaciones Sarayaquillo y Vivian, que tienen algunos niveles conglomerádicos en la Formación Ipururo. Se

encuentra en el flanco Este de la Cordillera Oriental hasta el Llano Amazónico. Foto 3.8 y 3.9.

Esta subunidad es susceptible a la ocurrencia de derrumbes.

· Lodolitas y Limolitas Rojas (V-4)

Esta subunidad está constituida por lodolitas, limolitas y areniscas rojo-marrones; así como areniscas calcáreas intercaladas con limoarcillitas y lutitas grises, venillas de yeso y niveles de concreciones calcáreas y silíceas. Las formaciones representativas que pertenecen a esta subunidad son el Grupo Huayabamba y también las formaciones Yahuarango y Pozo. Distribuidas en toda la región, mayormente en los cuadrángulos de Moyobamba, Saposoa y Juanjuí. Foto 3.10.

Esta subunidad es susceptible a la ocurrencia de derrumbes.

· Lutitas (V-5)

Constituida mayormente por lutitas, lodolitas grises, fosilíferas intercaladas, que presentan areniscas limolíticas gris verdosas de grano fino ligeramente carbonosas; lutitas calcáreas las cuales aumentan hacia su tope. Las lutitas son uniformes con estratificación no muy marcada, pero presentan un marcado clivaje pizarroso. Sus afloramientos dentro del área de estudio son muy limitados.

Las formaciones representativas son Cachiyacu y Huchpayacu, se encuentra al noreste de la región entre Cainarachi, San Roque de Cumbaza, Chazuta. Foto 3.11.



Foto 3.7 Areniscas cuarzosas con finas intercalaciones de lutitas y limolitas pertenecientes a la Formación Cushabatay - Grupo Oriente. Sector Laguna Azul en la provincia de San Martín, distrito de Sauce.



Foto 3.8 Afloramiento de areniscas arcósicas, líticas, subcuarzosas rojas de grano medio a fino de la Formación Sarayaquillo. Carretera Tarapoto-Yurimaguas Km 37+450, en la provincia de San Martín, distrito de la Banda de Shilcayo.



Foto 3.9 Formación Ipururo Afloramiento de areniscas grises intercalados con algunos niveles de conglomerados, Carretera Bellavista-Juanjuí.



Foto 3.10 Lodolitas rojizas intercalado con areniscas arcillosas marrón rojizas, Grupo Huayabamba. Provincia de Moyobamba, distrito de Soritor.



Foto 3.11 Lutitas y limolitas grises de la Formación Cachiyacu-Hushpayacu-Casa Blanca en contacto con areniscas tobáceas de la Formación Pozo. Sector Carretera Tarapoto-Yurimaguas km. 51+600.

· Conglomerados, Conglomerados, Arenisca y Lodolitas (V-6)

Esta subunidad está constituida por depósitos de areniscas conglomerádicas, areniscas rojas, lodolitas y conglomerados; secuencia de conglomerados mal seleccionados de color pardo amarillento a gris parduzca y areniscas conglomerádicas y conglomerados moderadamente cementados. Las Formaciones representativas de esta subunidad son Chambira, El Valle, Yorongos, Tocache, Juanjuí, Tamborapa y Ucayali, se ubican en ambas márgenes de la cuenca del río Huallaga, como resultado de la erosión de los relieves que conforman la Cordillera Oriental. Foto 3.12 y 3.13.

· Domo de Sal y Yeso (V-7)

En esta subunidad se encuentran estructuras diapíricas de dimensiones variables, que han extruido mayormente yeso y anhidrita, conjuntamente con limolitas y lodolitas rojizas contorsionadas y fragmentadas; así como, la mayor parte de los domos salinos, se encuentran en la franja subandina de la región, vinculadas a fallas de longitud regional y pliegues anticlinales; se

encuentran emplazados mayormente en rocas de la Formación Sarayaquillo y casi siempre incluyen bloques de calizas del Grupo Pucará. Foto 3.14 a y b.

Esta subunidad es susceptible a la ocurrencia de derrumbes y deslizamientos.

Rocas Metamórficas

· Esquistos y micaesquistos (VI-1)

Es una franja reducida, conforman un 7.28% de la región San Martín, está constituida por micaesquistos y esquistos, de coloraciones verdes y grises, presentan vetas de cuarzo, filitas negras por efectos de la meteorización, del Complejo Marañón. Se encuentran distribuidos en el flanco oeste de la Cordillera Oriental al suroeste de la región. Conforman además montañas de relieves moderados e irregulares con abundante material de escombros en los flancos y laderas.

Respecto a la susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa es alta, y se producen derrumbes, deslizamientos, reptación y flujos.



Foto 3.12 Conglomerados, lentes de areniscas y secuencias arcillosas semicompactos de la Formación Juanjuí. Provincia Mariscal Cáceres, distrito Juanjuí.



Foto 3.13 Discordancia angular entre las formaciones Juanjuí y Chambira. Carretera Bellavista-San Pablo.



Foto 3.14 a, b Domo de sal, constituido por yeso y anhidrita conjuntamente con limolitas y lodolitas rojizas y fragmentada. Susceptible a la ocurrencia de derrumbes. Provincia de Picota, distrito de Pilluana.

PÁGINA EN BLANCO

CAPÍTULO IV

ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

GENERALIDADES

El eje hidrográfico de San Martín está constituido por el curso medio del río Huallaga, el cual con sus 1138 Km de longitud se constituye en el quinto río más largo del territorio peruano, donde 585,35 km discurren por la región San Martín y es el colector de las aguas superficiales que drenan su territorio. En la región se observan dos sectores bien caracterizados: el Alto Huallaga y Bajo Huallaga. Los principales afluentes son los ríos Mayo, Sisa, Saposo, Biabo, Abiseo y Huayabamba; el 60% de estos ríos son navegables por navíos de hasta 10 toneladas. Entre los puertos menores se tiene al Puerto López, Juanjuí, Bellavista, Motilones, Guayaquil, Los Ángeles, San Fernando, Sapote, Tahuisco y Tarata.

En la región San Martín la hidrogeología no ha sido estudiada aún con detalle, debido a que la disponibilidad de agua superficial es excesivamente grande en comparación con los posibles usos del agua subterránea. Aun así, la presencia del agua subterránea es evidente y se refleja en la presencia de humedales, manantiales, surgencias y el aporte a los caudales de los ríos.

Cabe anotar que en las formaciones porosas no consolidadas de la región San Martín existen condiciones favorables para el almacenamiento de aguas subterráneas. La alternancia de sedimentos porosos no consolidados forma acuíferos de tipo confinado, semiconfinado y libre. La presencia de sedimentos arenosos y gravosos de las formaciones Ucayali e Ipururo, representan zonas de gran interés hidrogeológico.

Las condiciones hidrogeológicas de la región San Martín, se asocian a las intensas precipitaciones pluviales, así como a las características litológicas de las formaciones geológicas, también a los grados de alteración y fracturamiento de las rocas, además a la distribución del sistema de drenaje pluvial.

La región San Martín es moderadamente húmeda, plana pero también con áreas onduladas, cubierta por una densa vegetación y surcada por caudalosos ríos. Debe señalarse que las fuentes de recarga son la precipitación pluvial (entre 850 y 2365 mm anuales), los escurrimientos de los ríos y algunos sectores agrícolas donde el riego por inundación es importante.

Hasta ahora, la explotación de aguas subterráneas no es amenazada por el peligro de sobreexplotación, ya que no son

abundantes; sin embargo, tiene que considerarse que son muy vulnerables a la contaminación que proviene de las aguas domésticas, municipales, agropecuarias e industriales, las cuales carecen de sistemas de tratamiento.

El clima varía desde el seco y cálido, en las áreas bajas de planicies y lomadas del sector central del río Huallaga hasta el tipo húmedo y frío acentuado en el sector de puna, pasando por los tipos semiseco y cálido en los sectores de planicies, lomadas y colinas bajas de las cuencas de los ríos Mayo, Sisa, Cumbaza, Saposo, Biabo, entre otros. Además, en el sector de laderas y colinas altas de las cuencas de los ríos Mayo y Huallaga el clima es ligero, moderadamente húmedo y semicálido; en los fondos del valle y laderas es ligero, moderadamente húmedo y cálido; por otro lado, en los sectores de montaña baja es húmedo y templado cálido. También hay mucha nubosidad en las cumbres de estos relieves montañosos, lo cual genera un ambiente importante para la alimentación de las aguas subterráneas.

La morfología de la región es muy accidentada; por ejemplo, en el extremo occidental de la región se localiza la zona montañosa de mayor recarga y alimentación de aguas, conformada por laderas del flanco oeste de la Cordillera Oriental, la cual está constituida de innumerables quebradas, laderas abruptas, con abundante material de escombros en sus flancos y laderas, donde existen importantes acuíferos porosos no consolidados de alta producción. Mientras que al sureste, la prolongación de la Cordillera Azul, cuyas cumbres no pasan de los 3000 m.s.n.m., en las inmediaciones de Sion forma un impresionante cañón conocido con el nombre de Cajón de Sion, con muy buenas condiciones hidrogeológicas, ya que muestran surgencias de buen caudal en ambos flancos del cañón, los cuales aumentan considerablemente el caudal del río, debido a que las formaciones de rocas sedimentarias se encuentran fisuradas.

En el sector noreste, en las provincias de Lamas y San Martín se conforma una zona de áreas inundables, poco accidentadas, del cual emergen colinas aisladas que favorecen la infiltración de aguas en la época de lluvias. La zona de los valles amplios es un sector conformado por terrazas escalonadas (erosionadas) y son evidencia de la presencia de niveles freáticos altos por el río Huallaga y sus afluentes. La presencia de aguas subterráneas es

indiscutible por las surgencias naturales como humedales, que son conocidos localmente como tahuampas o aguajales. Encontramos también numerosas lagunas como Cocha Yanayacu, Sauce, Limoncocha, Papacocha, etc.

PRINCIPALES FORMACIONES HIDROGEOLÓGICAS DE LA REGIÓN SAN MARTÍN

Los principales acuíferos en la región son de tipo fisurados sedimentarios y/o volcánico sedimentarios y, en menor proporción acuíferos en depósitos porosos no consolidados. De acuerdo a los parámetros hidrogeológicos (porosidad y permeabilidad) y los componentes litológico y estructural, las unidades que afloran en la región San Martín fueron clasificadas de la siguiente manera (Mapa N° 2):

Acuíferos

Son unidades geológicas con capacidad de almacenar y transmitir aguas subterráneas a través de sus poros y fracturas, y la interconexión de éstas. Representan el 65,74 % del área total de la región San Martín.

En la región San Martín se pueden distinguir tres clases de acuíferos: los porosos no consolidados en depósitos del cuaternario, que comprenden el 11,24 %; en las formaciones rocosas se tienen los acuíferos fisurados sedimentarios, que ocupan el 40,76 %, los volcánicos sedimentarios, que comprenden el 6,46 % y los metamórficos que ocupan el 7,28 % del área total de la región.

A. Acuífero Poroso no Consolidado

A.1 Acuífero poroso no consolidado excelente

Esta unidad se caracteriza por la presencia de materiales sueltos, heterogéneos como gravas arenosas, tienen bancos de arenas y gravas, poco consolidados (depósitos fluviales), fácilmente removibles, que poseen buena porosidad y permeabilidad; lo cual favorece el almacenamiento de aguas subterráneas. Las gravas fluviales son los acuíferos de mayor productividad de la región San Martín. Se pueden encontrar en las llanuras de inundación que dejan los ríos y por sectores son de tipo confinado o cautivo. Ocupa el 1,87 % del área total.

También está compuesto por material de escombros y fácilmente removibles, como en el complejo Marañón, compuesto por micaesquistos, esquistos y algunas filitas, que por efecto de la meteorización lo hace un acuífero de alta producción, debido a que se trata de materiales recientes no consolidados cuyo espesor no es significativo. Se encuentran distribuidos en el flanco oeste de la Cordillera Oriental.

A.2 Acuífero poroso no consolidado regular

Entre los acuíferos porosos no consolidados se encuentran formaciones del Cuaternario. Se caracteriza por estar formado por bolones, gravas y arenas redondeadas a subredondeadas, así como limos y arcillas de los depósitos aluviales y proluviales. Ocupa el 9,17 % del área total.

La permeabilidad es alta debido a la existencia de materiales finos, la porosidad también es alta; pero, por la presencia de limonitas y arcillas la productividad no es tan eficiente.

A.3 Acuífero poroso no consolidado pobre

Esta unidad constituida por acumulaciones de morrenas, las cuales se encuentran conformadas por clastos angulosos a subredondeados, englobados en matriz arenosa y limoarcillosa, poco compactos, tales como los depósitos glaciares y coluvio-deluviales.

Presentan poca permeabilidad, lo cual hace que esta formación sea un acuífero de baja productividad. Tiene una distribución restringida en las zonas más altas de la Cordillera Oriental. Ocupa sólo el 0,2 % del área total de la región.

B. Acuífero Fisurado Sedimentario

B.1 Acuífero Fisurado Sedimentario Excelente

Esta unidad se encuentra conformada por grandes depósitos de areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, llegando a conglomerádica en sus niveles inferiores y tienen intercalaciones de lutitas, limolitas y limoarcillitas que presentan coloraciones rojizas y pardas debido al alto grado de meteorización.

Los estratos arenosos son friables y generan suelos arenosos, estando representada por el Grupo Oriente (formaciones Cushabatay, Esperanza, Agua Caliente), con potencias entre 100 y 500 m. Las propiedades de almacenamiento y transmisividad de aguas subterráneas en esta unidad son importantes debido a la presencia de fisuras (aumenta la permeabilidad secundaria) y porosidad en un rango que va de 4 a 25 %, por lo que se califica como un importante acuífero fisurado. Comprende el 12,26 % del área total de la región. Tiene una extensión significativa en la región, dentro de la Faja Subandina.

En el caso del acuífero fisurado Contaya, está compuesto por pizarras carbonatadas y carbonosas, fisibles, de color gris oscuro a negro, a veces laminares, fracturadas, con algunas venillas de calcita, se intercalan con areniscas arcóscicas grises a negras, de grano fino, cuya permeabilidad también es alta por la presencia de fracturas, lo cual favorece la circulación de aguas subterráneas y la porosidad de las areniscas es de 26%. Se ubican al suroeste de la región San Martín.

B.2 Acuífero Fisurado Sedimentario Regular

Corresponde a 16,96 % del área total de la región. La unidad se encuentra compuesta por areniscas de grano fino a grueso (0,1 a 0,4 m de grosor) intercalados con capas de lodolitas, limolitas, limoarcillitas, areniscas rojas y areniscas cuarzosas de las formaciones Sarayaquillo y Vivian; estructuralmente se encuentra afectado por pliegues anticlinales y sinclinales que favorecen la formación de permeabilidad secundaria a través de las fisuras, tratándose de un acuífero de media producción de agua subterránea. Presentan potencias de 20 hasta 200 m de espesor y aflora en la zona noroeste de la región San Martín. Es el acuífero fisurado que alimenta a los acuíferos porosos no consolidados; su almacenamiento y circulación de agua subterránea es considerable.

En algunos casos, como la Formación Ipuru, constituido por una secuencia de areniscas grises a marrones, de grano medio a grueso, friables, mal seleccionadas y en parte conglomerádicas, intercaladas con lutitas abigarradas oscuras. En la parte media, se distinguen limoarcillitas rojas, limolitas grises y areniscas blancas a marrón rojizas con estratificación sesgada. Continúan areniscas calcáreas de grano muy fino subanguloso a subangular, areniscas grises claras de grano fino y limoarcillitas pardo rojizas seguidas de un estrato de areniscas cuarzosas; también se observa un paquete de lodolitas pardo rojizas semicompactas. Las variaciones litológicas permiten albergar acuíferos confinados. En la región San Martín este acuífero tiene gran extensión y la presencia de materiales arcillosos de muy baja permeabilidad facilita el entrapamiento de las aguas subterráneas. Sin embargo, también contiene grandes acumulaciones de materiales porosos, arenas y gravas fundamentalmente, con altos valores de permeabilidad y porosidad, por lo que resultan idóneos para la retención y la circulación del agua subterránea.

B.3 Acuífero Fisurado Sedimentario Pobre

Esta unidad se encuentra conformada por calizas, lutitas y areniscas; calizas grises, gris pardosa, intercaladas con limoarcillitas margosas de color marrón oscuro; presentándose de manera compacta, en algunos sectores, y en otros se encuentra fracturada, lo que hace que la permeabilidad sea buena; sin embargo, la porosidad es baja, indicándonos un acuífero fisurado de baja producción. El grosor promedio es de 200 m y ocupa una superficie de 11,54 % dentro de la región San Martín, se ubica en el sector noroeste de la región.

Pueden presentar características similares a la red hidrográfica superficial, debido a procesos de karstificación. La predominancia de calizas indica que lo clasificamos como un acuífero kárstico, las formaciones en donde se presenta pertenecen al Grupo Pucará (formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga), Grupo

Copacabana y la Formación Chonta. Por las características hidrogeológicas lo consideramos como un acuífero fisurado con baja productividad.

C. Acuífero fisurado volcánico sedimentario (Regular)

Esta unidad se encuentra compuesta por areniscas, lodolitas y conglomerados, derrames volcánicos y piroclásticos del Grupo Mitu. El acuífero constituido por la Formación Lavasen formada por piroclásticos y flujos de lava en estratos masivos de hasta 15 m de grosor, esta unidad generalmente es de composición andesítica a riodacítica, de estructura masiva, compacta y de textura pobremente porfirítica, con matriz afanítica, ambas unidades rocosas se encuentran fisuradas, pero su producción es regular, ya que la presencia de arcillas y de limolitas hace que la permeabilidad disminuya. Ocupa el 6,46 % del área total de la región.

D. Acuífero fisurado metamórfico (Regular)

Unidad conformada por micaesquistos y esquistos verdes y grises con vetas de cuarzo y filitas negras por efectos de la meteorización del Complejo Maraón. Además, montañas de relieve moderadas e irregulares con abundante material de escombros en los flancos y laderas. Ocupa el 7,28 % del área total de la región.

Acuitardos

Se denominan así a las rocas y suelos que tienen la capacidad de almacenar agua subterránea, pero cuya transmisibilidad es muy lenta o localizada, debido a su baja permeabilidad. Estos materiales son generalmente estratos confinantes o niveles que condicionan el direccionamiento del flujo de aguas subterráneas. Ocupan el 34,02 % del área total de la región San Martín.

A. Acuitardo Intrusivo

Se observan acuitardos intrusivos alterados, fracturados y diaclasados, con porosidad secundaria superficial de los plutones Cocalita San Antonio, el Complejo Intrusivo Metal-Palina, plutón Cachicoto y el granito de Jaipo-Juscubamba y Sión-Shiote, y cuerpos subvolcánicos Uchiza.

Se presentan en forma de cuerpos que se encuentran afectados por procesos de meteorización en la superficie, hacia la parte interior se vuelven macizos e impermeables y obstruyen la circulación de las aguas subterráneas. Esto se explica porque en profundidad no se encuentran tan meteorizados, lo que indica que la permeabilidad es alta en la parte superficial, pero al saturarse no transmite el agua a profundidad. Los valores de permeabilidad por fracturas son altos en la superficie, pero la porosidad es muy baja: 0,3% y en algunos casos llega a 1%. Estas características determinan que sean considerados como acuitardos intrusivos, ocupando una superficie de 6,63 % dentro de la región.

B. Acuitardo Sedimentario

Esta unidad ocupa el 27,39 % del área total de la región, constituida por las formaciones Yahuarango, Cachiyacu-Huchpayacu, Chambira, Huayabamba, Pozo, Chota, El Valle, Yorongos, Tocache, Juanjuí y Tamboraza. Constituidos por conglomerados y areniscas líticas semiconsolidadas; lodolitas, areniscas, margas; lodolitas, lutitas negras, arcillas y limolitas, que se encuentran intercaladas entre sí, lo cual no favorece a las características hidrogeológicas, conduciendo agua por sus partes alteradas en una forma muy lenta. Presenta una permeabilidad de moderada a baja y porosidad alta, que lo caracteriza como acuitardo e indica un buen almacenamiento, pero una dificultosa transmisibilidad. En la parte superior hay lutitas limosas intercaladas con delgadas capas de lutitas grises y limonitas, estos materiales son impermeables y condicionan el almacenamiento y la circulación de las aguas subterráneas.

Además, se encuentran areniscas rojo púrpura, arcillitas rojas grises y brunáceas, con estratificación cruzada, la variación de los materiales finos condiciona la dirección de los flujos de las aguas subterráneas, comportándose como acuitardos.

Las referidas secuencias y la extensión de estas formaciones hacen posible la formación de acuitardos regionales.

Acuicludos

Este término se refiere al material o formación geológica que conteniendo agua en su interior incluso hasta la saturación, no la transmite y es incapaz de transmitir cantidades significativas de agua bajo gradientes hidráulicos normales; por lo tanto, no es posible su explotación, como en el caso de las arcillas. Este término generalmente es aplicable al basamento del sistema acuífero.

Los acuicludos en la región San Martín están representados por los domos de sal, ocupan el 0,24 % del área total de la región, los cuales se caracterizan por estar compuestos de yeso, anhidrita, tienen limolitas rojizas y lodolitas, cuyas permeabilidades son bajas y porosidad media. Estas propiedades ayudan a almacenar, pero no a transmitirlos.

VULNERABILIDAD DE ACUÍFEROS EN LA REGIÓN SAN MARTÍN

El agua de los acuíferos porosos no consolidados puede contaminarse de varias formas. Se saliniza debido a prácticas inadecuadas de riego, en las que se añaden sales al acuífero, ya

sea por disolución, quema de pastizales, uso de fertilizantes y pesticidas en los cultivos o luego de extracciones exageradas que bajan los niveles del agua e inducen salinidad.

Los acuíferos pueden tener concentraciones altas de calcio, magnesio, sodio, potasio, cloro y sulfato, lo cual los hace inservibles para ciertos usos. Las calizas con bacterias, coliformes fecales, contaminantes químicos y las descargas de aguas usadas, sean directas o indirectas (a través de pozos, ríos o quebradas) contaminan el acuífero de la región. Los lixiviados de basureros o superficies contaminadas también inficionan los acuíferos.

Los acuíferos de la región suelen ser afectados por:

Vertimiento de aguas servidas

La mayoría de los centros urbanos de la región San Martín vierten sus desagües (aguas negras o servidas) a los ríos o lagunas, como en el caso de Laguna Sauce. Razón por la que estos desagües contienen excrementos, detergentes, residuos industriales, petróleo, aceites y otras sustancias que son tóxicas para las plantas y los animales acuáticos.

Por eso, cuando se vierten los desagües, sin previo tratamiento, se dispersan agentes causantes de enfermedades (bacterias, virus, hongos, huevos de parásitos, amebas, entre otros.), los cuales son los signos más claros de contaminación superficial y subterránea.

Vertimiento de residuos sólidos y desmontes en las aguas

En la región San Martín es costumbre generalizada el vertimiento de basura y desmonte en las orillas de los ríos, sin ninguna previsión y en forma desordenada. De modo que entre estos desperdicios hay plásticos, vidrios, latas y restos orgánicos que no se descomponen o que al hacerlo producen sustancias tóxicas (es el caso del fierro que produce óxido de fierro) que tienen un impacto negativo.

Vertimiento de productos químicos y desechos industriales

La deposición de productos diversos (abonos, petróleo, aceites, ácidos, soda, aguas de formación o profundas y algunos otros), provenientes de las actividades industriales, contaminan las aguas superficiales y también las aguas subterráneas debido a que la mayoría de los ríos constituyen la zona de alimentación de los acuíferos.

CAPÍTULO V

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

GENERALIDADES

La geomorfología es ciencia que estudia las formas del relieve terrestre teniendo en cuenta su origen, naturaleza de las rocas, el clima de la región y las diferentes fuerzas endógenas y exógenas que de modo general entran como factores constructores del paisaje. Estudia el relieve actual, estudiando previamente las formas del relieve desarrollado en el transcurso del tiempo geológico (Dávila, 1999).

Las consideraciones geomorfológicas son esenciales en el análisis de la ocurrencia de movimientos en masa, por lo que las características del terreno y los procesos que modelan la superficie deben ser entendidos. Los procesos de vertiente son parte integral de la geomorfología dinámica como variables que controlan la evolución del paisaje. En los últimos años, el crecimiento de la población y la expansión de asentamientos humanos sobre áreas inestables han incrementado el impacto por desastres, especialmente en países en vías de desarrollo (Aristizábal, E - 2006).

Los mapas geomorfológicos, como herramientas para el análisis de los peligros naturales, se consideran indispensables pues están relacionados con los procesos geodinámicos.

El mapa geomorfológico de la región San Martín, se ha elaborado a una escala 1:300 000, utilizando en su confección imágenes satelitales Landsat a escala 1:100 000 del Google Earth (publicadas por la NASA) e imágenes Aster.

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS ESTRUCTURALES REGIONALES

Desde el punto de vista regional las unidades geomorfológicas se originaron por la acción de agentes tectónicos, deposicionales y erosivos, a lo largo de su historia geológica. Es así que en la zona investigada se han diferenciado parte de la Cordillera Oriental, Faja Subandina y Llanura Amazónica del Mio-Plioceno (Sánchez A. 1997). La Cordillera Oriental es la más elevada del área, llegando hasta los 4 500 m.s.n.m., con superficies heterogéneas y morfología agreste (Sánchez, J. 1997).

La Faja Subandina, se encuentra a lo largo de la región, desde Tocache hasta Tarapoto, formando altos a manera de colinas y montañas estructurales. La Llanura Amazónica se caracteriza por

tener una depresión donde se presentan mayormente geoformas de acumulación y erosión (Sánchez, A. 1997).

PRINCIPIOS DE LA CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA

La cartografía geomorfológica y la delimitación de unidades se fundamentan con el criterio de homogeneidad relativa y la caracterización de los siguientes aspectos:

- a) Origen general y específico del relieve (ya sea por erosión o acumulación): Tipos generales y específicos del relieve (planicies, colinas y lomas, piedemontes y montañas), teniendo en cuenta su amplitud de relieve (altura relativa); por ello para el caso de las montañas se consideró también la diferenciación de acuerdo a la pendiente y el control estructural de sus laderas (este último factor se tomó en cuenta en el caso de las colinas).
- b) En la descripción de las diferentes unidades geomorfológicas se menciona el tipo de litología principal de las rocas aflorantes y/o depósitos inconsolidados, así como las amenazas geológicas asociadas.
- c) Se consideró la base geológica a escala 1:100 000, del INGEMMET, teniendo en cuenta los límites de las unidades geológicas (substrato rocoso-depósitos superficiales), con énfasis en la diferenciación de depósitos recientes, sobre todo aquellos de movimientos en masa identificados en campo.

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DIFERENCIADAS

Presentan cuatro grandes grupos de unidades geomorfológicas: montañas, colinas y lomadas, depósitos de piedemontes y planicies. Dentro de ellas se hace una subdivisión, considerando su origen y la geometría del relieve (pendiente del terreno), el carácter estructural y la asociación morfogenética (fluvial, aluvial, glacial y gravitacional). A continuación, se describen estas unidades geomorfológicas (Mapa N°3).

Montañas

La montaña es la unidad que se define como una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 m de desnivel, cuya cima puede ser aguda, subaguda,

semiredondeada, redondeada o tabular, y con laderas regulares, irregulares a complejas (FAO 1968).

Esta unidad se caracteriza por conformar alineamientos en forma alargada que están constituidos por rocas metamórficas, intrusivas y en menor parte sedimentarias. Las cimas son muy abruptas, de forma subredondeada, y constituyen las divisorias de aguas. Se reconocen como cumbres y estribaciones que han sido deformadas por la erosión y la influencia del levantamiento andino.

Esta unidad corresponde al 64,45% del área total de la región San Martín. Pueden diferenciarse cuatro subunidades de acuerdo a su pendiente y forma estructural.

Montañas de pendiente alta

Esta subunidad se caracteriza por presentar laderas con pendientes fuerte a muy fuerte, generalmente mayores de 45° . La mayoría de ellas están compuestas por rocas metamórficas del complejo Marañón (Figura 5.1), intrusivas del Complejo Intrusivo Metal-Palina y rocas sedimentarias del Grupo Pucara en ella se forman cañones profundos.

Comprende un 14,76% de la región. Se encuentran distribuidas principalmente en la zona oeste y en pequeños sectores de la parte norte de la región. Conforman parte de la Cordillera Oriental. Los fenómenos de remoción en masa que pueden presentarse son caídas de rocas, derrumbes y deslizamientos antiguos.

Montañas de pendiente media

Esta subunidad es aquella que presenta laderas con pendiente

entre pronunciada y fuerte, habitualmente se encuentran entre 20° y 30° . Suelen estar conformadas por rocas sedimentarias (Figura 5.2).

Esta subunidad representa un 20,53 % del área de la región. Por el lado oeste se encuentra distribuida, en el límite de la región La Libertad, por el lado este en la zona central con la región Loreto y al norte se encuentra una pequeña porción. Esta subunidad en la zona oeste es parte de la Cordillera Oriental en la zona este parte de la Faja Subandina.

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

Montañas estructurales

Son aquellas en las que sus geofomas tienen relación litológica-estructural (Figura 5.3 y fotos 5.1, 5.2). Este tipo de montañas presentan alineamientos conformados por secuencias estratificadas plegadas. Los buzamientos de los estratos controlan la pendiente que va desde moderada a muy abrupta. Comprende rocas sedimentarias, especialmente de los grupos Oriente y Huayabamba. En la región se encuentra ampliamente distribuida y representa el 28,72% del área total ubicándose principalmente en la parte central de la misma. Se caracterizan por presentar alineamientos andinos con dirección noroeste-sureste.

Los peligros de movimiento en masa que se presentan en esta unidad son: caída de rocas, derrumbes, deslizamientos, erosión de laderas y flujo de detritos.

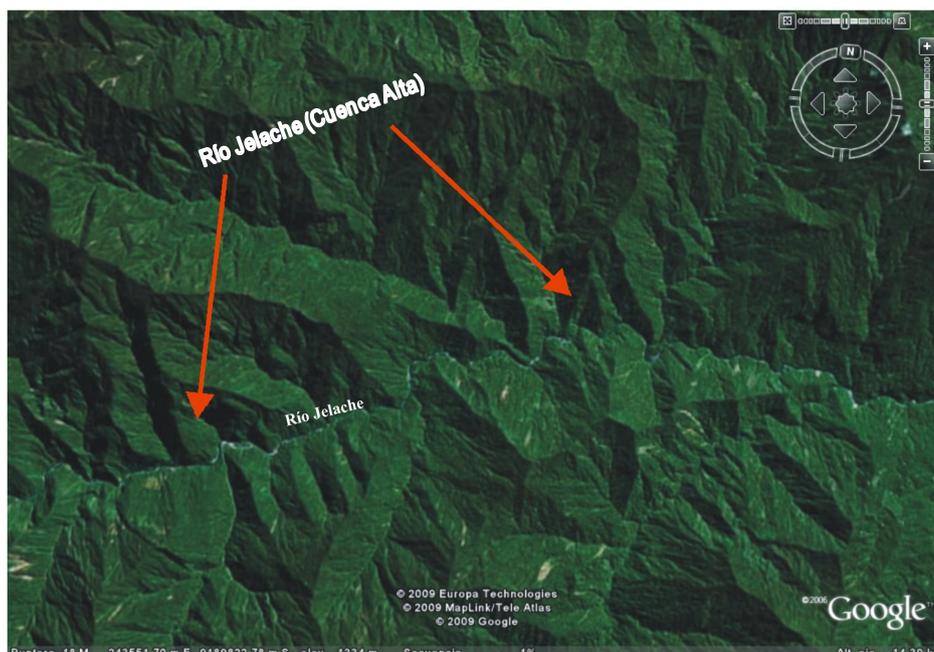


Figura 5.1 Imagen satelital del sector del cuenca del río Jelache muestra valle profundo, con fuertes pendientes, pertenecientes al Complejo Marañón.

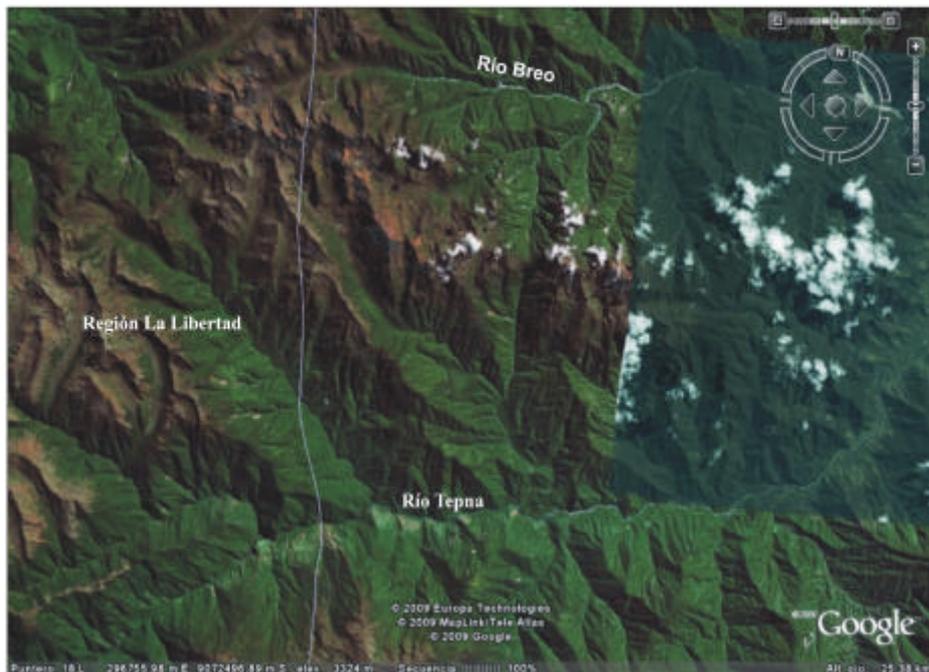


Figura 5.2 Montañas de pendiente media, sector entre los ríos Breo y Tepna.

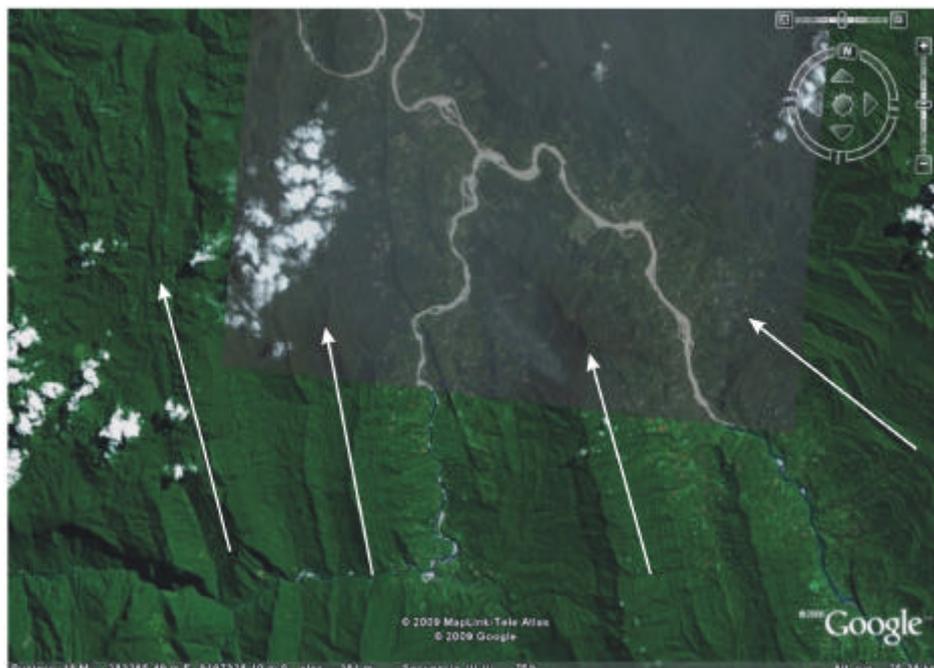


Figura 5.3 Confluencia del río Jelache sobre el Huayabamba, se muestran la dirección de las laderas de las montañas.



Foto 5.1 Montañas estructurales en el sector Bellavista (distrito Soritor- provincia Moyobamba).



Foto 5.2 Montañas estructurales, sector de Tarapoto (distrito Tarapoto, provincia San Martín).

Montaña con relieve disolucional (Karst)

La palabra karst es un término aplicativo a áreas calcáreas o dolomíticas, que poseen una topografía peculiar resultante de la disolución subsuperficial por las aguas de lluvias, las que al concentrarse en escorrentía son llevadas hacia cauces subterráneos (Villota, H. 2005).

En esta unidad se debe haber formado depresiones cerradas, como dolinas, los cuales son hoyos en forma de embudo, con lados rocosos o cubiertos de suelo y vegetación, deforestándose en planta de forma circular o elíptica. (Villota, H. 2005).

Las dolinas se han formado por disolución y desplome de las rocas calcáreas que son muy favorables a la disolución y condicionadas por el sistema de fracturamiento.

Esta unidad, representa el 0,44% del área de la región, se presenta puntualmente en la zona oeste, entre la confluencia del río Frontera al Huayabamba (Figura 5.4).

En esta subunidad se pueden presentar peligros de hundimientos, derrumbes y en menor escala deslizamientos.

Colinas y Lomadas

Las colinas y lomadas pueden conformar series lineales, de carácter estructural plegado, denudativo o volcánico (este último no identificado en la región); pueden estar asociados a las cordilleras, extendiéndose paralelas a estas en sus estribaciones. Junto con

las ondulaciones pueden constituir superficies colinosas, alomadas, onduladas, colinado-ondulado o lomeríos en general, de amplia extensión y resultantes de la degradación prolongada e intensiva de anteriores piedemontes y altiplanicies (Villota, H. 2005).

Las colinas y lomadas son elevaciones naturales del terreno de menor desnivel que la montaña (menos de 300 m), se encuentran distribuidas en forma local dentro de la región.

Mediante la interpretación de imágenes de satélite se han podido distinguir colinas de pendiente alta, pendiente baja, disectadas, y estructurales, se han diferenciado también lomadas.

Esta unidad conforma un 21,93 % del área de la región.

Colinas

Esta subunidad se caracteriza por estar conformadas por cerros con altitudes menores a los 300 m. Su distribución se encuentra al norte de Caspizapa, y en la margen derecha del río Huallaga entre los sectores de Bajo Biabo hasta Picota. Están conformadas por secuencias sedimentarias, que tienen areniscas, limolitas y calizas. Se presentan procesos de reptaciones de suelos, algunos deslizamientos y derrumbes.

Esta subunidad representa un 0,57% del área de la región.

Colinas estructurales

En la Faja Subandina hay estas colinas cuya característica es seguir un patrón estructural, es decir, siguen una serie de

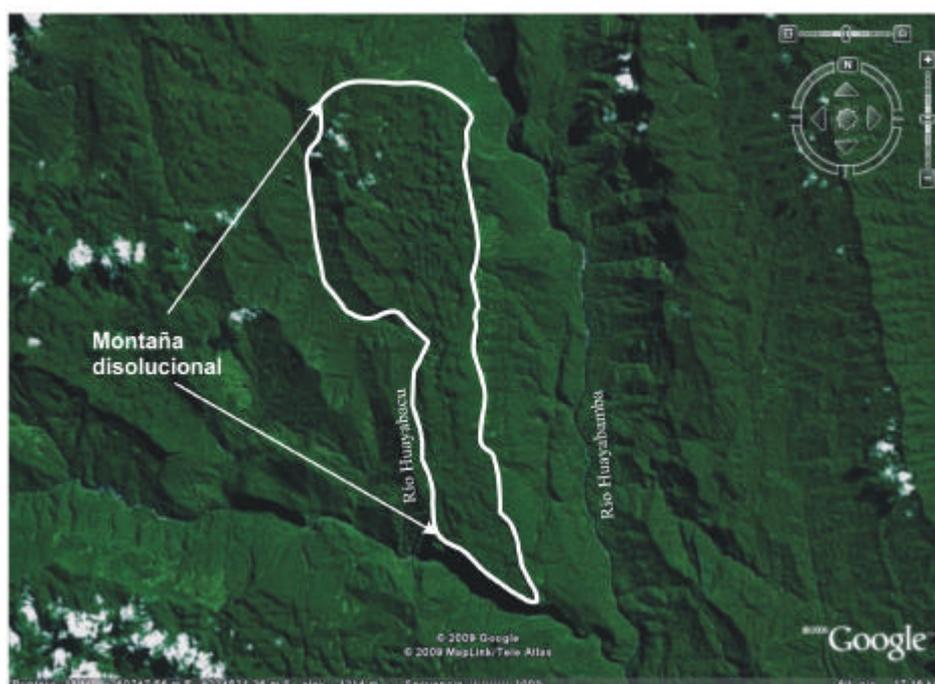


Figura 5.4 Montaña disolucional, entre los ríos Huayabacu y Huayabamba.

anticlinales y sinclinales bordeando las zonas de montañas. Involucra rocas de tipo sedimentario y sus estratos presentan buzamientos entre 15° y 60° (Foto 5.3).

En las laderas de las colinas, cuando tienen fuertes buzamientos o presenta escarpes abruptos se generan acumulaciones de derrubios.

Cuando hay intercalaciones de diferente litología, y de resistencia variable a la erosión estas se asocian a la caída de rocas, derrumbes y erosión de laderas.

Esta subunidad representa un 9,36% del área de la región.

Colinas y lomadas disectadas

Este tipo de colina está conformada por rocas no muy litificadas y de fácil erosión, como areniscas y limolitas, se encuentra ampliamente erosionada, con formación de cárcavas (figura 5.5).

La zona más representativa se encuentra en el extremo este-central de la región, cerca del domo de Callanayacu.

Se encuentran también en forma puntual entre la zona de ocache a Pólvora, Juanjuá y Ingo de Saposoa, entre otros.

Los peligros geológicos que se presentan en esta unidad son derrumbes en las cabeceras y márgenes de las quebradas, deslizamientos y erosiones de ladera.

Esta subunidad representa un 4,67% del área de la región.

Colinas con laderas estructurales-disectadas

Esta subunidad presenta un intenso fracturamiento y está conformada por areniscas alteradas, permitiendo de esta manera una fuerte erosión de la roca (figura 5.6 y foto 5.4).

La zona más representativa se encuentra en el extremo este-central de la región, cerca del domo de Callanayacu.

Se encuentran puntualmente entre la zona de ocache a Pólvora, Juanjuá e Ingo de Saposoa y se caracterizan por presentar erosión de laderas, y derrumbes.

Esta subunidad representa un 2,31% del área total de la región.

Los peligros geológicos asociados a esta unidad son derrumbes en las cabeceras y márgenes de las quebradas, deslizamientos y erosiones de ladera.

Colinas de pendiente baja

Corresponde a colinas que tienen sus laderas con pendientes muy bajas, menor a 8° y que están conformadas por rocas sedimentarias de tipo calcáreo, esta subunidad se encuentra puntualmente entre la confluencia del río Jelache al Huayabamba. Representa un 0,85% del área de la región.

Los tipos de peligros que se asocian son reptaciones de suelos.

Colinas de pendiente alta

Son las subunidades cuyas laderas presentan pendientes mayores



Foto 5.3

Colinas estructurales - sector Shapaja (distrito Shapaja, provincia San Martín).

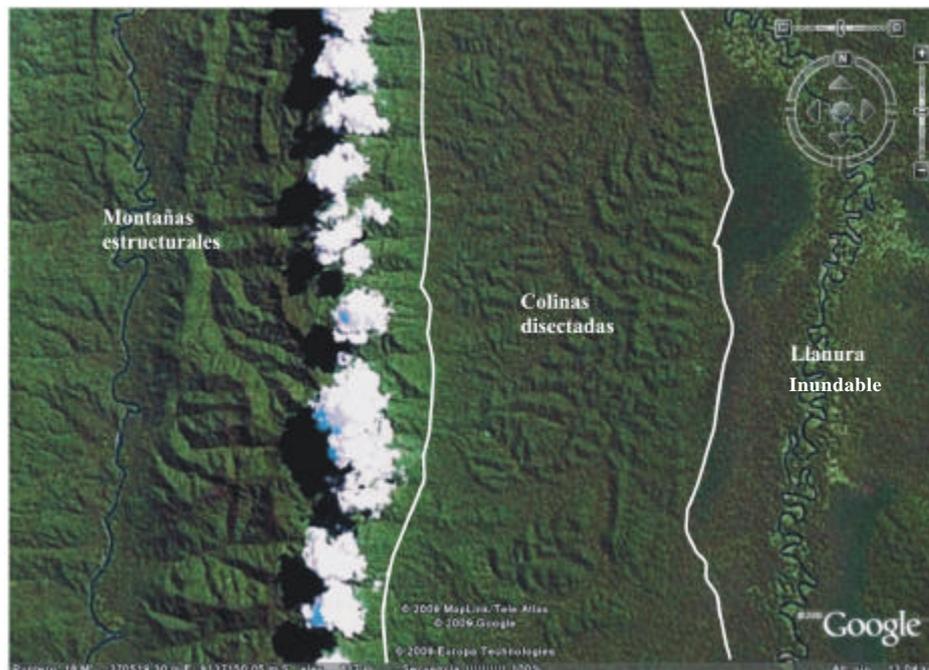


Figura 5.5 Sector sureste de la región San Martín, en la imagen satelital se aprecian las subunidades de colinas disectadas.



Foto 5.4 Colinas estructurales disectadas, sector Nuevo Triunfo, (distrito Bajo Biavo, provincia Bellavista).

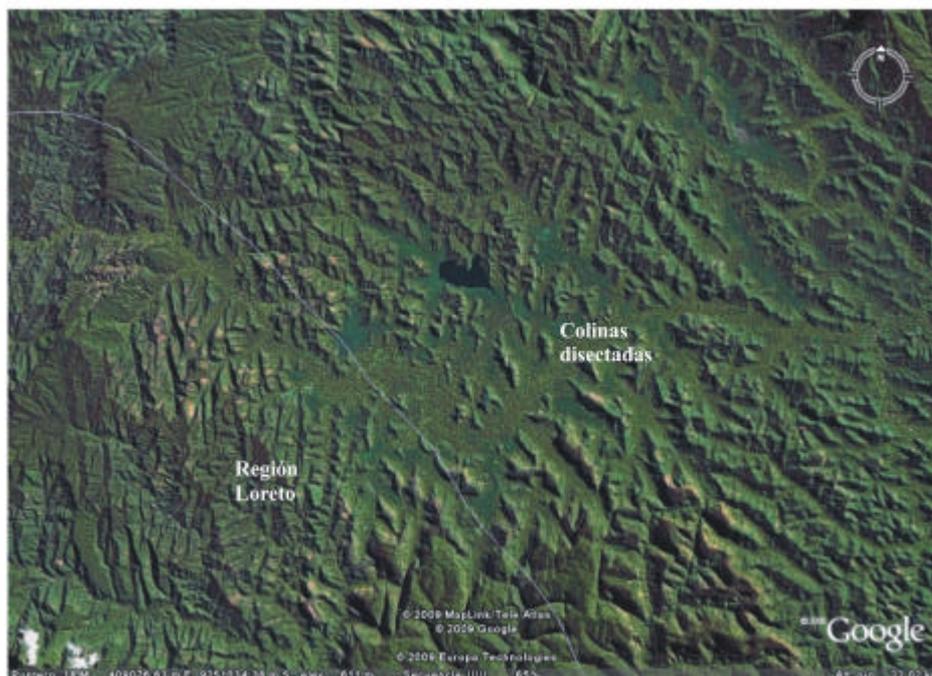


Figura 5.6 Colinas disectadas, sector de Callanayacu (distrito Chazuta, provincia San Martín).

a los 25°, es decir, de moderado a fuerte, la roca que la compone es de tipo sedimentario como areniscas intercaladas con limolitas.

Se presenta entre las cuencas de los ríos Pajarillo y Bombonajillo pertenecientes a la cuenca Bajo Biabo (figura 5.7 y foto 5.5).

Esta subunidad representa un 2,68% del área de la región

Por su naturaleza litológica son susceptibles a erosión de laderas, flujos de detritos, y derrumbes.

Lomadas

Se trata de colinas cuyas cumbres y laderas presentan superficies amplias, redondeadas a suaves y en general con pendiente suave (entre 4 y 8°). Relacionadas a formaciones rocosas sedimentarias (areniscas inconsolidadas), bordean en algunos casos las zonas de laderas de colinas estructurales o de montañas de moderada pendiente. Su distribución es escasa en la región, sólo se tiene el 1,19% y se encuentran en las partes bajas y erosionadas (figura 5.8).

Están sujetas a erosiones de ladera, también se pueden generar flujos de detritos o de lodo.

Monte Islas

Son colinas aisladas, escasas y de superficie muy reducida, representan el 0,10 % del área de la región. Se exponen como remanentes erosivos de los substratos rocosos en litologías sedimentarias limitados o rodeados de planicies aluviales (figura

5.9, foto 5.6), como ejemplo se tiene el Morro Calzada ubicado en la provincia Moyobamba.

Además, entre los movimientos en masa asociados tenemos los derrumbes, deslizamientos y flujos de detritos.

Domos salinos

Los domos son estructuras geológicas convexas de una semiesfera que dan lugar a una montaña redondeada. Los domos se forman por intrusiones magmáticas (stocks, lopolitos) y salinos (diapiros) o estructuras cripto-volcánicas (Dávila, 1999).

En la región San Martín los domos son de tipo salino localizándose en los sectores de Pilluana, Callanayacu, Sacanche, etc. (figura 5.10 y foto 5.7), son fácilmente erosionables.

Hay una diferenciación en esta unidad, porque morfológicamente presenta una forma redondeada muy típica en el terreno.

Esta subunidad representa el 0,20% del área total de la región.

Los peligros a movimientos en masa que se generan en esta unidad son derrumbes y deslizamientos.

Piedemontes

Dávila (2006) define piedemontes como las acumulaciones de material heterogéneo, constituido por bloques, cantos, arenas, limos y arcillas inconsolidadas. Están ubicados al pie de cadenas montañosas. La diagénesis y litificación de estos materiales da lugar a los conglomerados y aglomerados.

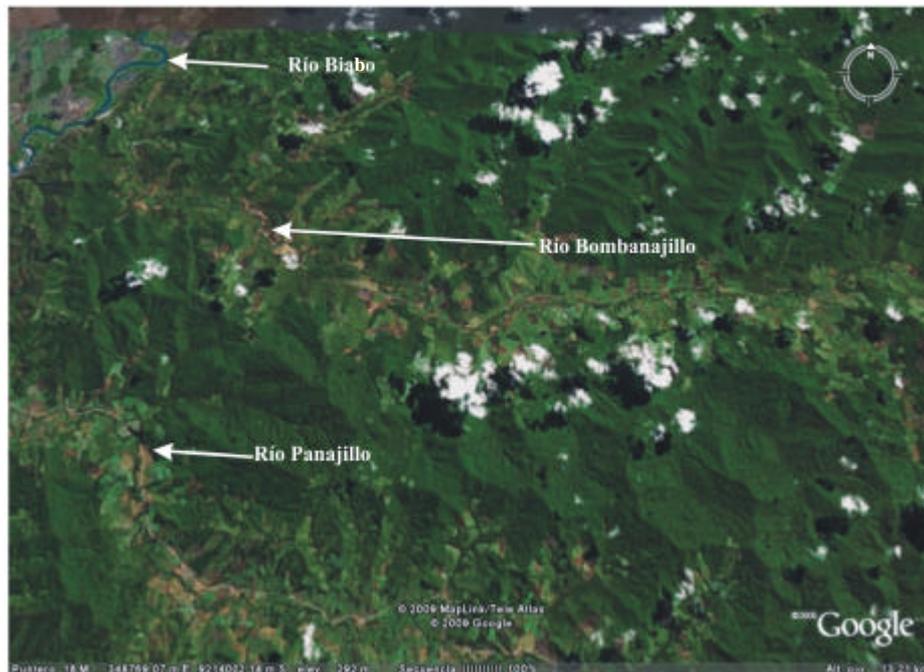


Figura 5.7 Colinas altas, Sector de Bajo Biavo (distrito Bajo Biavo, provincia Bellavista).



Foto 5.5 Colinas altas, sector de Incaico, margen izquierda del río Panajillo (distrito Bajo Biavo, provincia Bellavista).



Figura 5.8 Lomadas, sector de Paz y Esperanza – Nueva Moyobamba (distrito y provincia Moyobamba).



Foto 5.6 Monte Isla, sector Calzada (distrito Calzada, provincia Moyobamba).

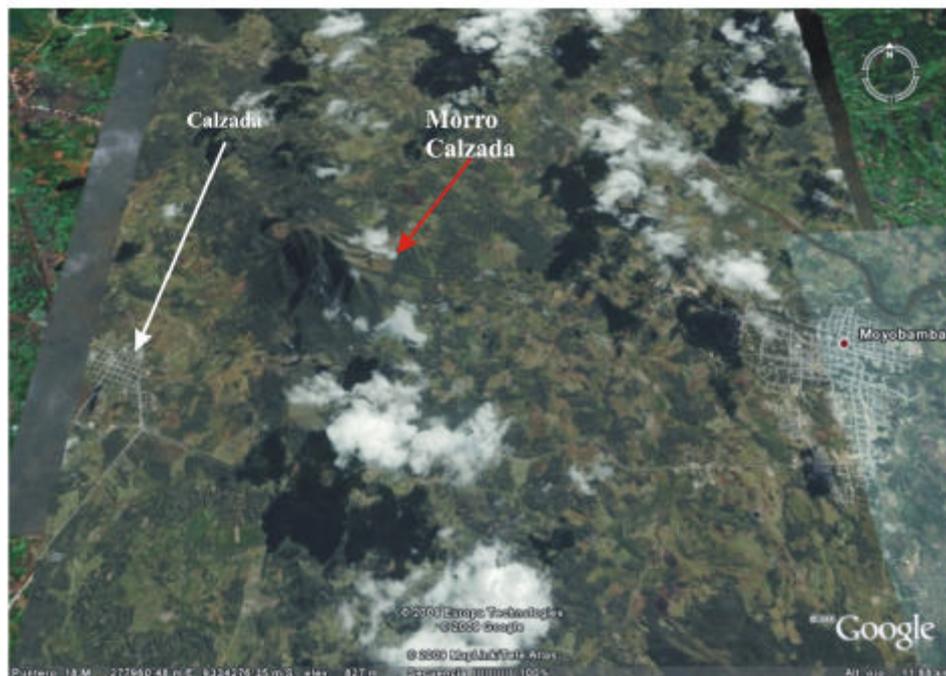


Figura 5.9 Monte Isla, sector cerro Calzada (distrito Calzada, provincia Moyobamba).

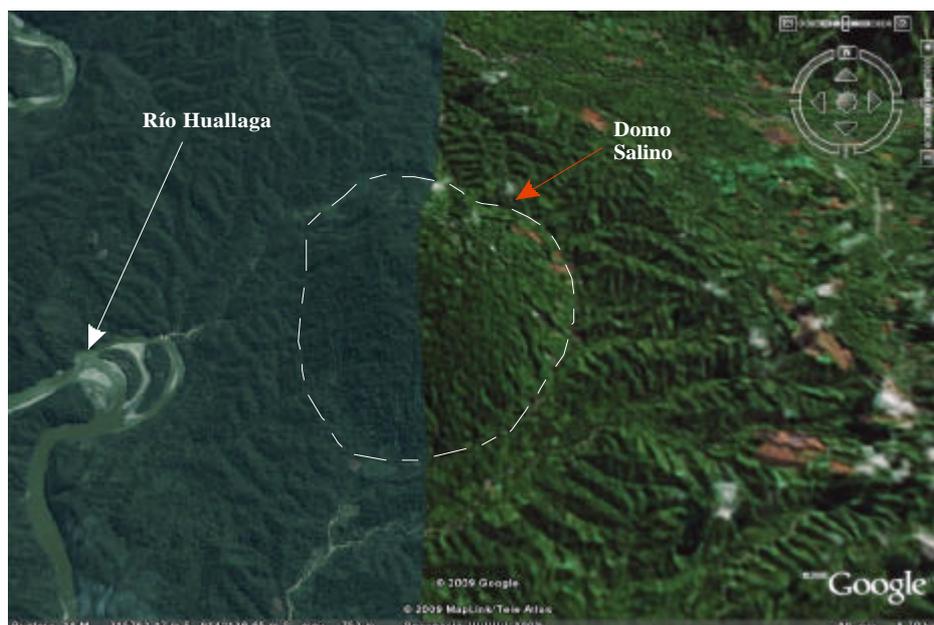


Figura 5.10 Sector de Cachiyaquillo, muestra un domo salino (distrito La Pólvora, provincia Tocache).

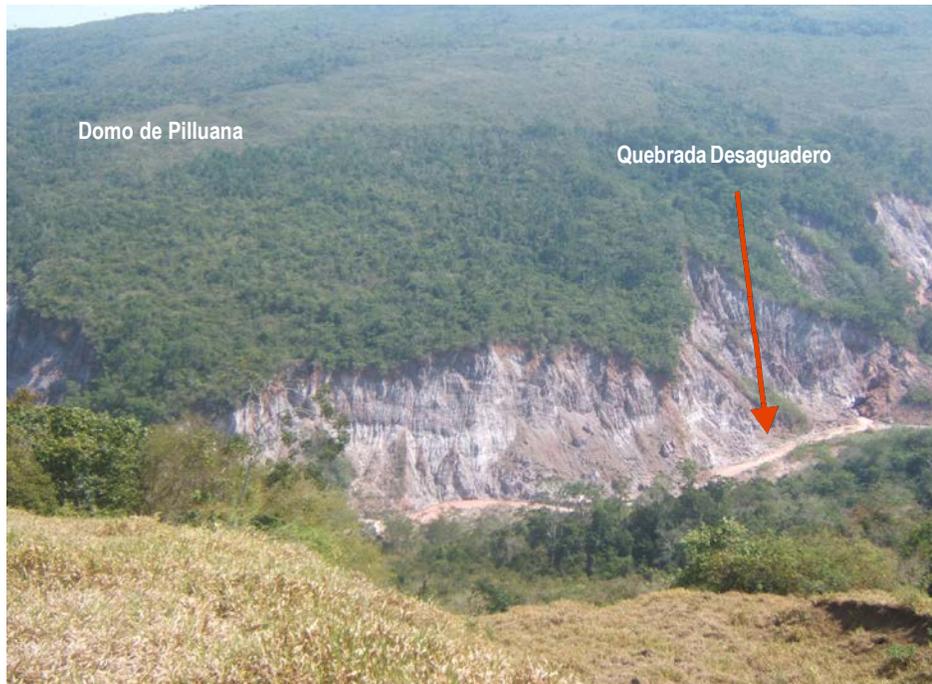


Foto 5.7 Domo salino de Pilluana, se aprecian los derrumbes (margen derecha de la quebrada Desaguadero), distritos de Pilluana y Sauce.

Entre algunos tipos de piedemontes citaremos a: vertiente de detritos, abanicos proluviales/aluviales, depósitos aluvio-deluvial, depósitos de deslizamientos, así como, depósitos glacio-fluviales; desde luego, abarcan un área de 2,55 %.

Vertiente de detritos

Es el tipo de depósito que se encuentra al pie de las montañas o colinas (Figura 5.11), en forma de talud de detritos. El material generalmente es acarreado por gravedad (coluvial), y está distribuido en forma caótica.

Generalmente, la litología de los fragmentos es muy homogénea porque éstos provienen de una sola fuente. Sin embargo, la granulometría es variable y presenta baja compacidad (no consolidado), con escasa matriz, esto se debe a que se encuentra cerca de su fuente de origen.

Esta subunidad representa el 1,35% del área de la región. Está relacionada con antiguos movimientos en masa como derrumbes, los que se encuentran en las partes bajas de montañas o colinas.

Abanicos proluviales/aluviales

Se denomina así a los depósitos de flujos canalizados, ubicados en la parte terminal o desembocadura de una quebrada o curso fluvial (régimen estacional o torrentoso), o de un río principal, presentando forma de abanicos o conos. Constituyen evidencias de represamiento de valle o desviaciones de cursos fluviales.

Son eventos individuales y de diferente magnitud, y muestran áreas de depósito de regular extensión. Vistos en planta presentan generalmente forma cónica, las pendientes son bajas y van desde 2 hasta 10°. Están conformados por depósitos de detritos (bloques, gravas, arenas y arcillas) dispuestos de manera heterogénea.

En la región están distribuidos en forma dispersa y se relacionan con las principales quebradas afluentes a los ríos (foto 5.8). Esta subunidad conforma un 0,46 % del área de la región.

Abanicos deluvio-coluviales

Constituyen depósitos de flujos de detritos en forma de conos o abanicos (flujos generalmente no canalizados), delimitados así, debido a que su origen está dado por eventos individuales de menor dimensión. Son depósitos acumulados en el pie de la ladera, sobre pampas o terrazas aluviales o también en áreas de lagunas (Zavala, Vilchez. 2007).

Importantes ejemplos de estos procesos y geoformas se han cartografiado en los valles de los ríos Huallaga, Mayo, y sus tributarios principales. Geodinámicamente se asocian a las sucesivas etapas de erosión de laderas, cárcavas, derrumbes y flujos de detritos (huaycos). Esta subunidad representa un 0,26% del área de la región.

Depósitos de deslizamiento

Son acumulaciones de depósitos de magnitud cartografiable, asocia-

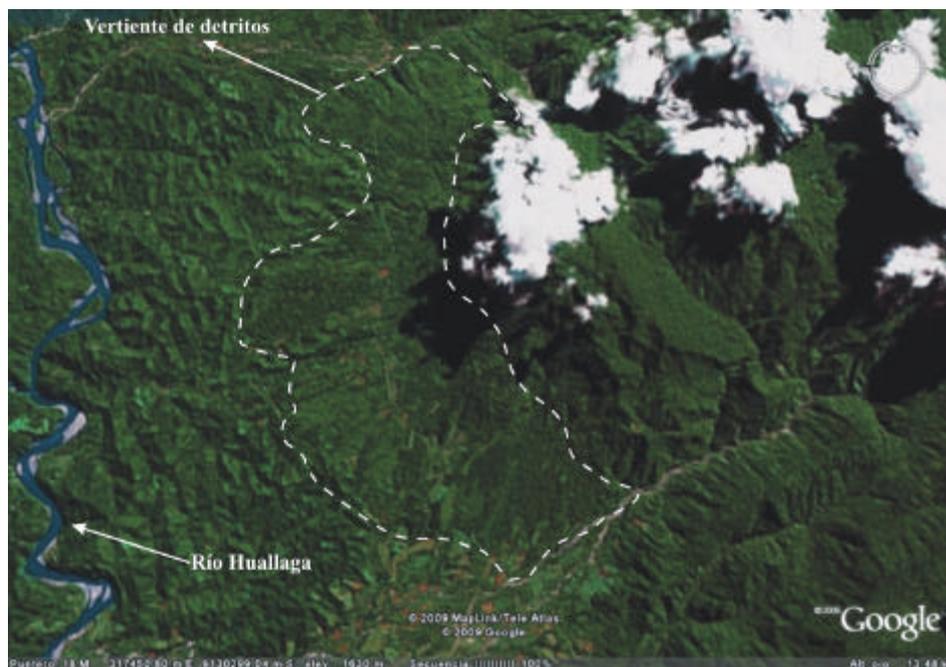


Figura 5.11 Vertiente de detritos, sector de Balsayacu (distrito La Pólvara, provincia de San Martín).



Foto 5.8 Abanico proluvial, Sector de San Miguel (distrito de Tabalosos, provincia Lamas).

dos a movimientos en masa (deslizamientos, deslizamiento-flujos, derrumbes y principalmente avalanchas de rocas), podría decirse de antiguos a pre-históricos, identificados en el campo, con imágenes satelitales y fotografías aéreas, en zonas puntuales (figura 5.12 y foto 5.9).

Esta subunidad representa un 0,22% del área de la región.

Depósitos glacio-fluviales

Estos depósitos se encuentran en la Cordillera Occidental, ubicados

en las cabeceras de las montañas. Están distribuidos principalmente en la zona de frontera, con las regiones de La Libertad y Amazonas.

Estos depósitos se han generado en el Pleistoceno y se caracterizan por ser acumulaciones de depósitos antiguos en valles glaciares, de magnitud cartografiable. Compuestos por material suelto, de naturaleza homogénea, con clastos de formas subangulosas.

Los fenómenos asociados son flujos y reptaciones de suelos.

Esta subunidad representa un 0,26% del área de la región.

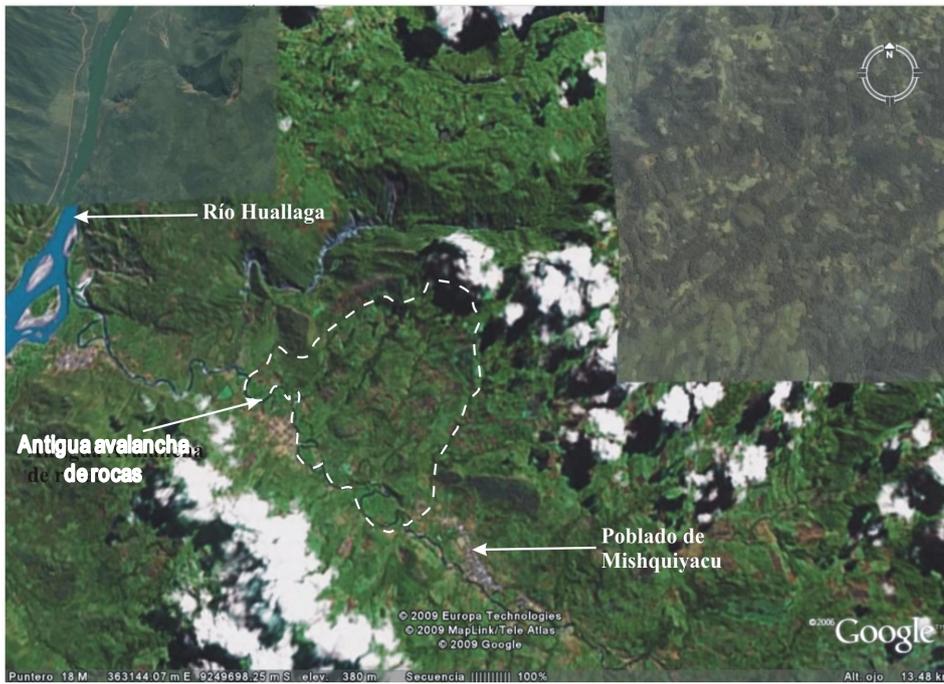


Figura 5.12 Se muestra una antigua avalancha de rocas, (distritos de Sauce provincia de San Martín).



Foto 5.9 loques, producto de una antigua avalancha de rocas (distrito de Mishquiyacu, provincia Picota).

Planicies y Depresiones

Las planicies son extensiones de terreno más o menos planas, donde los procesos de agradación superan a los de degradación (Dávila, 2006).

En la región las depresiones se ubican en los valles glaciares formando lagunas.

Esta unidad se encuentra poco distribuida en toda la región y ocupa un área de 11,01 %. Las planicies están asociadas a depósitos aluviales y aluviales antiguos, limitados en muchos casos por depósitos de piedemontes y laderas de montañas o colinas.

A continuación se describen las subunidades diferenciadas:

Planicies aluviales o Terrazas altas / Fondo de valles fluviales

Terrenos ubicados encima del cauce y llanura de inundación fluvial son planos y de ancho variable, suelen estar limitados a los valles (foto 5.10).

En muchos casos se consideró a los fondos planos de valles, indiferenciando las terrazas fluviales de poca amplitud y mostrando en general una pendiente suave entre 1° y 5°.

Suelen producirse en sus márgenes procesos de erosión fluvial, canal consecuente y socavamiento de sus taludes inferiores, generando derrumbes y erosión de tierras.

En esta subunidad se ubican las principales poblaciones de la

región, como Moyobamba, Tarapoto, Pardo Miguel, Awajun y en algunos casos es posible diferenciar hasta dos niveles de terrazas.

Se concentra en los sectores de Pardo Miguel – Moyobamba (río Mayo), entre Bellavista – Sisa – San Rafael – Alto Biavo (ríos Huallaga, Sisa y Biabo), entre Barranquita – Papaplaya – El Porvenir – Chupurana (ríos Huallaga y Cainarache).

Esta subunidad representa un 4,53 % del área de la región.

Llanura o Planicie inundable

Se trata de las superficies bajas, adyacentes a los ríos principales y el mismo curso fluvial, están sujetas a inundaciones recurrentes, ya sean estacionales o excepcionales. Morfológicamente se distinguen como terrenos planos compuesto de material no consolidado y removible.

Se encuentran a lo largo de los ríos Huallaga, Mayo, Tonchima, Naranjillo, Soritor, Yuracyacu, Indoche, Cainarachi, Biabo, Saposoa, Sisa, Bonanza, Tocache, etc.

Esta subunidad representa un 4,97% del área de la región.

Se han diferenciado tres tipos de planicie inundables fluviales, según su origen:

Llanura aluvial meándrica inundable.

Se trata de ríos con pendiente longitudinal muy suave (inferior a 1%), cuyas aguas traen abundantes sedimentos en suspensión, tan escasos que al inundar su llanura sólo dejan insignificantes

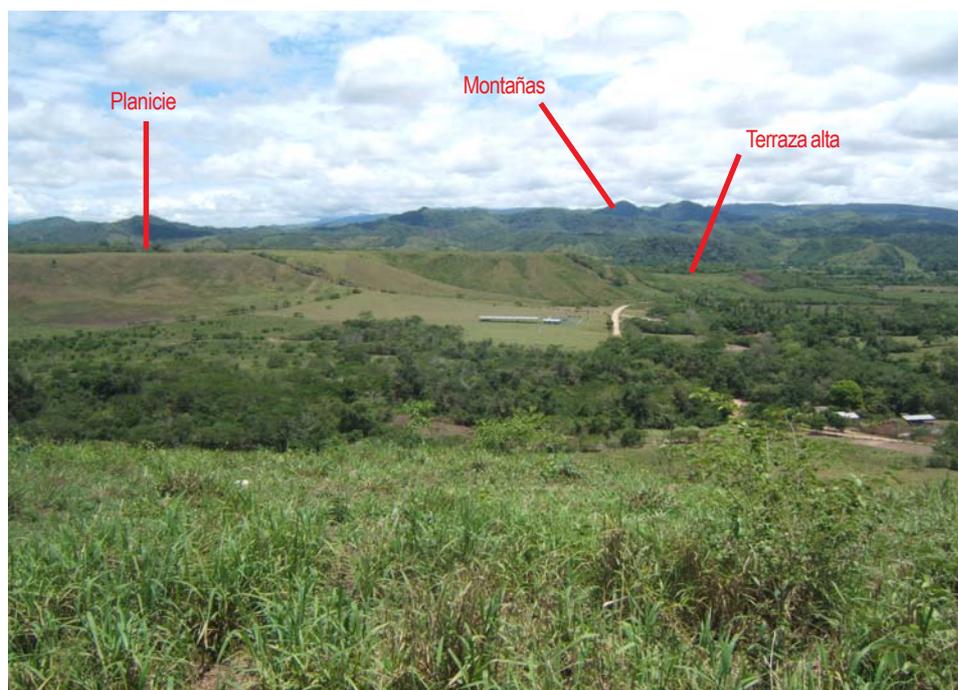


Foto 5.10 Sector entre Soritor y San Marcos, se muestran planicies, terrazas altas y al fondo las montañas. (Distrito Soritor, provincia Moyobamba).

capas de material arcilloso en la superficie. Son ríos que desarrollan intensamente el proceso llamado meandrificación, mediante la erosión y sedimentación simultánea en sus propias orillas; cabe anotar que la erosión, en la orilla externa – A – de cada meandro está más o menos en equilibrio con la sedimentación en la orilla interna – B – (Figura 5.13).

Esta subunidad se ha formado por las variaciones de cauce de ríos meandriforme. Se encuentran distribuidas en las márgenes de los ríos Huallaga¹, Biabo, Saposoa y Mayo² etc. (figura 5.14, fotos 5.11 y 5.12). Se caracterizan por formar playas de arena que pueden llegar a tener una extensión de hasta 200 m; también se tienen islas y lagunas, que se han formado por estrangulamiento del meandro.

Aquí se presentan inundaciones, erosiones fluviales, y derrumbes de bordes de terrazas por erosión fluvial.

Llanura aluvial de ríos trenzados inundables

Un río trenzado es aquel cuyo lecho se divide en varios canales menores que sucesivamente se bifurcan y reúnen aguas abajo separados por numerosos islotes y playones llamados en conjunto barras de cauce.

Son producto del mismo río y están compuestas en su mayor parte por sedimentos de lecho (gravas, arenas y limos). Debido a su volumen, peso y tamaño sólo son arrastrados o movidos en cortos

trechos durante las crecidas. Las barras de cauce incluyen además, una bajísima proporción de sedimentos en suspensión (arenas finas y limos), los cuales son atrapados y retenidos en la superficie cuando descienden las aguas de la inundación. Villota (2005).

Las barras son generalmente inestables y cambian de tamaño, forma y posición después de cada crecida; no obstante, bajo ciertas condiciones pueden llegar a estabilizarse por la vegetación.

Presentan una pendiente longitudinal suficientemente inclinada (1-3%) como para comunicarle a la corriente la velocidad necesaria, para acarrear por trechos su pesada carga.

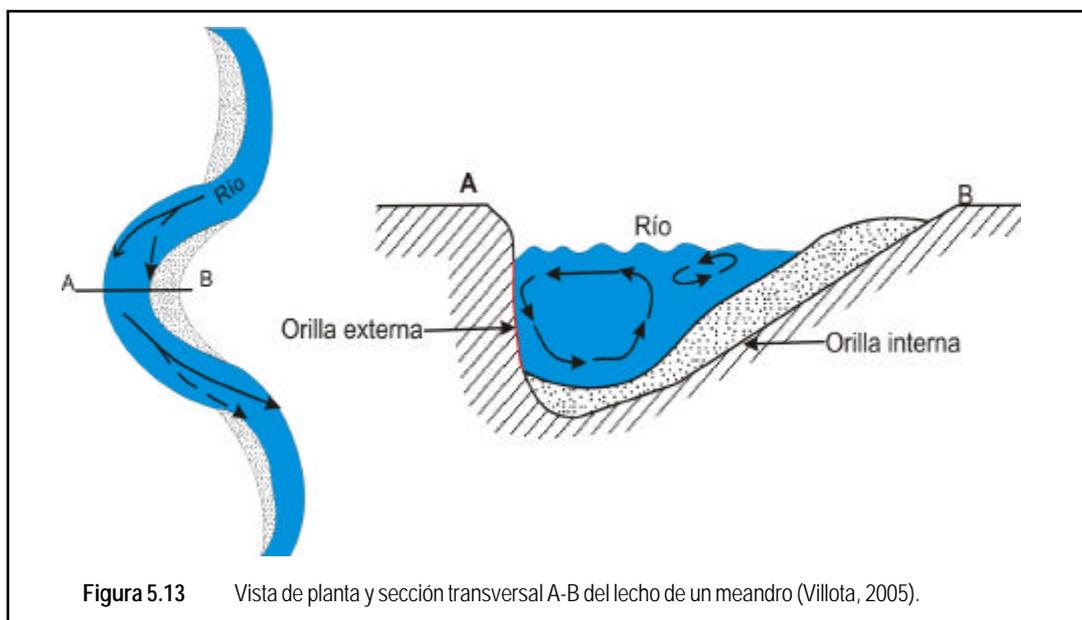
Dentro de los valles trenzados se diferencia el plano inundable, con su vega y sobrevega.

En la zona de estudio este tipo de subunidad se presenta en los ríos Huallaga³ (figura 5.15 y fotos 5.13 y 5.14) y Huayabamba⁴.

Llanura aluvial inundable

Según Villota (2005), las características de los valles aluviales dependen del proceso de sedimentación y del régimen hidrológico de la corriente, así como, de las fluctuaciones del nivel base de erosión efectiva que hubiere sufrido la unidad.

Localizada al sur de la región, la conforman los valles de los ríos Tocache, Challhuayacu, Mishollo (Figura 5.16), etc.



¹ Entre los sectores de Huaynate-Tocache, y Humbayoc-El Porvenir.

² Entre los sectores de Pardo Miguel-Moyobamba, y Juan Guerra.

³ Entre los sectores Tocache –La Pólvara–Juanjui–Bellavista–Picota–Pilluana.

⁴ Entre el sector de Huicungo-Pachiza.



Figura 5.14 Se muestra la llanura meándrica inundable, lagunas formadas por estrangulamiento del meandro y orillares formados por el río Huallaga, sector de Chirupana–El Porvenir (distritos, Hulmabayoc y Navarro, provincia San Martín).



Foto 5.11 Río Mayo, sector de Tahuishco, (distrito y provincia de Moyobamba).



Figura 5.15 Río Huallaga trezado, formado islas. Sectores de Bellavista - Tingo de Saposoa - Huallaga - Pajarrillo.



Figura 5.16 Río Mishollo, valle trezado, el cual desemboca al río Huallaga (distrito y provinciaocache).



Foto 5.12 Vista del río Sisa se muestran la llanura inundable. Sector Sisa-San Rafael, (distrito San Rafael, provincia Bellavista).



Foto 5.13 Río Huallaga, se muestra trenzado, sector Picota.



Foto 5.14 Barras formadas en el cauce del río Huallaga, sector de Tingo de Saposoa (distrito Tingo de Saposoa y provincia Bellavista).

Planicie Alta Disectada / Planicie Antigua

Terrazas elevadas o planicies antiguas, en algunos casos muy disectadas, están distribuidas puntualmente, en el sur de la región con el límite de la región Huánuco, y con el sector de Pachiza (Juanjuí- provincia Mariscal Cáceres).

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

Representa un 0,11% del área de la región.

Valles glaciar con lagunas

Depresiones existentes en las cabeceras de los valles principales y tributarios de ambientes glaciales, con formación de lagunas de diferentes dimensiones.

Las formas más características son depresiones alargadas (figura 5.17).

Esta unidad se encuentra distribuida en el área oeste de la región, por lo que colinda con las regiones La Libertad y Amazonas.

Representa un 0,24% del área de la región.

Planicie alta

Terraza antigua formada en el pleistoceno y presenta altitudes

entre 50 a 100 m. Se encuentran en áreas esparcidas entre Pardo Miguel hasta Moyobamba.

Está conformada por secuencias de conglomerados, arenas y limos. Cuando son disectadas por ríos, están sujetas a erosiones fluviales. También se generan derrumbes y deslizamientos a causa de la erosión fluvial.

Constituye 1,09% del área de la región.

Islas

Superficies bajas, se encuentran en pleno cauce de los ríos principales como el Huallaga y Mayo. En tiempos de crecida generalmente son inundados.

Están conformados por secuencias de conglomerados, arenas y limos. Son áreas sujetas a inundaciones y erosiones fluviales (foto 5.15).

Esta subunidad representa un 0,08% del área de la región.

Lagunas

De esta unidad la más representativa es la laguna Sauce que se forma por una depresión tectónica, entre otras tenemos las lagunas formadas por meandros abandonados. Los materiales que la conforman son arenas finas y limos.

Esta subunidad representa un 0,05% del área de la región y siempre está sujeta a inundaciones (foto 5.16).

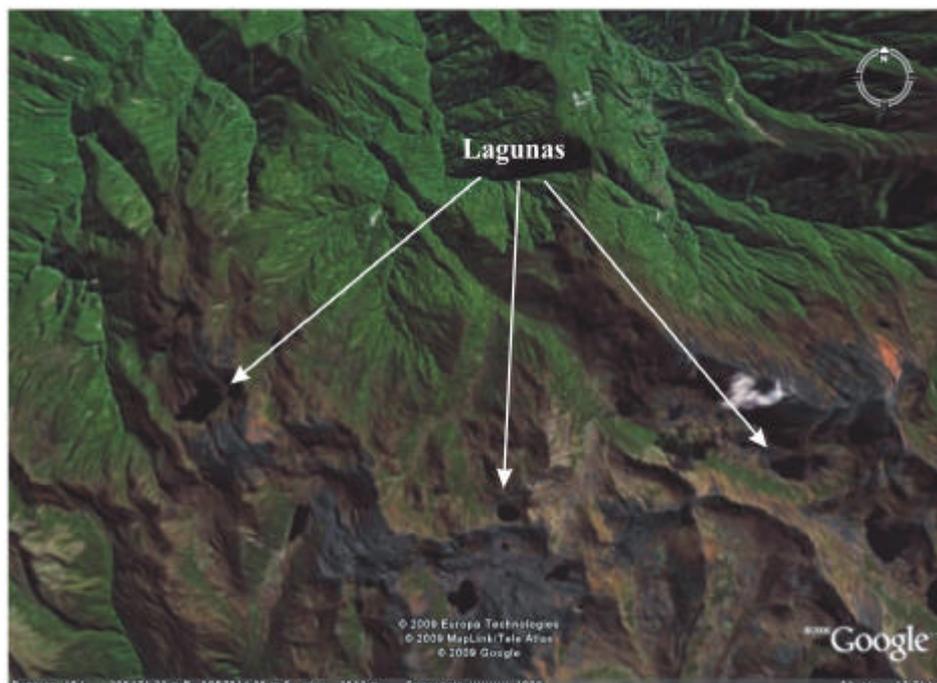


Figura 5.17 Nacientes del río Tocache, se muestran lagunas, antiguos valles glaciares.



Foto 5.15 Islas formadas en el río Huallaga, (Aguas arriba de Picota).



Foto 5.16 Vista panorámica de la laguna Sauce.

SISTEMAS DE RÍOS MEÁNDRICOS

Para propósitos de definición suele recurrirse a la relación entre la longitud del canal (AB) y la longitud del valle (CD), medidas entre dos puntos (Figura 5.18). Esta relación se conoce como sinuosidad. Los ríos cuya sinuosidad es de 1,5 o mayor se denominan meándricos y aquellos con sinuosidad inferior a 1,5 son sinuosos o rectos. Además, los ríos meándricos deben tener cierto grado de simetría en su curvatura (Villota 2005).

Aplicando la fórmula, para el río Huallaga entre los sectores del río Porongo–Tocache, El Porvenir–Chupurana–Humbayoc; así como, para el río Mayo entre el sector comprendido entre Pardo Miguel–Calzada; y para río Biabo entre el sector comprendido entre Alto y Bajo Biabo, se obtienen valores mayores a 1,5 lo que quiere decir que se trata de ríos de tipo meandriformes, además, se cumple la segunda característica pues estos ríos tienen un cierto grado de simetría.

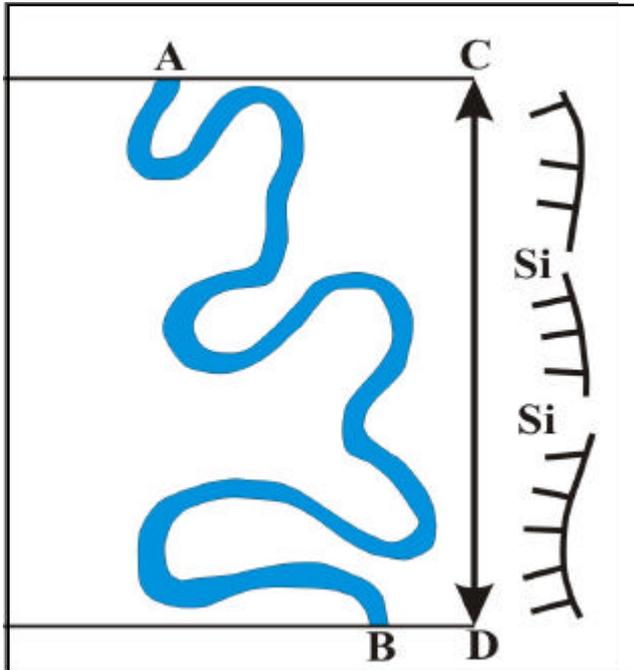


Figura 5.18 Fórmula para determinar si el río es de tipo meándrico (Villota 2006).
 $Si = \text{Distancia AB} / \text{Distancia CD}$
 $> 0 = 1,5 = \text{Río meándrico}$
 $< 1,5 = \text{Río sinuoso a recto.}$

Río Huallaga Sector río Porongo-Tocache

Distancia AB = 55.66 Km
 Distancia CD = 20.78 Km

Aplicando la fórmula
 $Si = 2.67$
 Río de tipo meandriforme

Río Huallaga Sector El Porvenir-Chupurana Humbayoc

Distancia AB = 62.74 Km
 Distancia CD = 30.00 Km

Aplicando la fórmula
 $Si = 2.09$
 Río de tipo meandriforme

Río Mayo Sector Pardo Miguel-Calzada

Distancia AB = 120.26 Km
 Distancia CD = 57.00 Km

Aplicando la fórmula
 $Si = 2.10$
 Río de tipo meandriforme

Río Biabo Sector Alto Biavo-Bajo Biavo

Distancia AB = 61.21 Km
 Distancia CD = 29.88 Km

Aplicando la fórmula
 $Si = 2.04$
 Río de tipo meandriforme

PENDIENTE DE LOS TERRENOS

La pendiente constituye un factor de evaluación principal para el análisis de susceptibilidad a los movimientos en masa.

El Mapa de Pendientes (Mapa 4), se realizó en base a información digital topográfica del IGN, a escala 1:100 000, naturalmente, esta información cuenta con curvas de nivel cada 50 m, utilizándose para su generación el módulo de pendientes (con ayuda del software ArcGIS), obteniéndose primero un modelo de elevación digital, a fin de lograr polígonos que presentan igual pendiente o inclinación en diferentes sectores de la región.

La elaboración de este mapa tuvo como inconveniente, la falta de recubrimiento topográfico, pues sólo se cuenta con un 90,15% del total topográfico equivalente a 45 918,54 km², por lo tanto, la zona no recubierta es de 9,85 % que corresponde a 5014,83 km².

Se consideró seis rangos o grados de pendiente:

- a) Terrenos llanos (0°-1°),
- b) Pendiente con Inclinación suave (1°-5°),
- c) Pendiente suave a moderada (5°-15°).
- d) Pendiente moderada (15°-25°).
- e) Pendiente fuerte (25-45°) y
- f) Pendiente muy fuerte (>45°).

Terrenos llanos - entre 0°-1°

Son terrenos inclinados con pendiente suave, ocupa un 13,81 % del área de la región.

Esta unidad se encuentra ampliamente distribuida en el Llano Amazónico y parte de la Faja Subandina.

Comprende las terrazas bajas de los ríos Huallaga, Mayo, Yuracyacu, Naranjillo, Tonchima, entre otras.

En esta unidad se encuentra localizada la ciudad de Moyobamba, localidades de Pardo Miguel, Nueva Cajamarca, San Fernando, Yuracyacu, Posic, Rioja, La Habana, Papaplaya, Chipurana, Hambuyoc, Juan Guerra, Tocache y algunas más.

Estos terrenos son altamente susceptibles a inundaciones.

Pendiente con inclinación suave - entre 1°-5°

Esta unidad se encuentra muy reducida pues comprende un 12,78 % del área total de la región.

Comprende los terrenos ligeramente inclinados como son las terrazas altas, planicies, y/o conos de deyección. Asimismo se ubican las principales localidades de la región como Tarapoto, Morales, La Banda de Shilcayo, Uchiza, Juanjuí, Picota, Tingo de Bonanza, etc.

Pendiente suave a moderada - entre 5°-15°

Esta unidad se encuentra bien distribuida en la región, ya que, ocupa un 33,28% de su área, y está entre las laderas de las Cordilleras Oriental, y la Faja Subandina.

Comprende también los antiguos depósitos de deslizamientos, avalanchas de rocas y derrumbes. En esta clasificación están las localidades de Tabalosos, Shanao, Lamas, Tres Unidos, entre otras.

En esta unidad se presentan movimientos en masa del tipo deslizamientos.

Pendiente moderada - entre 15°-25°

Los terrenos con este tipo de pendiente ocupan un 20,43 % del área de la región.

Esta unidad en la Faja Subandina se encuentra muy distribuida y en la Cordillera Occidental aparece conformando las laderas de los valles.

Esta zona es muy susceptible a la generación de deslizamientos.

Pendiente fuerte - entre 25°-45°

Esta unidad conforma un 9,79% del área de la región.

A esta unidad le corresponde laderas con pendientes fuertes, está muy diferenciada en la Cordillera Oriental y escasamente en la Faja Subandina.

Es muy susceptible a la generación de movimientos en masa, de tipo deslizamientos, derrumbes, y caídas de roca.

Pendiente muy fuerte - 45° a más

Son terrenos con pendiente muy escarpada, ocupan una superficie reducida, representa el 0,06 % del área de la región. Pueden localizarse, indistintamente, en los tramos de valle-cañón de los ríos Rinconada, Breo, Montecristo, y Abiseo (montañas de fuerte pendiente).

PÁGINA EN BLANCO

CAPÍTULO VI

PELIGROS GEOLÓGICOS, GEOHIDROLÓGICOS Y SÍSMICOS

INVENTARIO DE PELIGROS GEOLÓGICOS

En la región San Martín, se ha identificado y verificado un total de 788 eventos (Mapa 5, Gráfico 6.1); los peligros que ocupan el primer lugar son los fenómenos de movimiento en masa con 551 eventos, que representan el 69%, seguidos por los peligros de tipo geohidrológicos con 123 eventos que constituyen el 16%, y otro tipos de peligros con 119 eventos que son el 15%.

Es necesario señalar que en esta estadística no se ha contabilizado aquellos fenómenos interpretados, los cuales no fueron verificados en los trabajos de campo.

PELIGROS GEOLÓGICOS HISTÓRICOS

Los registros históricos descritos en los reportes de emergencias del Perú por INDECI, información periodística, o de inspecciones realizadas por INGEMMET, muestran que en el siglo pasado ocurrieron inundaciones con mayores o menores daños, así mismo procesos de movimientos en masa como deslizamientos y huaycos.

En la base de peligros geológicos del INGEMMET actualizada al año 1997, realizada en base a la información periodística y en base a algunos reportes, en la región San Martín se informaba acerca de la ocurrencia de 20 eventos; destacando el huayco de San Miguel que se produjo en el año 1996 y las inundaciones que se han originado por los desbordes de los ríos Huallaga, Mayo y sus afluentes, afectado a los poblados ubicados en sus riberas. Se puede mencionar, por ejemplo, las inundaciones que afectó al

poblado de Juan Guerra en el año 1993, por desborde del río Cumbaza (afluente del río Mayo).

Información proporcionada por el SINADECI (2005), menciona una serie de inundaciones generadas por desbordes de los ríos afluentes al río Mayo como Yuracyacu, Tonchima, Naranjillo, y del mismo río Mayo, afectando terrenos de cultivo y poblaciones asentadas en sus riberas.

Se mencionan también las inundaciones que se han generado en noviembre del año 2006 y enero del 2007, como consecuencia de los desbordes de los ríos Huallaga y Mayo.

Se tiene además los deslizamientos que han afectado la carretera Moyobamba-Tarapoto.

METODOLOGÍA DEL INVENTARIO DE PELIGROS GEOLÓGICOS

Para realizar el inventario de los peligros geológicos y geohidrológicos, se hicieron trabajos de interpretaciones de fotografías aéreas USAF a escala 1:60000, y en las zonas sin recubrimiento fotográfico se usaron imágenes satelitales Landsat TM (1992 y 2000) a escala 1:50000, imágenes satelitales Aster (2000, 2002, 2004, 2005) e imágenes satelitales publicadas por la NASA en el Google Earth.

Esto nos permitió identificar peligros, los cuales fueron representados en las hojas topográficas a escala 1:50000.

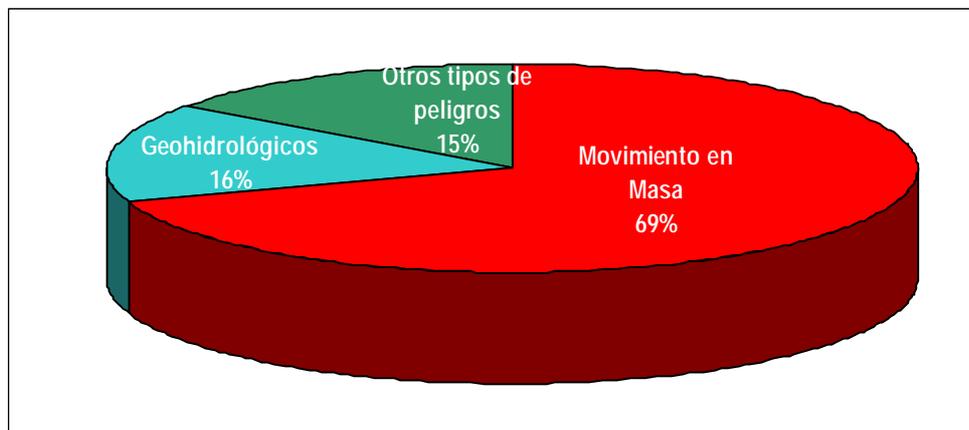


Gráfico 6.1 Distribución de los peligros geológicos según grupo de categorías.

Inventario de Peligros Geológicos y Geohidrológicos de la Región San Martín

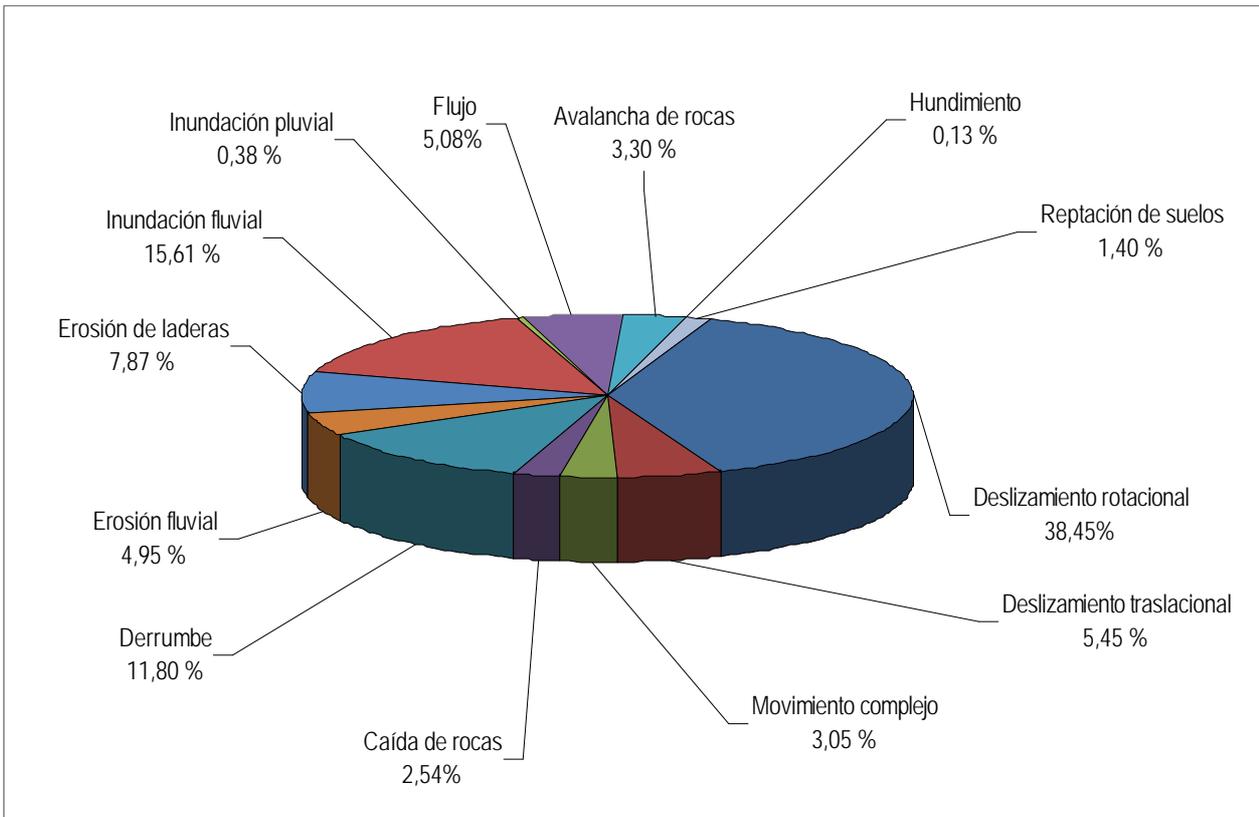


Gráfico 6.2 Distribución porcentual de los peligros geológicos y geohidrológicos en la región San Martín.

Inventario de Peligros Geológicos de la Región San Martín

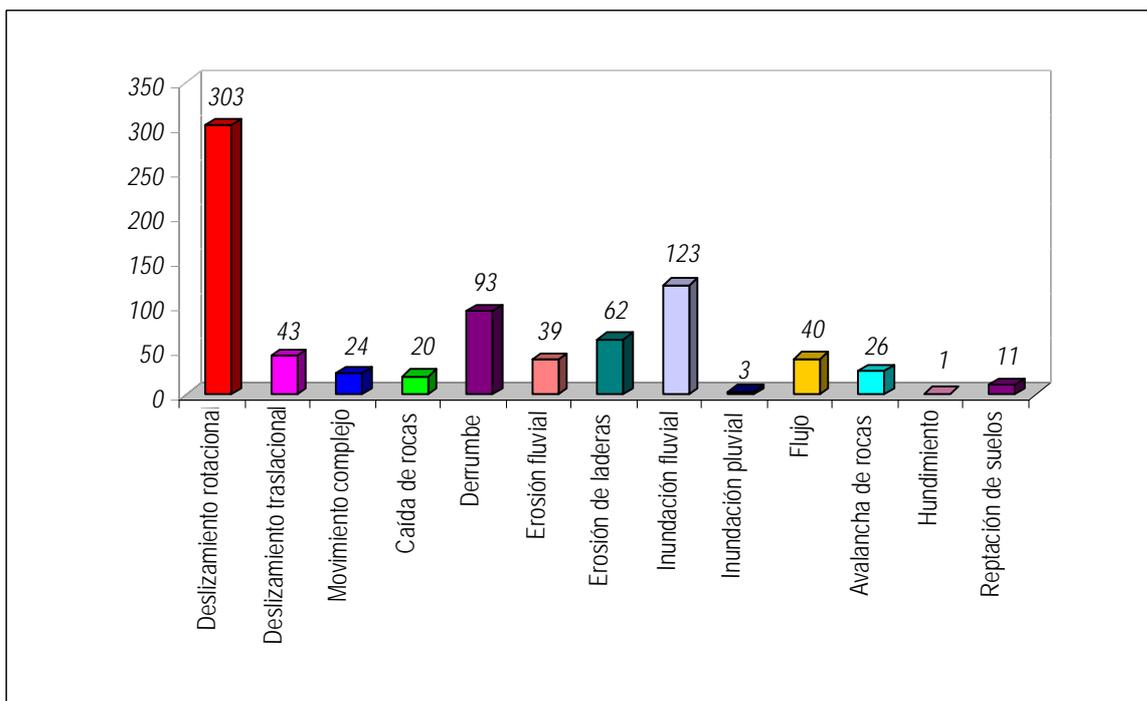


Gráfico 6.3 Inventario de los peligros geológicos en la región San Martín.

Cuadro 6.1
Distribución total de los peligros de la región San Martín por grupo de peligros

Grupo de peligros	Tipo de Peligro	Número de eventos	Porcentaje (%)
Movimientos en masa	Deslizamiento rotacional	303	38,45
	Derrumbe	93	11,8
	Deslizamiento traslacional	43	5,46
	Flujo	43	5,46
	Avalancha de rocas	26	3,3
	Caída de rocas	21	2,66
	Movimiento complejo	20	2,54
	Subtotal	549	69,67
Geohidrológicos	Inundación fluvial	123	15,61
	Erosión fluvial	39	4,95
	Subtotal	162	20,56
Otros tipos de peligros.	Erosión de ladera	62	7,87
	Replación de suelos	11	1,4
	Inundación pluvial	3	0,38
	Hundimiento	1	0,13
	Subtotal	77	9,78
Total		788	100

Los trabajos de campo permitieron verificar los peligros identificados en gabinete y cartografiar los nuevos eventos producidos en fechas posteriores a la de las fotografías aéreas. Para la catalogación de cada peligro geológico, se usó una ficha de inventario de peligros, la cual, contempla la mayor cantidad de datos que caracterizan los procesos.

Los trabajos de campo se realizaron en tres campañas, la primera entre los meses de junio-julio, la segunda en agosto y la tercera entre octubre-noviembre con duración de 25, 28 y 27 días, respectivamente. La interpretación obtenida en campo, (fichas de peligros geológicos) fue ingresada en la «Base de datos Peligros Geológicos».

TIPOS DE PELIGROS

En el gráfico 6.2 y 6.3 se muestran la ocurrencia de los peligros geológicos, y geohidrológicos por tipos.

Al analizar estos datos, se observa que los peligros geológicos de mayor predominancia en movimientos en masa son los deslizamientos (38,45 %, 303 eventos); en los peligros geohidrológicos las inundaciones (15.61 %, 123 eventos) y en otros tipos de peligros geológicos sobresalen las erosiones de ladera (7,87 %, 62 eventos). (Gráfico 6.1, 6.2, Cuadro 6.3).

Peligros por movimiento en masa

Estos tipos de peligros se refieren a aquellos fenómenos que desplazan grandes volúmenes de material a lo largo de las pendientes. Pueden ser desde muy lentos hasta muy violentos. También se puede definir como el desplazamiento de una masa importante de material litológico, así como, restos vegetales y/o escombros por la pendiente abajo debido a la acción de la gravedad y del agua.

Los peligros por movimiento en masa de mayor incidencia en la región, son por deslizamientos rotacional (303 eventos, 55,19%), seguidos por los derrumbes (93 eventos, 16,94%), luego, deslizamientos traslacionales (43 eventos, 7,83 %) también, flujos (43 eventos, 7,83 %), las avalanchas de rocas (26 eventos, 4,74%) además, movimiento complejo (20 eventos, 3,64%) y por último, caídas de rocas (21 eventos, 3,83 %) y. (Gráfico 6.4).

Deslizamientos

Los deslizamientos son movimientos en masa que traen consigo grandes volúmenes de materiales (suelos, formaciones superficiales, rocas, cobertura vegetal), que se desprenden y se desplazan pendiente abajo como un solo bloque, sobre un plano de arranque, inclinado o cóncavo. Pueden ser rápidos o muy

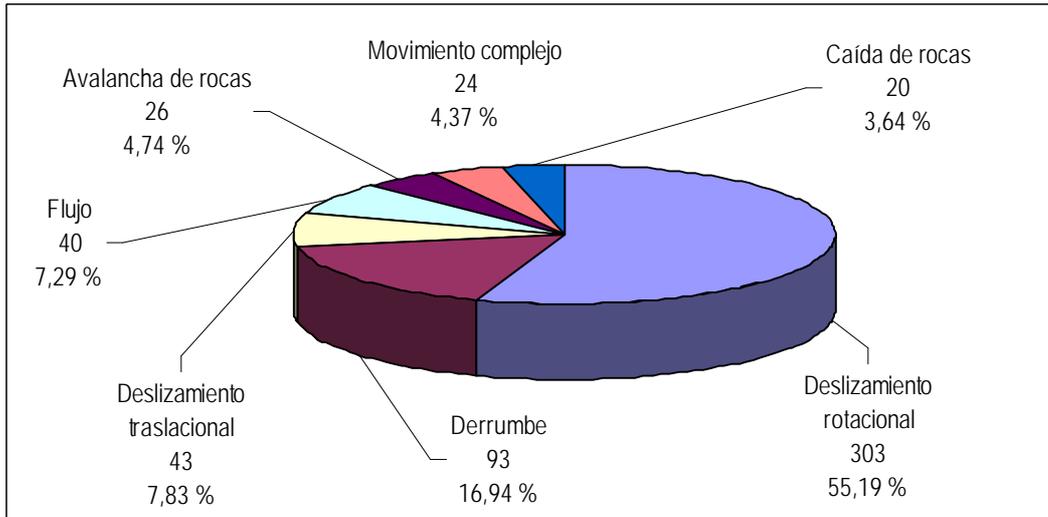


Gráfico 6.4 Distribución de los peligros geológicos por movimiento en masa en la región San Martín.

lentos y ocurren sobre laderas de pendientes suaves a escarpadas, sobre todo tipo de materiales litológicos. Se caracterizan por desarrollar una o varias superficies de ruptura, tienen una zona de desplazamiento y una zona de acumulación de material desplazado.

Las escarpas pueden tener varias formas, desde circulares hasta rectas, y suelen presentar saltos de terreno desde centímetros hasta varios metros. Su tamaño es variable, desde pocos metros hasta algunas decenas e incluso kilómetros de longitud.

Estos fenómenos tienen una causa natural o artificial, cuya ocurrencia está condicionada a una serie de factores tales como la presencia de depósitos sueltos, roca intensamente fracturada, estratos con buzamiento hacia el talud, pendiente del terreno, etc., que con ayuda de la infiltración de aguas de escorrentía, así como, cortes de talud en la ladera; y con otros factores detonantes como sismos o lluvias, pueden provocar el movimiento cuesta abajo iniciando un proceso de deslizamiento.

En los deslizamientos antiguos se debe tener especial precaución, debido a que al ejecutar cortes en el terreno para el establecimiento de una obra civil, puedan provocar una reactivación.

En la región San Martín se han registrado 346 deslizamientos, la mayor parte son de tipo rotacional (303 ocurrencias), seguidos por los traslacionales (43 ocurrencias). Los deslizamientos se presentan principalmente en la Cordillera Occidental y en la Faja Subandina. En las unidades de pendiente moderada a fuerte se presenta la mayor concentración de deslizamientos. En lo referente a la litología, tal como lo muestra el Gráfico 6.5, los deslizamientos se dan mayormente en rocas con secuencias de conglomerados, areniscas, lodolitas y limoarcillitas.

Los deslizamientos que más destacan en la región San Martín son los que se presentan en la carretera Tarapoto – Moyobamba, los cuales ocasionan problemas a la transitabilidad vehicular y a la economía regional. En el cuadro 6.2 Se muestran los principales deslizamientos que se presentan en la región.

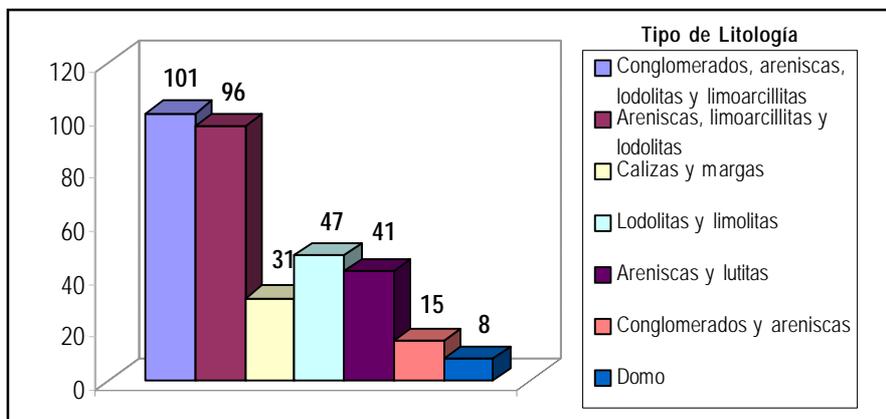


Gráfico 6.5 Ocurrencias de deslizamientos con respecto al tipo de roca.

Cuadro 6.2
Principales deslizamientos que se presentan en la región

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Moyobamba			
La Gera Jepelacio (9324800, 292500)	<ul style="list-style-type: none"> · Substrato de mala calidad (areniscas). · Pendiente moderada del terreno. · Deforestación intensa. · Corte de talud para canal. Los factores detonantes son: precipitaciones pluviales y sismos.	Estos fenómenos se han reactivado por el corte de talud para la carretera y canal. Este deslizamiento tiene una escarpa con una longitud de 180 m, y el desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 100 m. El avance del deslizamiento es de tipo retrogresivo.	Puede afectar a la carretera de acceso y canal para la Central Hidroeléctrica Gera. Este sector ya ha sido afectado anteriormente.
Gerilla Carretera Tarapoto-Moyobamba Jepelacio (9324083, 291492)	<ul style="list-style-type: none"> · Roca de mala calidad. · Suelo susceptible a ser removido. · Pendiente moderada del terreno. · Corte de talud para carretera. Como factores detonantes son las precipitaciones pluviales intensas y sismos.	Deslizamiento con escarpa principal de forma circular, continua, con una longitud es 400 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 200 m. El avance del deslizamiento es de tipo retrogresivo. Este deslizamiento ha obligado a cambiar el trazo de la carretera.	Afecta la carretera Fernando Belaúnde Terry (Marginal de la Selva) en un tramo de 150m.
Carretera Tarapoto- Moyobamba Km. 508 Jepelacio (9324650, 293300)	<ul style="list-style-type: none"> · Rocas de mala calidad, muy fracturadas, con discontinuidades a favor de la pendiente. · Terreno con pendiente moderada. · Corte de talud para carretera. · Deforestación intensa. Los factores detonantes son las intensas precipitaciones pluviales y sismicidad.	Deslizamiento con escarpa de forma circular, continua, con una longitud de 200 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 160 m.	Afecta la carretera Fernando Belaúnde Terry (Marginal de la Selva) en un tramo de 100m, y terrenos de cultivo.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Moyobamba			
Frente a San Miguel Jepelacio (9312580, 288200)	<ul style="list-style-type: none"> · Areniscas de mala calidad. · Pendiente moderada del terreno. · Intensa deforestación. · Dinámica fluvial. <p>Los factores detonantes son las precipitaciones pluviales intensas, y sismicidad.</p>	Deslizamiento con escarpa de forma semicircular, continua, con una longitud de 250 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 120 m. Deslizamiento activo, de seguir su avance puede represar al río Gera.	Podría represar al río Gera, que al desembalsarlo afectaría a los centros poblados, obras de infraestructura y terrenos de cultivos ubicados aguas abajo.
A 1 Km. del desvío de la carretera a Gera Jepelacio (9322316, 290478)	<ul style="list-style-type: none"> · Areniscas y limolitas (alternancia de rocas de diferente competencia) de mala calidad y fracturadas. · Pendiente moderada del terreno. · Corte de talud para carretera. · Deforestación intensa. · En tiempos de lluvias se presentan filtraciones de agua y saturan al terreno. 	La escarpa es de forma semicircular, continua, tiene una longitud de 300 m. El desnivel entre la escarpa y el pie de deslizamiento es de 40 m. El salto principal varía de 4 a 5 m, y los secundarios menores a los 2 m. En el cuerpo del deslizamiento se observan bloques sueltos con longitudes de hasta de 1,5 m y reptaciones de suelos. El deslizamiento está activo.	Este deslizamiento ha afectado a la carretera Moyobamba-Jepelacio; de seguir el movimiento nuevamente comprometerá la vía, en un tramo de 300m.
Lucero Soritor (9312250; 270050)	<ul style="list-style-type: none"> · Rocas de mala calidad con alternancia de diferente competencia. · Suelo susceptible a ser removido. · Pendiente moderada del terreno. · Corte de talud. · Deforestación intensa. <p>Como factor detonante las precipitaciones pluviales.</p>	Deslizamiento con escarpa de tipo elongada y continua, con una longitud de 30 m, el desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 100 m, la superficie de la escarpa es rotacional. Las rocas involucradas son areniscas con limolitas.	Este deslizamiento puede afectar 14 viviendas, centro educativo y tramo de carretera.
Unión Progreso Soritor (9313376; 269687)	<ul style="list-style-type: none"> · Substrato (areniscas y limolitas) de mala calidad, fracturado y diferente competencia. · Suelo susceptible a ser removido. · Pendiente moderada del terreno. · Deforestación intensa. <p>Los factores detonantes son las precipitaciones pluviales y sismos.</p>	Deslizamiento con escarpa de tipo semicircular, discontinua, con una longitud de 1 200 m; el desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 250 m, y la superficie de la escarpa es rotacional. Cuando se generó este deslizamiento represó al río Indoche. Se han presentado reactivaciones en dos sectores, siendo las causas: corte de talud para carretera, deforestación. Las escarpas de este reactivamiento tienen longitudes entre 200 m a 300 m. Este deslizamiento podría represar al río Indoche por la margen derecha.	De seguir las reactivaciones del deslizamiento podría represar al río Indoche. El desembalse traería problemas para los poblados ubicados aguas abajo.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Moyobamba			
San Lorenzo Soritor (9314900; 267800)	<ul style="list-style-type: none"> · Substrato fracturado, presenta rocas de diferente competencia (areniscas y limolitas). · Suelo susceptible a ser removido. · Pendiente moderada del terreno y deforestación. <p>Los factores detonantes son las precipitaciones pluviales y sismos.</p>	Deslizamiento con escarpa de tipo elongada, continua, con una longitud de 250 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento de 75 m. La superficie de la escarpa es rotacional. Su avance es de tipo retrogresivo. Este deslizamiento podría represar la quebrada afluente al río Indoché. El deslizamiento tiene una escarpa de tipo semicircular, discontinua, con longitud de 250 m.	Este deslizamiento destruyó viviendas y terrenos de cultivos. Podría afectar nuevamente a las viviendas que se encuentran en parte del cuerpo del deslizamiento.
San Marcos Soritor (9310808; 265318)	El substrato (areniscas) de mala calidad y alteradas, naturaleza del suelo, pendiente del terreno, deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial.	El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 320 m, la superficie de la escarpa es rotacional. La velocidad del deslizamiento se estima en moderada. El avance de este deslizamiento es de tipo retrogresivo y ensanchándose. Presenta agrietamientos con aberturas hasta de 0,40 m, y profundidades visibles entre 0,10 a 0,20 m, y saltos de hasta de 0,25 m.	Puede afectar al reservorio de agua potable que abastece al poblado de San Marcos. Afecta a pastizales.
Km. 9+00 Carretera Tarapoto-Lamas Lamas (9288762; 332706)	<ul style="list-style-type: none"> · El substrato es de mala calidad, presenta una alternancia de areniscas y limolitas (alternancia de rocas de diferente competencia), y un fracturamiento favorable a la pendiente. · Pendiente moderada del terreno, infiltraciones de aguas subterráneas. <p>Los factores detonantes son: los sismos y precipitaciones pluviales.</p>	Deslizamiento de tipo rotacional. La escarpa es de forma elongada, continua, con una longitud de 50 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 160 m. El movimiento es de tipo retrogresivo.	Ha afectado el tramo de la carretera Lamas-Tarapoto en 100 m.
Carretera Moyobamba- Tarapoto km. 24+680 Lamas (9286204; 329190)	<ul style="list-style-type: none"> · Substrato fracturado, presenta alternancia de rocas de diferente competencia (areniscas y limolitas). · Pendiente moderada del terreno. · Deforestación, y corte de talud de carretera. <p>Los factores detonantes son: las precipitaciones pluviales y sismicidad.</p>	El deslizamiento presenta una escarpa tipo circular, continua, con una longitud de 750 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 240 m. Se ha reactivado el deslizamiento en dos sectores. En el periodo lluvioso se presentan filtraciones de agua.	Afecta la carretera Fernando Belaunde Terry en dos tramos de 100 m cada uno.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Lamas			
Carretera Moyobamba-Tarapoto km 25+720, sector de Churuyacu Lamas (9286738; 328311)	<ul style="list-style-type: none"> · Substrato muy fracturado, con alternancia de rocas de diferente competencia (areniscas y limolitas). · Pendiente moderada del terreno. · Deforestación intensa. · Corte de talud de carretera. · En el período lluvioso se presentan filtraciones de agua. <p>Los factores detonantes son las precipitaciones pluviales y sismicidad.</p>	Deslizamiento con escarpas tipos rectas y continuas, con longitudes hasta de 400 m. El desnivel entre la corona y el pie del deslizamiento es 200 m. Se ha reactivado en dos sectores.	Afecta la carretera Fernando Belaúnde Terry (Marginal) en un tramo de 100 m.
Pueblo Nuevo Tabalosos (9301200; 312100)	<ul style="list-style-type: none"> · Substrato de mala calidad; fracturado. · Suelo susceptible a ser removido. · Pendiente moderada del terreno. · Excavaciones para talud de carretera. · Deforestación intensa. <p>El factor detonante es la precipitación pluvial.</p>	Este deslizamiento se considera activo. Presenta escarpa de forma circular, continua, con longitud de 200 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 200 m. Se observa material suelto en el cuerpo del deslizamiento, se puede generar derrumbes.	Afecta la carretera Fernando Belaúnde Terry (Marginal) en un tramo de 150 m.
Carretera Tarapoto-Moyobamba km 517+00 Tabalosos (9301430; 312391)	<ul style="list-style-type: none"> · Substrato de mala calidad, alternancia de rocas de diferente competencia (areniscas y limolitas), con discontinuidades a favor de la ladera. · Pendiente moderada del terreno. · Corte de talud de carretera. · Intensa deforestación. <p>Los factores detonantes son: las precipitaciones pluviales y sismos.</p>	La forma de la escarpa es recta, continua con una longitud de 250 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 140 m. El salto principal varía entre 10 a 15 m. La superficie de la escarpa es plana. En el cuerpo del deslizamiento se presentan erosiones en cárcavas que forman conos de talud, zonas inestables.	Ha afectado a la carretera Fernando Belaúnde Terry (Marginal) en un tramo de 400 m, de seguir el movimiento la va seguir afectando.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Lamas			
Ramírez, Carretera Tarapoto-Moyobamba Jepelacio (9316980; 297321)	<ul style="list-style-type: none"> · Substrato conformado por areniscas y limolitas de mala calidad (fracturadas). · Suelo susceptible a ser removido. · Pendiente del terreno. · Deforestación intensa. · Corte de talud para carretera. Los factores detonantes son: las precipitaciones pluviales y sismos.	Presenta una escarpa de forma circular y continua, con una longitud de 500m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 200 m. La superficie de la escarpa es de forma rotacional. En el cuerpo del deslizamiento se presentan erosiones en cárcavas. Este deslizamiento está reactivándose, como se puede apreciar en los asentamientos que presenta la carretera.	Afecta la carretera Fernando Belaúnde Terry (Marginal) en un tramo de 200 m. de seguir la reactivación podría afectar hasta un tramo de 400 m.
Provincia de Rioja			
Caseño La Libertad Yorongos (9316930; 264616)	El substrato es de mala calidad, muy fracturado; suelo de tipo incompetente; pendiente moderada del terreno; dinámica fluvial y excavaciones para talud de carretera. Los factores detonantes son: las precipitaciones pluviales y sismos.	La escarpa es de forma semicircular y continua, con una longitud de 250 m. El desnivel entre la escarpa y pie del deslizamiento es 70 m.	Puede afectar la carretera Yorongos-San Marcos, el canal de regadío y terrenos de cultivo. Se afectaría la carretera San Marcos-Alto Perú, y terrenos de cultivo.
Caseño La Unión Yorongos (9301408; 268500)	Substrato de mala calidad, muy fracturado; suelo incompetente, moderada pendiente del terreno, dinámica fluvial, excavaciones para talud de carretera. Los factores detonantes son: precipitaciones pluviales y sismos.	La escarpa es de forma continua, semicircular, con una longitud de 100 m. El desnivel entre la escarpa y pie del deslizamiento es 100 m.	

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Rioja			
Jorge Chávez Pardo Miguel (9301408; 268500)	<ul style="list-style-type: none"> · Areniscas de mala calidad, muy diaclasadas. · Pendiente del terreno. · Corte de talud para carretera. · Deforestación intensa. <p>Los factores detonantes son: las precipitaciones pluviales intensas y sismos.</p>	Presenta una escarpa de forma irregular, con una longitud de 300 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 180 m.	Afecta un tramo de la carretera Nieva-Rioja en una longitud de 150 m, también viviendas y terrenos de cultivo.
Carretera Nieva-Rioja, km. 391 +000 Pardo Miguel (9372986, 200885)	El substrato es de mala calidad, material susceptible a remoción, pendiente del terreno, rocas muy diaclasadas, deforestación y precipitaciones pluviales intensas, así como, sismos.	Presenta una escarpa de forma semicircular, con una longitud de 450 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 100 m. Se han presentado reactivaciones	Afecta carretera Nieva-Rioja en un tramo de 150 m, y terrenos de cultivo.
Provincia de San Martín			
Pilluana – domo de Pilluana – Quebrada Desaguadero Sauce (9252000; 360900)	<ul style="list-style-type: none"> · El substrato es de mala calidad (domo de sal). · Suelo de fácil remoción. · Dinámica fluvial. · Deforestación intensa. <p>El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.</p>	<p>Este deslizamiento presenta una escarpa de forma semicircular.</p> <p>El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 200 m. Se estima que la velocidad del deslizamiento haya sido moderada.</p> <p>Las rocas del substrato están conformas por sales y yeso de fácil erosión por las aguas fluviales.</p>	De reactivarse por la erosión fluvial, alimentaría con material suelto a la quebrada Desaguadero (Caño) y generaría un flujo. Aumentó el contenido de sales a las aguas de la quebrada Misquiyacu, ocasionando aguas inservibles para la agricultura, agropecuaria y piscícola.
Shatoja San José de Sisa (9272500; 361700)	<ul style="list-style-type: none"> · Substrato de mala calidad con alternancia de rocas de diferente competencia. · Suelo incompetente, de fácil remoción. · Pendiente del terreno. · Deforestación intensa. · Dinámica fluvial. 	<p>El deslizamiento presenta una corona semicircular y continua, de superficie rotacional y con una longitud de 150 m.</p> <p>El desnivel entre la corona y el pie del deslizamiento es de 80 m.</p> <p>El deslizamiento se ha reactivado por el corte de talud de carretera.</p> <p>En el cuerpo del deslizamiento se presentan reptaciones de suelos.</p>	Afecta la carretera Shatoja-Sisa, en tramos de 100 m, terrenos de cultivos y pastos. De ampliarse la carretera se van a tener problemas de inestabilidad.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de San Martín			
Carretera Tarapoto – Yurimaguas, km. 37+450 Yurimaguas (9288978; 360758)	<ul style="list-style-type: none"> · Pendiente del terreno. · Substrato conformado por areniscas, es de mala calidad (muy fracturado y diaclasado). · Corte de talud para carretera. <p>Los factores detonantes son: las precipitaciones pluviales intensas y sismicidad.</p>	Deslizamiento traslacional, su escarpa es recta, con una longitud de 100 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 100 m.	Afecta un tramo de la carretera Tarapoto-Yurimaguas en el km 37+500, en una longitud de 100 m.
Provincia de Mariscal Cáceres			
Apana Juanjui (9372986; 200885)	<ul style="list-style-type: none"> · Substrato es de mala calidad, fracturadas. · Suelo incompetente, susceptible a ser removido. · Pendiente moderada del terreno. · Deforestación intensa. 	<p>El deslizamiento tiene una escarpa de forma semicircular, continua, con una longitud de 350 m.</p> <p>El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 150 m. En la escarpa del deslizamiento se pueden generar caídas de rocas y derrumbes. La zona es inestable.</p> <p>En el cuerpo del deslizamiento se presentan reptaciones de suelos.</p>	Afecta la carretera Juanjui-Huayabamba en un tramo de 250 m, y puede afectar a los vehículos que transitan por la carretera. Puede alimentar al río Huayabamba con material suelto.
Provincia de Huallaga			
Yanshama Sacanche (9217690; 312935)	<ul style="list-style-type: none"> · Substrato de mala calidad; presenta rocas muy meteorizadas. · Pendiente moderada del terreno. · Deforestación intensa. <p>El factor detonante es la precipitación pluvial.</p>	<p>Este deslizamiento presenta una escarpa de tipo semicircular, y continúa, con una longitud de 550m y la superficie es plana.</p> <p>El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 150 m. Presenta escarpas sucesivas secundarias.</p> <p>En el cuerpo del deslizamiento se están presentando reptaciones de suelos, también se observan erosiones en cárcavas.</p>	Puede afectar viviendas y tramo de carretera Juanjui-Bellavista (Marginal) en una longitud de 100 m.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Picota			
Shamboyacu Shamboyacu (9223733; 374952)	<ul style="list-style-type: none"> · Pendiente moderada del terreno. · Substrato es de mala calidad. · Deforestación intensa. Los factores detonantes son: las precipitaciones pluviales intensas y sismicidad.	Deslizamiento rotacional, presenta una corona de forma semicircular y continua con una longitud de 100 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 180 m. Según versiones de los lugareños, por las características mencionadas este deslizamiento fue lento a muy lento, y de avance progresivo.	Afectó a centro educativo, de reactivarse puede comprometer las viviendas. Reforestar la zona. Declarar este lugar como zona inestable, no apta para la construcción de obras. Concientizar a los pobladores del lugar, en lo referente al peligro en que viven.
Provincia de Bellavista			
Al sur este de Mosquito Bellavista (9218902; 321422)	<ul style="list-style-type: none"> · El substrato es de mala calidad, con rocas muy meteorizadas. · Pendiente moderada del terreno. · Deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Este deslizamiento tiene una escarpa de forma circular, continua, con una longitud de 400 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 50 m. El avance del deslizamiento es de tipo retrogresivo. La forma de la superficie de la escarpa es rotacional. En el cuerpo del deslizamiento se presentan erosiones en cárcavas y reptaciones de suelos.	Puede afectar a la carretera Bellavista-Juanjui en un tramo de 100 m, como también viviendas y terrenos de cultivo.



Foto 6.1 Deslizamiento rotacional, sector La Unión (distrito Yorongos, provincia de Rioja).



Foto 6.2 Deslizamiento rotacional de Lamas, carretera Tarapoto-Lamas (provincia y distrito de Lamas).



Foto 6.3 Deslizamiento en la carretera Moyobamba-Tarapoto, km 517, (distrito Tabalosos, provincia Lamas).



Foto 6.4 Deslizamiento traslacional frente a San Miguel, carretera Moyobamba-Tarapoto, (distrito y provincia de Lamas).

Derrumbes

Según la clasificación de Varnes (1978), los derrumbes son considerados dentro del grupo de caídas.

En la región San Martín se han inventariado un total de 93 eventos. Se presentan en las laderas de los cerros de la Cordillera Occidental y el Llano Amazónico con pendiente/talud moderado o fuerte (inestables). Se pueden presentar en materiales inconsolidados o rocosos. También se generan en depósitos aluviales siendo la causa principal la erosión fluvial.

Se caracterizan por presentar una zona de arranque que puede tener forma regular, irregular, continua o discontinua; su corona puede ser de orden kilométrico o de pocos metros.

Las causas de los derrumbes son:

- rocas fracturadas,
- corte de talud para carretera,
- filtraciones de agua, y
- deforestación.

Los factores desencadenante son las precipitaciones pluviales y sismos.

En el gráfico 6.6 se muestra la relación de los derrumbes con el tipo de roca. Se observa que en las secuencias de areniscas, limoarcillitas y lodolitas; y las secuencias de conglomerados, areniscas, lodolitas y limoarcillitas, se encuentran la mayor concentración de ocurrencias.

Caídas de rocas

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de 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 rodamiento (Varnes 1978). El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes 1996), es decir velocidades mayores a 5×10^1 mm/s.

Una característica importante de las caídas es que el movimiento, no es masivo ni del tipo flujo. Existe una interacción mecánica entre fragmentos individuales y su trayectoria, pero no entre los fragmentos en movimiento.

El gráfico 6.7, muestra que los mayores eventos de caídas de rocas se encuentran entre las areniscas y lutitas, seguidas de secuencias de areniscas intercaladas con limoarcillitas y lodolitas.

Los mejores ejemplos los tenemos en la carretera Tarapoto-Juanjuí entre los kilómetros 30 al 38. En el lugar se han generado, por el corte de talud para la construcción de la vía asfaltada, caídas de roca condicionadas por roturas en cuñas y fallas planares del sistema de diaclasas de la roca. Del mismo modo, en un sector se observó vuelcos, como mecanismos de falla en el talud.

Flujos de detritos (huaycos)

Huaycos es un término peruano que se refiere a los descensos violentos de grandes masas de lodo, barro y fragmentos rocosos,

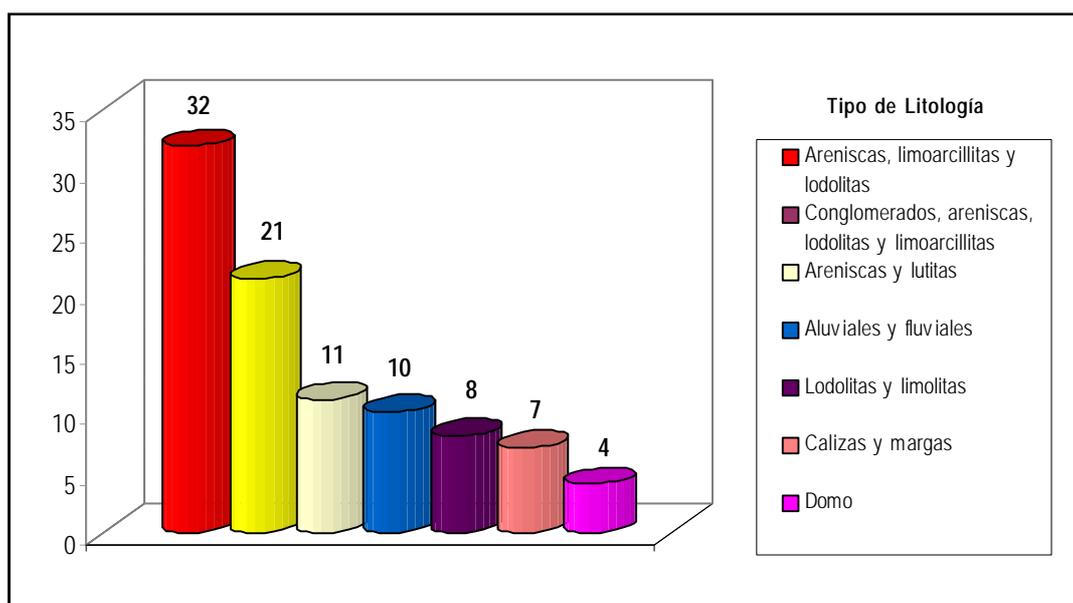


Gráfico 6.6 Ocurrencias de derrumbes con respecto al tipo de roca.

de diferentes dimensiones, debido a la saturación con agua de los materiales sueltos, en superficies más o menos inclinadas como quebradas o laderas (Dávila 2006).

El gráfico 6.8 muestra que el mayor número de eventos se presenta

en los depósitos aluviales y proluviales, relacionados a grandes eventos del pleistoceno, éstos se ubican en las márgenes de los ríos Huallaga y Mayo. Actualmente se presentan con magnitudes menores.

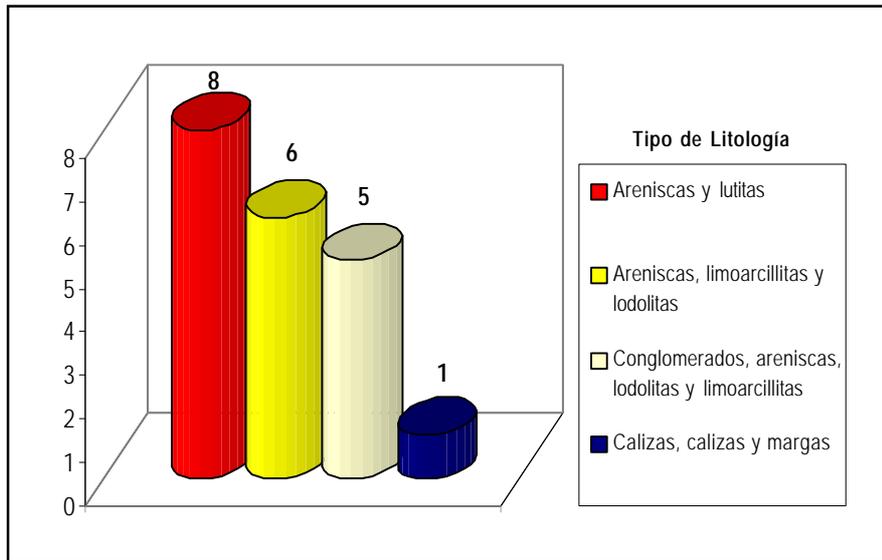


Gráfico 6.7 Relación de las caídas de rocas con el tipo de litología.

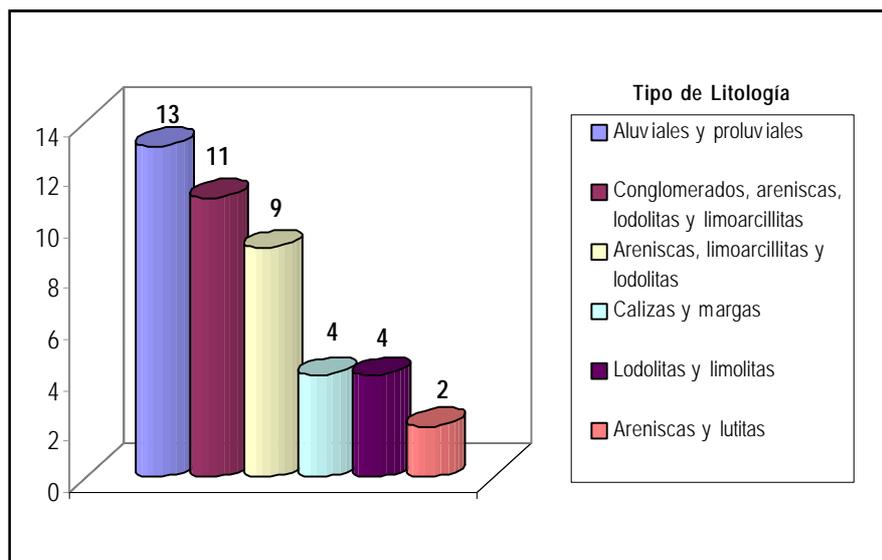


Gráfico 6.8 Distribución de los flujos de detritos según el tipo de litología.

Cuadro 6.3
Principales derrumbes que se presentan en la región

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Moyobamba			
El Palto-Caserío Alto Perú San Nicolás Soritor (9303460, 268059)	<p>Las causas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Substrato es de mala calidad (muy meteorizado). · Rocas fracturadas o diaclasadas. · Material de remoción antiguo. · Pendiente del terreno. · Excavaciones, cortes de talud en el pie de ladera. <p>Los factores desencadenantes son las precipitaciones pluviales y sismos.</p>	<p>Las rocas predominantes son areniscas.</p> <p>Este derrumbe presenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Un tipo de rotura planar y continua. · Altura de 50 m y longitud de 200 m. · En el cuerpo del derrumbe se presenta bloques aislados hasta de un tamaño menor a 1 m, se pueden generar también caída de rocas. <p>La quebrada está siendo alimentada por derrumbes y erosiones de ladera, que podría generar un flujo y afectar al sector de San Nicolás. Se considera como una zona inestable.</p>	<p>Ha afectado y puede afectar carretera El Palto-Soritor en un tramo de 100 m.</p> <p>Podría afectar al poblado de San Nicolás, porque parte de este, se encuentra dentro del cauce antiguo de la quebrada.</p>
Nuevo Horizonte Soritor (9309304, 266380)	<p>Las causas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Substrato de mala calidad (muy meteorizado), y muy fracturado. · Pendiente del terreno. · Cortes de talud. <p>Los factores desencadenantes son las precipitaciones pluviales y sismos.</p>	<p>Rocas sedimentarias de tipo areniscas.</p> <p>Este derrumbe tiene las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> · El tipo de rotura es plana. · Con una longitud de arranque de 200 m, y una altura de 300 m. · En su cuerpo se encuentra material inestable. · Zona inestable. 	<p>Puede afectar la carretera Nuevo Horizonte-Soritor en un tramo de 100 m.</p> <p>La carretera es poco transitada por vehículos de servicio público y privado.</p>
Provincia de Lamas			
Maceda Lamas (9283250, 333100)	<ul style="list-style-type: none"> · Erosión fluvial. <p>Substrato de mala calidad.</p> <p>Los factores desencadenantes son las precipitaciones pluviales y sismos.</p>	<p>Este derrumbe presenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Una zona de arranque de forma regular. · El tipo de rotura es mixto, es decir, tiene forma planar y cuña. · El derrumbe presenta una longitud de 300 m y una altura de 40m. <p>De seguir la erosión del río Mayo en la margen derecha, es posible que llegue a afectar a las viviendas ubicadas cerca del borde de la terraza.</p>	<p>Las viviendas que están cerca del borde de la terraza deben ser reubicadas. Es necesario reforestar las riberas del río.</p>

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Lamas			
Nazareth – Carretera Tarapoto-Moyobamba Km. 557+400 Tabalosos (9297620; 316541)	<p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Substrato de mala calidad. · Orientación de las discontinuidades a favor de la pendiente. · Pendiente moderada del terreno. · Corte de talud de carretera. <p>Los factores desencadenantes son precipitaciones pluviales y sismos.</p>	<p>Este derrumbe presenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Tipo de corte es planar e irregular. · La zona de arranque tiene una longitud de 100 m y altura del derrumbe es de 50 m. · En el cuerpo del derrumbe se observan bloques sueltos con tamaños menores a 0,50 m. <p>Se pueden generar derrumbes y deslizamientos.</p>	<p>Afecta la carretera Fernando Belaunde Terry (Marginal) en un tramo de 100 m.</p>
A 2 km. de Lejía. Carretera Tarapoto- Moyobamba Tabalosos (9304222; 308618)	<p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Substrato de mala calidad, fracturado. · Suelo susceptible a ser removido. · Pendiente fuerte del terreno. · Corte de talud de carretera. · Deforestación intensa. <p>Como factores detonantes tenemos las precipitaciones pluviales intensas y sismos.</p>	<p>Este derrumbe presenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Un tipo de rotura mixto (planar y cuña). · La zona de arranque es de forma irregular y continua. · La longitud de arranque es de 200 m. y su altura es de 80 m. 	<p>Afecta la carretera Fernando Belaunde Terry (Marginal) en un tramo de 250 m.</p>
Carretera Tarapoto – Yurimaguas, Km. 46+880 Tarapoto (9294350; 358300)	<p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Pendiente moderada del terreno. · Substrato es de mala calidad (areniscas), se presenta muy fracturado y diaclasado. · Corte de talud para carretera. <p>Como factor detonante tenemos las precipitaciones pluviales y sismicidad.</p>	<p>Este derrumbe presenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> · La zona de arranque presenta una longitud de 120 m y una altura de 80 m. · Este derrumbe tiene un tipo de fractura mixto y de forma irregular. · En el cuerpo se presentan bloques sueltos que forman canchales con tamaños menores a 1,50 m. <p>Se pueden generar caída de rocas.</p>	<p>Afecta tramo de la carretera Fernando Belaunde Terry en el km 46+880, en un tramo de 100 m.</p>
Carretera Tarapoto – Yurimaguas, Km. 41+000 Tarapoto (9290722; 360950)	<p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Pendiente moderada del terreno. · Areniscas de mala calidad, muy fracturado y diaclasado. · Corte de talud para carretera. Los factores detonantes son las precipitaciones pluviales y sismicidad. 	<p>Este derrumbe presenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> · La zona de arranque presenta una longitud de 300 m. y una altura 100 m. · Este derrumbe tiene un tipo de fractura planar y de forma irregular. · En el cuerpo del derrumbe se presentan bloques sueltos de hasta de 1.20m, forman canchales. 	<p>Afecta tramo de la carretera Fernando Belaunde Terry a la altura del km 41+000, en una longitud de 100 m.</p>

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Rioja			
Carretera Alto Nieva – Pardo Miguel Km 379+150 Pardo Miguel (9372974; 194963)	<p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Substrato de mala calidad se encuentra muy meteorizado y fracturado. · Pendiente moderada del terreno. · Cortes de talud en la ladera. <p>Los factores detonantes son las precipitaciones pluviales y sismos.</p>	<p>Este derrumbe tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Arranque de tipo irregular. · La rotura es planar. <p>Las dimensiones del derrumbe son arranque de 150 m y altura de 100 m.</p> <ul style="list-style-type: none"> · Zona inestable. 	<p>Afecta a carretera Fernando Belaunde Terry en un tramo de 150m.</p>
Carretera Alto Nieva – Pardo Miguel, altura del río Serranoyacu Pardo Miguel (9374700; 196700)	<p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Substrato de mala calidad, se encuentra muy meteorizado y fracturado. · Pendiente fuerte del terreno. · Cortes de talud. · Ausencia de vegetación. <p>Los factores detonantes son las precipitaciones pluviales y sismos.</p>	<p>Este derrumbe tiene:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Arranque de tipo irregular. · El tipo de rotura es planar. · Presenta una zona de arranque de 300 m y una altura de 300 m. <p>El derrumbe se puede reactivar por lluvias o sismos.</p>	<p>Afecta a la carretera en un tramo de 300 m. Esta carretera es muy transitada por transporte público y particular.</p>
Provincia de San Martín			
Pilluana – domo de Pilluana – Quebrada Desaguadero y margen izquierda de la quebrada Puerto López Sauce (9254000; 358000)	<p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Substrato de mala calidad, conformado por sales, yeso y limolitas. · Suelo incompetente de fácil remoción y muy permeable. · Dinámica fluvial. · Deforestación intensa. <p>El factor desencadenante son las precipitaciones pluviales y sismos.</p>	<p>Este derrumbe se presenta en la ladera de un domo de sal, y tiene las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Rotura planar e irregular. · El arranque presenta una longitud de 1250 m, la altura del desnivel es de 100 a 150 m. <p>En el sector de Pirohuasi, el derrumbe obtuvo el cauce de la quebrada Desaguadero, y lo represó parcialmente.</p> <p>Como se trata de un domo de sal, las aguas se infiltraron subterráneamente, y a una distancia de 1500 m. aguas abajo, afloraron nuevamente, dado como consecuencia que las aguas trasporten en suspensión y solución mayores cantidades de sales, produciéndose una contaminación natural. La quebrada Desaguadero al desembocar en la quebrada Misquiyacu, ha aumentado el contenido de elementos salinos en sus aguas.</p>	<p>Se ha dado una contaminación natural de las aguas de las quebradas Desaguadero y Misquiyacu. Estas aguas ya no sirven para consumo humano, ganadero y agrícola.</p> <p>Es muy difícil que se genere un flujo por obturación de la quebrada Desaguadero. La quebrada Puerto López, donde desemboca la quebrada Misquiyacu, está aportando alto contenido de sales al río Huallaga.</p>

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de San Martín			
Boca de Mayo Shapaja (9272120; 358350)	<p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Rocas de mala calidad, con alternancia de rocas de diferente competencia. · Suelo incompetente de fácil remoción. · Intensa deforestación. · Corte de talud de carretera. <p>Los factores detonantes tenemos las precipitaciones pluviales y sismos.</p>	<p>Este derrumbe presenta las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Rotura de la roca es de tipo planar. · La forma del arranque es de forma irregular, con una longitud de 100 m y altura de 150 m. <p>Se presenta en una ladera que ha sufrido un corte para construcción de carretera.</p>	Ha afectado la carretera Shapaja-Tarapoto en un tramo de 80 m.
Provincia de Mariscal Cáceres			
Carretera Campanilla- Juanjui – Sector Marcana Campanilla (9178300; 316250)	<p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Areniscas de mala calidad, se encuentran muy meteorizadas y fracturadas. · Pendiente fuerte del terreno. · Corte de talud en el pie de ladera. · Ausencia de vegetación. <p>Como factores detonantes tenemos las precipitaciones pluviales y sismos.</p>	<p>Este derrumbe:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Se presenta en una ladera. · La zona de arranque es de tipo regular y discontinua. · El tipo de ruptura es planar. · La zona de arranque presenta una longitud de 750 m y una altura de 100m. · En el cuerpo se presenta bloques suspendidos con dimensiones a 1 m de longitud, que pueden ceder. 	Ha afectado un tramo de la carretera y la puede seguir deteriorándola.
Carretera Juanjui-Apana Apana Juanjui (9195504; 306686)	<p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Areniscas meteorizadas. · Suelo incompetente. · Pendiente moderada del terreno. · Corte de talud para la construcción de la carretera. <p>Como factores detonantes tenemos las precipitaciones pluviales y sismos.</p>	<p>Este derrumbe se presenta en una ladera.</p> <ul style="list-style-type: none"> · Tiene las siguientes características: zona de arranque de forma irregular y tipo de rotura en cuña y planar. · Presenta canchales, el tamaño de los fragmentos de bloques llegan en longitud hasta 0.15 m. · Se puede generar también caídas de rocas. 	Ha afectado y puede seguir deteriorando la carretera Juanjui-Apana en un tramo de 100 m.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Huallaga			
El Cruce Tingo de Saposoa (9216330; 319439)	<p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Areniscas de mala calidad, muy fracturadas y diaciasadas. · Suelo de fácil remoción. · Pendiente moderada del terreno. · Corte de talud para carretera. · Dinámica fluvial. <p>Como factores detonantes tenemos las precipitaciones pluviales y sismos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Este derrumbe se ha dado en una ladera. · Presenta un tipo de ruptura mixto. · La longitud de arranque es de 450 m, con una altura de 100 m. · Se pueden presentar caídas de rocas. 	<p>Afecta la carretera Juanjui-Bellavista en un tramo de 100.</p>
Provincia de Picota			
Domo de Pilluana, sector Norte Buenos Aires (9254000; 358000)	<p>Causas:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Rocas de mala calidad, con discontinuidades de orientación a la pendiente. · Pendiente fuerte del terreno. · Suelo de fácil remoción. · Ausencia de vegetación. · Dinámica fluvial del río Huallaga. · Deforestación intensa. <p>Como factor detonante tenemos las precipitaciones pluviales y sismos.</p>	<ul style="list-style-type: none"> · Las rocas aflorantes son areniscas. · Este derrumbe se presenta en una ladera. · El derrumbe tiene una fractura de tipo planar e irregular, con una longitud de 800 m, altura entre 100 a 150 m. · Aporta con material suelto al río Huallaga. 	<p>Alimenta con material suelto y sales que se disuelven en el río Huallaga.</p>



Foto 6.5 Sector de la quebrada Desaguadero, en la margen derecha se presentan derrumbes. Domo de Sal de Pilluana, (distrito Pilluana, provincia Picota).



Foto 6.6 Domo de Pilluana, sector quebrada López, se presentan derrumbes (distrito Buenos Aires, provincia de Picota).



Foto 6.7 Derrumbes en la carretera Tarapoto-Juanjuí, (distrito Buenos Aires, provincia Picota).



Foto 6.8 Caída de rocas, carretera Tarapoto-Juanjuí, km 30+740 (distrito Buenos Aires, provincia Picota).



Foto 6.9 Caídas de rocas, carretera Tarapoto-Juanjuí, km 40+300 (distrito Buenos Aires, provincia Picota).

Las rocas que aportan materiales a las quebradas para la generación de estos flujos, están conformadas por secuencias que contienen conglomerados, tales como, areniscas, lodolitas y limoarcillitas, estas secuencias no están muy litificadas y son fácilmente erosionables.

Un ejemplo representativo de flujos es el que ocurrió en la localidad de San Miguel, en febrero 1990 y Combaquihui en abril de 1990, donde hubo pérdidas humanas y materiales.

Otro de los ejemplos que se puede mencionar es el ocurrido en el río Mishollo, a través de las imágenes satelitales del Google Earth, se observa que en una de las quebradas afluentes se generó un derrumbe, el que alimentó a la quebrada con abundante material, éste fue acarreado en el siguiente periodo de lluvia, y generó un flujo que llegó hasta la desembocadura del río Huallaga. En el cuadro 6.4 se muestran los principales flujos que se han presentado en la región.

Avalancha de rocas

En la región San Martín se han identificado un total de 26 eventos, estos se dieron en el pleistoceno, fueron de grandes dimensiones con coronas kilométricas, entre 1 a 3 km. Estos fenómenos se han presentado principalmente en rocas compuestas por areniscas y limolitas.

Es necesario precisar que el cuerpo de las avalanchas contiene bloques de formas subangulosas y con longitudes hasta de 3 m. Los problemas que se pueden presentar en el futuro serán por reactivación, debido a acciones antrópicas como corte de talud o

deforestación, pudiendo generar derrumbes, caídas de roca o deslizamientos.

Movimiento complejo

Este tipo de peligro se caracteriza por presentar la combinación de uno o más tipos de movimientos en masa (Varnes, 1978).

Los tipos de movimientos complejos son deslizamiento-flujo y derrumbe-flujo, predominando los primeros. Estos se presentan, principalmente, en el tramo de la carretera Moyobamba-Tarapoto.

Se han inventariado un total de 24 eventos, los cuales se muestran en el gráfico 6.9. Estos tipos de eventos se presentan mayormente en secuencias de areniscas y lutitas, y en secuencias de conglomerados formados por areniscas, lodolitas y limoarcillitas.

Peligros Geohidrológicos

Estos tipos de peligros se refieren a inundaciones y procesos de erosión fluvial y se encuentran relacionados a los ríos Huallaga, Mayo, Tonchima, Biabo, Jelache, Saposoa, Yuracyacu, etc.

Inundaciones fluviales

La inundación fluvial se define como el terreno aledaño al cauce de un río, que es cubierto por las aguas después de una creciente (Dávila, 2006). Las más importantes son las inundaciones de tipo fluvial, que han afectado a centros poblados y se ha logrado identificar un total de 118 lugares inundables (Mapa 5).

Las causas de las inundaciones, principalmente, la constituyen precipitaciones pluviales intensas, terrazas bajas, dinámica fluvial,

Cuadro 6.4
Principales eventos de flujos de detritos que se presentan en la región

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Moyobamba			
Pacaypite Jepelacio (9313750; 290150)	En el lecho de la quebrada se presenta un suelo de fácil remoción. Laderas de la quebrada conformadas por rocas de fácil erosión que alimenta con material suelto al lecho. Deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Evento de tipo excepcional. El lecho de la quebrada está conformado por material grueso en más de un 50% y es homogéneo (fragmentos de areniscas), de fácil remoción.	El poblado de Pacaypite se encuentra asentado sobre un antiguo lecho de la quebrada. De ocurrir un evento excepcional podría ser afectado.
Shucshuyacu Jepelacio (9319454; 290367)	Las laderas de la quebrada están conformadas por rocas de mala calidad que aportan material suelto a su lecho. Suelo de fácil remoción. Deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Evento de tipo excepcional. El lecho de la quebrada está conformado por material suelto como bloques y gravas en más de un 50%. Si se produjera un flujo de tipo excepcional sobrepasaría el lecho actual de la quebrada y afectaría al centro poblado.	El centro poblado de Shucshuyacu se encuentra asentado sobre un depósito antiguo dejado por un flujo de detritos.
Sector Santa Rosa, Margen derecha del río Indoche Soritor (9314950; 270100)	Las laderas de la quebrada están conformadas por rocas de mala calidad que aportan material suelto a su lecho. Suelo de fácil remoción. Deforestación intensa. Ausencia de vegetación.	Flujo de tipo excepcional. En el lecho de la quebrada se encuentra material suelto como bloques, gravas y en menor cantidad arenas. Este evento en un tiempo represó al río Indoche (margen izquierda).	Sobre el antiguo depósito proluvial, se encuentran asentadas viviendas y terrenos de cultivo; de generarse un flujo de mayores dimensiones podrían ser afectadas.
Puente colgante San Miguel Jepelacio (9313250; 272485)	El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Este flujo es de tipo excepcional. En la parte terminal forma un abanico.	Puede afectar al puente colgante que comunica Soritor con Lucero. La ubicación de este puente no es adecuado, es necesario cambiar el trazo de carretera.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Moyobamba			
Caserío La Unión Soritor (9300730; 266695)	Las laderas de la quebrada están conformadas por rocas de mala calidad que aportan material suelto a su lecho. Suelo de fácil remoción. Deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Flujo de tipo excepcional. En el lecho de la quebrada se observan bloques con longitud de hasta 1 m. En la desembocadura de la quebrada se forma abanico.	Sobre el antiguo depósito del flujo se encuentran asentadas viviendas y terrenos de cultivo, de reactivarse afectaría a esta localidad.
Quebrada Progreso Soritor (9301870; 268126)	Las laderas de la quebrada están conformadas por rocas de mala calidad que aportan material suelto a su lecho. Deforestación intensa. Suelo de fácil remoción. Como factor detonante la precipitación pluvial.	Este flujo es de tipo periódico, es decir, se presenta todos los años. Los materiales que trae son bloques hasta de 1m de longitud. En la desembocadura de la quebrada se forma un abanico.	Afecta carretera que comunica San Marcos con Alto Perú, en un tramo de 20m.
Alto Perú Soritor (9303460; 266059)	Las laderas de la quebrada están conformadas por rocas de mala calidad que aportan material suelto a su lecho, con pendientes moderadas. Deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Flujo excepcional. Los materiales que trae este flujo son bloques hasta de 1 m de longitud. En la desembocadura se forma abanico.	Afectaría a viviendas y terrenos de cultivo ubicados sobre el antiguo depósito.
Quebrada Topal, Nuevo Horizonte Soritor (9307596; 266542)	Suelo de fácil remoción. Quebrada con laderas de pendiente moderada. Deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial.	Flujo de tipo excepcional. En el lecho de la quebrada se aprecian bloques de hasta 1 m de longitud. En la desembocadura de la quebrada ha formado un depósito en forma de abanico. Vale mencionar, cuando se originó el sismo del año 1991, en las laderas de quebrada se produjeron derrumbes que aportaron material suelto a la quebrada.	Afecta a la carretera San Marcos - Alto Perú en un tramo de 20 m, y terrenos de cultivo.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Lamas			
San Miguel Tabalosos (9287850; 325200)	Material suelto en el lecho de la quebrada de fácil remoción. Laderas de la quebrada con pendiente moderada. Deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Este flujo es de tipo excepcional. El depósito dejado por el flujo está conformado por bloques y gravas en más de un 50%, el resto por arenas y limos.	Este poblado fue afectado en el año 1996, trayendo como consecuencia pérdidas materiales y humanas. Actualmente la expansión urbana esta en el cauce de la quebrada.
Shanao Shanao (9291200; 323700)	Pendiente de la quebrada, suelo conformado por material susceptible a la remoción, y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Flujo de tipo excepcional. El material transportado está conformado por bloques (>50%) y en menor cantidad gravas y arenas, el tipo de material es homogéneo.	Podría afectar parte del poblado de Shanao que se encuentra ubicado sobre un antiguo depósito proluvial (material proveniente de un flujo).
Provincia de San Martín			
Chumia Shapaja (9267950; 369200)	Suelo de fácil remoción, pendiente de la quebrada, dinámica fluvial y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	El material que se encuentra sobre el lecho de la quebrada es homogéneo, los fragmentos son de formas subredondeadas, se observan bloques hasta de 1 m. de diámetro. Este flujo se presenta de forma excepcional.	Afectó un tramo de la carretera Tarapoto-Chazuta. También perjudicó el badén de 15 m. Alimenta con material suelto al río Huallaga.
Chumia-Mal Paso Shapaja (9268532; 368911)	Suelo de fácil remoción, pendiente de la quebrada, dinámica fluvial, y deforestación intensa. Como factor detonante la precipitación pluvial intensa.	Flujo de tipo excepcional. Sobre la quebrada se aprecia material homogéneo, de fragmentos de formas subredondeadas con longitudes máximas hasta de 1,00 m. En esta quebrada a lo largo de su historia se han presentado varios flujos, que desembocan en la margen izquierda al río Huallaga, colmatando el cauce y formando mal paso (rápidos sobre el río Huallaga).	Afectó un tramo de la carretera en 15 m. La formación de mal paso trae problemas a las embarcaciones que navegan por este sector del río Huallaga, por la formación de rápidos.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de San Martín			
Shapaja Shapaja (9272800; 359850)	Pendiente moderada de las laderas de la quebrada, deforestación intensa, dinámica fluvial y material suelto en el lecho de la quebrada. Como factor detonante la precipitación pluvial intensa.	Flujo de tipo excepcional. Se aprecia un abanico formado en la desembocadura de la quebrada.	Podría afectar al centro poblado de Shapaja, terrenos de cultivo y carretera de acceso.
Quebrada Potasillo – Carretera Tarapoto – Picota (Km. 23+360) La Banda de Shilcayo (9291034; 354306)	Suelo incompetente de fácil remoción, pendiente moderada de las laderas de la quebrada, deforestación intensa y dinámica fluvial. Como factor detonante la precipitación pluvial intensa.	Flujo de tipo excepcional. En la desembocadura de la quebrada, el depósito ha formado un abanico. El material que conforma el depósito generado por el flujo está compuesto en más de un 50% por gravas y el resto por arenas limos y arcillas.	Puede afectar a la vía Tarapoto-Picota, en un tramo de 20 m.
Provincia de Huallaga			
Quebrada S/N Cerca del río Sacanche Sacanche (9216426; 306901)	Suelo incompetente de fácil remoción, pendiente moderada de las laderas de quebrada y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial excepcional.	Flujo de tipo excepcional. El tamaño de los bloques en el lecho de la quebrada llega hasta 0,50 m de longitud y son de composición homogénea (areniscas).	Afecta la carretera afirmada a Sacanche, alimenta con material suelto al río Sacanche. Perjudicó los terrenos de cultivo ubicados en su cauce.
Provincia de Bellavista			
Huingayacu San Pablo (9241066; 316064)	Causas: Naturaleza del suelo incompetente de fácil remoción, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, dinámica fluvial, y deforestación. Como factor detonante se tiene la precipitación pluvial excepcional.	Área sujeta a flujo de detritos (huayco). Flujo excepcional. El material que trae el flujo está conformado por más del 50 % de material grueso (grava) y el resto por arenas, y limos.	Afectó al centro poblado y carretera de acceso, y parcialmente a un puente carrozable.



Foto 6.10 Flujo que se presentó en la localidad de San Miguel (distrito Tabalosos, provincia Lamas).

Foto 6.10

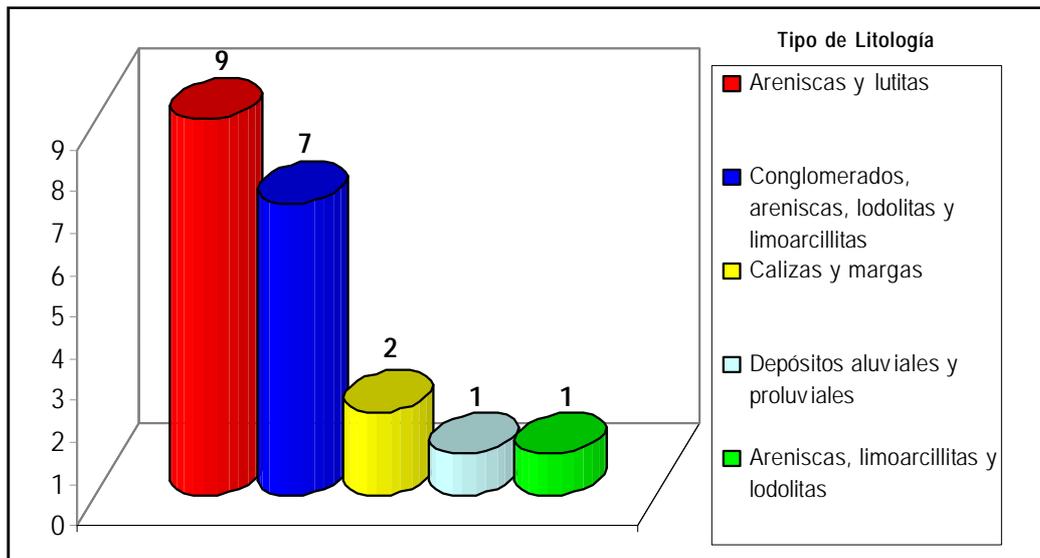


Gráfico 6.9 Distribución de los movimientos complejos según el tipo de litología.

ríos de tipos meandriforme y anastomosado; así como la deforestación. En el cuadro 6.4 se mencionan las principales inundaciones fluviales. Mediante la interpretación de las imágenes satelitales, se ha determinado que se pueden presentar inundaciones en las riberas de los ríos Espino, Limón, Tocache, Cañuto, Challhuyacu, y de sus quebradas afluentes (zona no verificada con trabajos de campo).

En los ríos de la región, entre los meses de octubre a abril (periodo lluvioso), el caudal se incrementa aceleradamente, debido al aumento de las precipitaciones pluviales; las que pueden ocasionar inundaciones. Los ríos más representativos son el Mayo y Huallaga, que reciben los aportes de los ríos que nacen en la cordillera de los cuales depende su caudal.

Durante este periodo, las lluvias pueden durar varias horas o días; razón por la que los ríos crecen de manera significativa, pudiendo causar inundaciones. Como ejemplo se puede mencionar las inundaciones por desborde del río Huallaga, que ocurrieron en enero del 2007, afectando a los poblados comprendidos entre Picota y Bellavista. Otro ejemplo de inundación fue el desborde del río Tonchima, ocurrido en octubre del 2007, resultando afectada la localidad de San Juan de Tangumi.

Los terrenos inundables por lo general son áreas (terrazas) de antiguos cauces dejados por los ríos de tipo anastomosados o meandriformes. También pueden presentarse inundaciones en zonas de planicies disectadas por quebradas. En el cuadro 6.5 se muestran las principales inundaciones que se han dado en la región.

Erosiones fluviales

La erosión fluvial se define como el trabajo continuo que realizan

las aguas corrientes sobre la superficie terrestre. La erosión se realiza en forma de arranque del material, abrasión fluvial, corrosión, corrosión y atrición fluvial. La erosión fluvial socava el valle en forma de «V», produciendo la profundización, el ensanchamiento y alargamiento del valle. Cada uno de estos procesos se realiza de acuerdo al estado de desarrollo, haciéndose más intenso o menos intenso el proceso. La erosión fluvial se desarrolla siguiendo patrones específicos de drenaje, los cuales son controlados por la estructura geológica, por la dureza de la roca, por la carga fluvial y otros factores (Dávila, 2006).

Las formas de erosión que se dan en los ríos juveniles como Frontera, Huayabamba, Jelache, Abiseo, etc. son por arranque del material, abrasión fluvial, corrosión, corrosión y atrición fluvial, debido a que son valles en forma de «V», se produce, por tanto, una profundización del cauce, así como, su ensanchamiento y alargamiento.

Los ríos de tipo meandriformes, por tener bajos valores de pendiente, prácticamente 0%, no presentan erosión vertical, desarrollándose movimientos laterales que ocasionan variaciones en su cauce. Esto origina cambios en el curso del río, como ejemplo, los que se forman en el río Mayo y el río Cumbaza. También puede observarse, este tipo de erosión, en los sectores de Tocache y de Papaplaya, del río Huallaga. Es necesario precisar que los mayores peligros se presentan en los ríos de tipo meandriformes y anastomosados, tales como el Huallaga, Mayo, Biabo, Tocache, Espino, Naranjos, Naranjillo, Soritor, Yuracyacu, Tonchima, Indoché, entre otros. Lugares donde ya se han identificado un total de 39 sectores afectados por procesos de erosiones fluviales. En el cuadro 6.6 se mencionan las principales erosiones fluviales que se presentan en la región San Martín.

Cuadro 6.5
Principales inundaciones fluviales que se presentan en la región

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Moyobamba			
Puerto Motillones Moyobamba (9336382; 280697)	Pendiente baja del terreno, terraza baja, deforestación, y precipitaciones pluviales intensas.	Terraza baja, con una altura de 4 m. El curso del río Mayo es de tipo meándrico. Las inundaciones se presentan en avenidas normales.	Afectó viviendas y terrenos de cultivos.
Puerto Tahuisco / Flor de Mayo Moyobamba (9333744; 282621)	Pendiente baja del terreno, deforestación intensa, río de tipo meándrico. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Terraza baja, con una altura de 5 m. El río es de tipo meándrico. Las inundaciones se presentan en avenidas normales.	Afectó viviendas y terrenos de cultivos.
Puente Tonchima, Carretera Moyobamba – Rioja Km. 486+200, sector San Juan de Tanguimi. Moyobamba (9330858; 262145)	Terraza baja, pendiente baja del terreno, dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Se producen inundaciones con avenidas de tipo excepcional. Cuando se generó la inundación la altura alcanzada por las aguas sobre el nivel de la terraza llegó a 1,5 m. El río es de tipo meándrico. El área que puede llegar a inundar es hasta 1,5 km. en ambas márgenes. En tiempo de estiaje se producen erosiones fluviales.	Afectó viviendas de San Juan de Tanguimi y terrenos de cultivo. Ponen en peligro las torres de alta tensión y postes de tendido eléctrico que brindan servicio a Rioja.
Buenos Aires Yantalo (9343996; 269636)	Terraza baja con pendiente baja del terreno, río de tipo meándrico, naturaleza del suelo incompetente y deforestación intensa. Como factor detonante las precipitaciones pluviales.	Es una llanura inundable. En el año 2007, se generó una inundación excepcional, donde la altura alcanzada del agua sobre el nivel de la terraza fue de 1,5 m. El curso principal del río es de tipo meándrico. En época de estiaje también se pueden presentar erosiones fluviales.	Afectó viviendas, terrenos de cultivo y la carretera de acceso al centro poblado.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Moyobamba			
Puerto Los Angeles Yantalo (9341600; 276300)	Terraza baja con pendiente baja, río de tipo meándrico, naturaleza del suelo incompetente y deforestación intensa. Como factor detonante las precipitaciones pluviales.	El curso principal del río es de tipo meándrico. Llanura inundable, la altura alcanzada por el agua sobre el nivel de la terraza es hasta 1,0 m. La altura del borde de la terraza sobre el nivel de agua fue de 3 m (mayo 2007). Se presentan inundaciones cuando ocurren lluvias excepcionales.	Afectó viviendas, terrenos de cultivo y la carretera de acceso al puerto.
Guillermo Yantalo (9340900; 278400)	Se observa ocupación antrópica en la terraza baja, pendiente baja del terreno, dinámica fluvial, deforestación intensa y naturaleza del suelo incompetente. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	En la llanura inundable la altura que alcanza el agua sobre el nivel de la terraza en tiempos de crecida es hasta 1,0 m. En el momento de la inspección el desnivel entre el borde de la terraza y el nivel de agua, fue de 3 m (Mayo 2007). El curso principal del río es de tipo meándrico. Las inundaciones se presentan generalmente todos los años con el periodo lluvioso. En la margen derecha se producen erosiones fluviales.	Afectó viviendas, puerto, terrenos de cultivo y la carretera de acceso al puerto.
Brazo del río Avisado Moyobamba (9347598; 255350)	Terreno conformado por una terraza baja con pendiente baja. Dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Es una llanura inundable, la altura alcanzada por el agua sobre el nivel de la terraza es hasta 1,0 m. El curso principal del río es de tipo meándrico. Las inundaciones se presentan generalmente todos los años en el periodo lluvioso. En la margen derecha se presentan erosiones fluviales.	Afectó terrenos de cultivo, así como a la carretera de acceso a los mencionados terrenos y al centro poblado Valle de la Conquista.
Puente Avisado, Valle de la Conquista, Puente Huacayacu Moyobamba (9349862; 258508)	Con terraza baja, pendiente baja del terreno, dinámica fluvial, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Es una llanura inundable, la altura alcanzada por el agua sobre el nivel de la terraza es hasta 1,0 m. Las inundaciones son periódicas. El curso principal del río es de tipo meándrico. Las inundaciones se presentan generalmente todos los años en el periodo lluvioso.	Dañó terrenos de cultivo, carretera de acceso, y afectó al centro poblado del valle de la Conquista-Pueblo Libre.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Moyobamba			
Puerto Los Angeles Yantalo (9341600; 276300)	Terraza baja, pendiente baja del terreno, dinámica fluvial, deforestación intensa y naturaleza del suelo incompetente. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Inundaciones excepcionales. En la llanura inundable, la altura alcanzada por el agua sobre el nivel de la terraza es hasta 1,0 m. La altura desde el nivel del agua hasta el borde de la terraza es de 3 m (mayo 2007). El curso principal del río es de tipo meándrico. En la margen derecha se presentan erosiones fluviales.	Afectó viviendas, terrenos de cultivo y también la carretera de acceso al puerto.
El Edén Yantalo (9343200; 263220)	Terraza baja con ocupación antrópica, y de pendiente baja; dinámica fluvial y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Es una llanura inundable, la altura alcanzada por el agua es hasta 0,50 m. sobre el nivel de la terraza actual. En el momento de la inspección el desnivel entre el borde de la terraza y sobre el nivel de agua fue de 3 m (mayo 2007). El curso principal del río es de tipo meándrico. Las inundaciones se presentan generalmente todos los años en el periodo lluvioso.	Afectó viviendas, puerto, terrenos de cultivo y la carretera de acceso al puerto.
Santa Catalina Moyobamba (9336600; 280700)	Terraza baja con pendiente baja, dinámica fluvial, y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	El curso del río es de tipo meándrico. Las inundaciones se presentan generalmente todos los años en el periodo lluvioso.	Perjudica al centro poblado Valle de la Conquista, terrenos de cultivo y la carretera que da acceso a estos terrenos.
Puerto Sapote Moyobamba (9342964; 275362)	Terraza baja con pendiente baja. Dinámica fluvial, y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	En este sector el río Mayo inundada por la margen derecha. Las inundaciones de tipo excepcional, el agua llega a sobrepasar a la terraza hasta una altura de 1,5 m; y afecta a las viviendas del poblado de Sapote. Y cuando son de tipo periódico afectan a terrenos de cultivo. El área afectada es de 1.500 m x 500 m.	Puede afectar al puente que comunica Sapote con Yantalo. Ha afectado a viviendas del poblado de Sapote. Cada vez que hay inundaciones de tipo excepcional las aguas llegan hasta el centro poblado de Gobernador.
Gobernador Moyobamba (9344000; 273150)	Terraza baja con pendiente baja, dinámica fluvial, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	En esta zona la inundación del río Mayo es por ambas márgenes. En el periodo lluvioso excepcional el agua cubre a la terraza hasta una altura de 1,5 m, y llega hasta el centro poblado Gobernador. Inundaciones de tipo periódico afecta solamente terrenos de cultivo.	Cuando se presentan inundaciones de tipo periódico, éstas afectan solamente terrenos de cultivo.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Moyobamba			
Río Occhique/San Marcos Soritor (9263200; 337763)	Terraza baja con pendiente baja, dinámica fluvial y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Llanura inundable del río Occhique. Río de tipo meándrico. Inundaciones de tipo excepcional. La altura alcanzada por las aguas sobre el nivel de la terraza es de 1,00 m.	Ha afectado 20 hectáreas de terrenos de cultivo.
Provincia de Lamas			
Las Flores de Mamonaquihua Cuñumbuque (9263200; 337763)	Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial.	La extensión afectada por la inundación fue de 500 m. x 100 m. La altura a la que llegan las aguas sobre el nivel de la terraza es hasta de 1,20 m. También se pueden presentar erosiones fluviales.	Las inundaciones con avenidas normales afectan a terrenos de cultivos y en avenidas excepcionales a viviendas. Dañan también la carretera de acceso al centro poblado.
Pongo de Cainarachi altura del Km. 57+700 carretera Tarapoto – Yurimaguas Cainarachi (9300700; 357450)	Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial, deforestación, ocupación antrópica inadecuada. El factor detonante es la precipitación pluvial.	La altura de la terraza en el momento de la inspección (mayo 2007), era de 1,50 m. La extensión de la inundación fue de 1 000 m x 800 m. El río es de tipo meándrico.	Las inundaciones afectan a terrenos de cultivo (frutales), y viviendas; también pueden afectar tramos de la carretera Tarapoto – Yurimaguas en 500 m.
San Roque de Cumbaza San Roque de Cumbaza (9293776; 341228)	Pendiente baja del terreno, deforestación intensa, y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial.	Río de tipo meándrico. Según versiones de los lugareños, en tiempo de crecida excepcional, el nivel de las aguas del río cubre la terraza hasta 0,50m. El área afectada por inundación es de 300 m x 50 m. La altura del borde de la terraza sobre las aguas al momento de la inspección (mayo 2007) fue de 1,80 m.	Afecta el acceso al poblado de San Roque de Cumbaza, y viviendas ubicadas cerca de la llanura inundable.
Provincia de Rioja			
Puente colgante Yorongos / Nueva Esperanza Yorongos (9315000; 264350)	Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial, deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial.	Terraza formada por antiguos depósitos de río, es una llanura meándrica inundable. Este río por ser de tipo meandriforme, con el tiempo cambia de dirección su curso. La longitud erosionada es de 100 m.	Afectó terrenos de cultivo. Puede perjudicar las bases del puente colgante de Yorongos y dañar al poblado de Nueva Esperanza.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Rioja			
Puerto Tangumi – Puerto San Juan Posic (9342434; 268156)	Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial, deforestación y como factor detonante las precipitaciones pluviales.	Terraza formada por depósitos antiguos de río, es una llanura meándrica inundable. El río Tonchima, por ser de tipo meándrico, con el tiempo cambia la dirección de su cauce.	Afectó terrenos de cultivo, puede dañar al puente Tangumi.
Nueva Esperanza Rioja (9329844; 250540)	Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial.	El río Negro es de tipo meándrico, por lo que su cauce tiende a variar con el tiempo. Terraza formada por depósitos antiguos de origen fluvial, llanura meándrica inundable.	Afectó terrenos de cultivo.
Río Mashia Elias Soplin (9331022; 249254)	Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial, ocupación inadecuada de los terrenos, y deforestación y además. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Terraza formada por depósitos antiguos del río. El río Mashia es de tipo meándrico, por lo cual, con el tiempo la dirección de su cauce va a tender a variar. La altura del agua sobre el nivel de la terraza llega hasta 1 m. La inundación es de tipo ocasional, es decir cada cierto tiempo.	Afectó terrenos de cultivo de arrozales.
Miguel Pardo-Naranjos Pardo Miguel (9365500; 222100)	Terraza baja con pendiente baja, ausencia de vegetación, naturaleza del suelo incompetente y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Río de tipo meandriforme. Llanura inundable, la altura alcanzada por el agua sobre el nivel de la terraza es hasta 1,0 m. Las inundaciones son de tipo excepcional. Se presentan también erosiones fluviales.	Afectó al poblado de Naranjos, y terrenos de cultivo.
Yuracyacu Yuracyacu (9344372; 253249)	Terreno de pendiente baja con ocupación antrópica inadecuada, dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Llanura inundable. Cuando se generan las inundaciones la altura alcanzada por el agua sobre el nivel de la terraza llega hasta 1,0 m. Las inundaciones son de tipo periódico. El curso principal del río es de tipo meándrico. También se presentan erosiones fluviales.	Afectó a viviendas próximas al cauce del río, terrenos de cultivo y la carretera de acceso al puerto.
Puerto San Fernando San Fernando (9349906; 251055)	Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial, deforestación y naturaleza del suelo incompetente. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Llanura inundable. Cuando se generan las inundaciones la altura alcanzada por el agua sobre el nivel de la terraza es hasta 1,0 m. El curso principal del río Mayo es de tipo meándrico. Las inundaciones se presentan generalmente todos los años en el período lluvioso. También hay erosiones fluviales.	Afectó viviendas, terrenos de cultivo y la carretera de acceso al centro poblado.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Rioja			
Huatunplaya San Fernando (9352122; 251835)	Terraza baja, con ocupación antrópica inadecuada, dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Llanura inundable. El curso principal del río Mayo es de tipo meándrico. Las inundaciones se presentan generalmente en el período lluvioso normal. Cuando se generan las inundaciones la altura alcanzada por el agua sobre el nivel de la terraza actual es hasta 1,0 m. En el momento de la inspección el borde de la terraza sobre las aguas presentaba una altura de 4 m (mayo 2007). También se generan erosiones fluviales.	Afectó viviendas, terrenos de cultivo y la carretera de acceso al centro poblado.
Villa Florida, Surquillo San Fernando (9358276; 248846)	Terraza baja con ocupación antrópica inadecuada, dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente y, deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	La terraza en el momento de la inspección tenía una altura de 5 m. Cuando se generan las inundaciones de tipo periódico la altura de las aguas sobre la terraza es hasta 1,0 m, y en período excepcional alcanza hasta los 3,0 m. El curso principal del río Mayo es de tipo meándrico. También se generan erosiones fluviales.	Afectó viviendas, terrenos de cultivo y carretera de acceso al centro poblado.
Puerto José Olaya San Fernando (9360138; 248415)	Terraza baja con ocupación antrópica inadecuada, dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	La terraza tiene una altura de 1,70 m. En las inundaciones, las aguas alcanzan sobre la terraza hasta 0,50 m. El curso principal del río Mayo es de tipo meándrico. Las inundaciones se presentan generalmente en el período lluvioso normal. También se producen erosiones fluviales.	Afecta viviendas, terrenos de cultivo y carretera de acceso al centro poblado.
San Francisco Awajún (9360888; 243480)	Terraza baja con ocupación antrópica inadecuada, dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	El curso del río Mayo es de tipo meándrico. Las inundaciones que se presentan en el período lluvioso normal afectan a terrenos de cultivo, y en el período excepcional llega hasta la Plaza de Armas. Se presentan también erosiones fluviales.	Afecta viviendas, terrenos de cultivo y carretera de acceso al centro poblado.
Puerto Guayaquil Awajún (9362944; 242657)	Terraza baja con ocupación antrópica inadecuada, dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	La altura del borde de la terraza sobre el nivel de las aguas al momento de la inspección (junio 2007) era de 2 m. El curso principal del río Mayo es de tipo meándrico. Cuando se presentan las inundaciones, según versiones de los lugareños, la altura de las aguas sobre el nivel de la terraza llega hasta 1,00 m. Las inundaciones que se presentan en el período lluvioso normal afectan a terrenos de cultivo, y en el período excepcional llegan hasta la Plaza de Armas. También se producen erosiones fluviales.	Afecta viviendas, terrenos de cultivo y carretera de acceso al centro poblado.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Rioja			
San Juan – Puente Soritor Nueva Cajamarca (9351554; 240080)	Terraza baja con ocupación antrópica inadecuada y, dinámica fluvial, deforestación intensa y naturaleza del suelo incompetente. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	La altura de la terraza al momento de la inspección (junio 2007) era de 1m. El curso principal del río Soritor es de tipo meándrico. Las inundaciones se presentan generalmente en el periodo lluvioso normal afectan a terrenos de cultivo, y en el periodo excepcional la inundación llega hasta la zona urbana. Se pueden producir también erosiones fluviales.	Afecta viviendas, terrenos de cultivo y la carretera de acceso al centro poblado.
Camino a Florida Nueva Cajamarca (9343094; 243064)	Terraza baja con ocupación antrópica inadecuada, dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	La altura de la terraza al momento de la inspección (junio 2007) era de 1,00m. El curso principal del río Yurayacu es de tipo meándrico. Las inundaciones que se presentan generalmente en el periodo lluvioso normal afectan a terrenos de cultivo, y en el periodo excepcional la inundación llega hasta las viviendas. También se generan erosiones fluviales.	Afectó viviendas, terrenos de cultivo y la carretera de acceso al centro poblado.
Villa Florida Nueva Cajamarca (9356988; 250484)	Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial, y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	El curso principal del río Yurayacu es de tipo meándrico. Las erosiones fluviales se presentan generalmente en el periodo lluvioso.	Puede afectar el puente y la zona vial. Hay antecedente de que este puente fue destruido.
Naranjillo – Puente Naranjillo Nueva Cajamarca (9357250; 234900)	Terraza baja con ocupación antrópica inadecuada, dinámica fluvial, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	El curso principal del río Naranjillo es de tipo meándrico. Se han presentado también erosiones fluviales derecha, con una longitud erosionada de 100 m.	Puede afectar a viviendas ubicadas cerca de la terraza.
Confluencia del río Tonchima y Mayo Posic (9343246; 262598)	Terraza baja, dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Curso del río Tonchima de tipo meandriforme. En tiempos de crecida intertempiva del río Mayo, al desembocar el río Tonchima sobre él, este último queda represado y da lugar a que se desborden sus aguas por las terrazas bajas.	Afecta a terrenos de cultivo. Dañó tres viviendas ubicadas en el borde de la terraza del río Mayo.
Tamboyacu Rioja (9332058; 253227)	Terraza baja, dinámica fluvial. Como factor detonante las precipitaciones pluviales intensas.	Zonas inundables del río Negro, por ambas márgenes. El área inundable es de 200 m x 300 m. Cuando se presentan inundaciones de tipo excepcional el agua llega a subir hasta 1 m. sobre la terraza.	Afecta a puente que comunica Rioja con Tambuyacu.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de San Martín			
Shapaja Shapaja (9272250; 360400)	Pendiente baja del terreno, ausencia de vegetación y dinámica fluvial. Como factor detonante las precipitaciones pluviales intensas.	El río Huallaga en este sector está controlado estructuralmente, es de forma rectilínea. La terraza tiene una altura de 2 m. Las aguas cuando inundan llegan hasta una altura de 2 m sobre el nivel de la terraza. Terraza baja inundable. En tiempos de crecidas excepcionales las aguas pueden llegar hasta las viviendas del centro poblado de Santa Luisa. También se presentan erosiones fluviales.	Afecta al centro poblado de Shapaja, terrenos de cultivo y carretera de acceso. Afecta terrenos de cultivos y viviendas de Santa Luisa.
Santa Luisa – Puente Pucayacu Juan Guerra (9272250; 360400)	Terreno de pendiente baja con ocupación antrópica inadecuada, y deforestación intensa. Como factor detonante la precipitación pluvial intensa.	En tiempos de avenidas normales las aguas llegan a inundar los terrenos de cultivo, pero en crecidas excepcionales las aguas llegan hasta las viviendas del centro poblado. La extensión afectada por la inundación fue de 1 000 m x 200 m. Según versiones de los lugareños la altura de las aguas sobre la terraza en tiempos de crecidas excepcionales es de 1,50 m. También se presentan erosiones fluviales.	Las inundaciones en tiempos normales afecta a terrenos de cultivo; y en períodos excepcionales, daña las viviendas del centro poblado.
Urcurara Alberto Leveau (9263250; 357700)	Terreno de pendiente baja, con ocupación antrópica inadecuada, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	En tiempos de avenidas normales las aguas llegan a inundar a terrenos de cultivos, en crecidas excepcionales llegan hasta las viviendas. La extensión afectada por la inundación es de 2 000 m x 1 200 m. Según versiones de los lugareños la mayor crecida se ha dado en el año 1978 donde, la altura de las aguas sobre la terraza alcanzó hasta 4,50 m y llegando hasta la Plaza de Armas. La altura de la terraza en el momento de la inspección (octubre 2007) fue de 2,00 m. El río Cumbaza en este sector es de tipo meándrico, por lo que tiende a variar la dirección de su cauce.	En el año 1978 este centro poblado sufrió una inundación y actualmente se han reubicado; sin embargo, existen algunas viviendas, en la zona de influencia de inundaciones del río Cumbaza. Dañó también a terrenos de cultivo y carreteras de acceso.
Antiguo Juan Guerra Juan Guerra (9273600; 353000)	Terreno de pendiente baja, con ocupación antrópica inadecuada, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El crecimiento intempestivo del río Mayo origina el represamiento del río Cumbaza y produce su desborde.	La extensión afectada por la inundación fue de 1 500 m x 500 m. La altura de la terraza en el momento de la inspección (octubre 2007) fue de 0,50 m. El río Cumbaza es de tipo meándrico, por lo que tiende a variar de curso. Se presentan también erosiones fluviales.	Afecta terrenos de cultivo y carretera de acceso.
Tres de Octubre Tarapoto (9275503; 350793)	Terreno de pendiente baja con ocupación antrópica inadecuada y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	La extensión afectada por la inundación fue de 1 500 m x 500 m. La altura de la terraza en el momento de la inspección (octubre 2007) fue de 0,50 m. El río Cumbaza es de tipo meándrico, por lo que tiende a variar de curso. Se presentan también erosiones fluviales.	Afecta terrenos de cultivo y carretera de acceso.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de San Martín			
San Martín de Cumbaza Tarapoto (9276664; 350350)	Pendiente baja del terreno, y deforestación intensa. Como factor detonante la precipitación pluvial intensa.	La extensión afectada por la inundación fue de 750 m x 500 m. La altura de la terraza con respecto al nivel de las aguas, en el momento de la inspección (octubre 2007) fue de 1,00 m. El río Cumbaza, en este sector es de tipo meándrico, por lo que tiende a variar de curso. Según versiones de los lugareños, en el año 2007, la altura alcanzada por las aguas sobre el nivel de la terraza es de 2,00 m. En este sector, en tiempos de estiaje, hacia la margen derecha del río Cumbaza se forma un brazo. Cuando hay crecida excepcional, el cauce del río principal se une con este brazo y causa inundación en toda la llanura.	Afecta terrenos de cultivo y carreteras de acceso.
Las Palmas La Banda del Shilcayo (9277844; 350619)	Terreno de pendiente baja, con ocupación antrópica inadecuada, deforestación y naturaleza del suelo incompetente. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	La extensión afectada por la inundación fue de 1000 m x 700 m. La altura de la terraza en el momento de la inspección (octubre 2007) fue de 1,00 m. Según versiones de los lugareños la altura que alcanzan las aguas, sobre el nivel de la terraza, generalmente es de 1,50 m. También se generan erosiones fluviales.	Afecta terrenos de cultivo y carreteras de acceso.
San Juan de Cumbaza Tarapoto (9227982; 348658)	Pendiente baja del terreno, naturaleza del suelo incompetente, la ocupación antrópica es inadecuada, la deforestación es intensa, la colmatación del cauce. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	La extensión afectada por la inundación fue de 750 m x 300 m. Según versiones de los lugareños la altura que alcanzan las aguas, sobre el nivel de la terraza, por lo general, es de 1,00 m.	En el año 1997 el centro poblado de San Juan de Cumbaza fue reubicado hacia la parte de la lomada.
Santa Rosa de Cumbaza Tarapoto (9278527; 347963)	Terreno de pendiente baja, con ocupación antrópica inadecuada, naturaleza del suelo incompetente y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	La extensión afectada por la inundación fue de 1 250 m x 1 000 m. Según versiones de los lugareños, en tiempos de crecidas excepcionales, la altura que alcanzan las aguas sobre el nivel de la terraza es de 3,00 m. En el año 2007 las aguas llegaron hasta el mismo centro poblado. Este río es de tipo meándrico. También se generan erosiones fluviales.	Afectó a viviendas, puente vial (destrucción total), terrenos de cultivo y carreteras de acceso.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de San Martín			
Quebrada Chupishiña Cacatachi (9285300; 339300)	Pendiente baja del terreno, deforestación, dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente y río de tipo meándrico. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	La inundación se da por la margen derecha afectando a la zona urbana. La erosión fluvial se presenta por la margen izquierda, y ha erosionado un tramo de 100 m. Se producen también erosiones fluviales.	Ha afectado a 10 viviendas ubicadas cerca del borde de la terraza.
Provincia El Dorado			
Quebrada Yuracyacu Aguas Blancas (9256250; 312250)	Pendiente del terreno, deforestación, dinámica fluvial y naturaleza del suelo incompetente. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	El área inundable es de 6000 m x 400 m. La quebrada Yuracyacu presenta una pendiente menor a 1°. Las inundaciones en tiempos de crecida normal afecta a terrenos de cultivo, en tiempos de crecidas excepcionales las aguas llegan hasta las viviendas del centro poblado. Cuando crece intempestivamente el río Sisa, la quebrada Yuracyacu queda represada, entonces se produce la inundación por los bordes de la quebrada.	Afecta a viviendas, terrenos de cultivo de arrozales, carretera de acceso y pozo séptico.
Quebrada Shapando Aguas Blancas (9255600; 312800)	Pendiente del terreno, dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Las inundaciones en tiempos de crecida normal afecta a terrenos de cultivo, por crecidas excepcionales las aguas llegan hasta las viviendas del centro poblado. Cuando crece intempestivamente el río Sisa, la quebrada Shapando queda represada y se produce la inundación por los bordes de la quebrada. También se generan erosiones fluviales. El área inundable es de 4 000 m x 250 m.	Afecta a viviendas, terrenos de cultivos de arrozales, carretera de acceso.
Nueva Esperanza – Quebrada Andía Aguas Blancas (9259320; 313140)	Pendiente del terreno, dinámica fluvial naturaleza del suelo incompetente, deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	La quebrada Andía presenta una pendiente menor a 1°. Las inundaciones en tiempos de crecida normal afecta a terrenos de cultivo, en tiempos de crecidas excepcionales las aguas llegan hasta las viviendas del centro poblado. Cuando crece intempestivamente el río Sisa, la quebrada Andía queda represada, entonces se produce la inundación por los bordes de la quebrada. El área inundable es de 5 000 m x 500 m. También se generan erosiones fluviales, por ambas márgenes.	Afecta a viviendas, terrenos de cultivos de arrozales, y carretera de acceso.
Huaja San José de Sisa (9267800; 311987)	Pendiente del terreno, naturaleza del suelo incompetente, deforestación, y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	La quebrada Huaja presenta una pendiente menor a 1°. Las inundaciones en tiempos de crecida normal afecta a terrenos de cultivo y viviendas. Cuando crece intempestivamente el río Sisa, la quebrada Huaja queda represada, entonces se produce la inundación por los bordes de la quebrada. El área inundable es de 3 000 m x 50 m. También se generan erosiones fluviales por ambas márgenes.	Afecta a viviendas, y terrenos de cultivos de arrozales.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia El Dorado			
Sisa San José de Sisa (9268422; 312452)	Terreno de pendiente baja con ocupación antrópica inadecuada, dinámica fluvial, deforestación intensa, y naturaleza del suelo incompetente. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	El área inundable es de 1 000 m x 100 m. El río Sisa tiene una pendiente menor a 1°. La altura del borde de la terraza sobre las aguas, en el momento de la inspección era de 5 m (agosto 2007). Durante las últimas inundaciones, en el verano del 2007, las aguas alcanzaron una altura de 1,0 m. sobre la terraza. También se generan erosiones fluviales.	Afecta a viviendas, y terrenos de cultivos de arrozales.
Shatoja Shatoja (9274956; 311548)	Pendiente baja del terreno y dinámica fluvial del río Huayabamba. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Quebrada Shatoja, afluente del río Huallaga. Zona inundable por ambas márgenes. El área inundable es de 50 m x 2 000 m	Afecta a terrenos de cultivo.
San Pablo /Barrio Las Palmeras San José de Sisa (9246672; 326312)	Terreno de pendiente baja con ocupación antrópica inadecuada, dinámica fluvial, deforestación intensa y naturaleza del suelo incompetente. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Zonas inundables del río Sisa, por la margen izquierda. Río de tipo meandriforme. El área inundable es de 2 000 m x 200 m. En tiempo de crecida excepcional la altura de las aguas llega a alcanzar hasta 2m sobre el nivel de su terraza.	Ha dañado terrenos de cultivo y zonas de recreación del centro poblado San Pablo.
Provincia de Bellavista			
2 De Mayo San Pablo (9247248; 325970)	Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial del río Sisa, y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Zonas inundables del río Sisa, por ambas márgenes. Río de tipo meandriforme. El área inundable es de 300 m x 200 m. En tiempo de crecida excepcional la altura de las aguas llega a alcanzar hasta 1m sobre el nivel de su terraza. También se generan erosiones fluviales.	Mantener y ampliar la actual defensa ribereña. Daño viviendas y en la actualidad puede afectar a terrenos de cultivo.
Pausa Lamista San Pablo (9248950; 318750)	Pendiente baja del terreno, y dinámica fluvial del río Sisa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Zonas inundables de la quebrada Pausa Lamista. El área inundable es de 300 m x 200 m.	No permitir el crecimiento urbano sobre la zona inundable. Afectó a terrenos de cultivo.
Palestina/ Río Sisa San Rafael (9230282; 331044)	Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial del río Sisa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Zonas inundables del río Sisa, por ambas márgenes. Río de tipo meandriforme. El área inundable es de 1 000 m x 200 m. En tiempo de crecida excepcional, la altura de las aguas, llega a alcanzar hasta 1m sobre el nivel de su terraza. También se generan erosiones fluviales.	No permitir el crecimiento urbano hacia la margen derecha del río Sisa. Afectó a viviendas ubicadas en el puerto.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Bellavista			
Bellavista Bellavista (9218448; 325143)	Pendiente baja del terreno, y dinámica fluvial del río Huallaga. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Zonas inundables del río Huallaga, por ambas márgenes. Río de tipo anastomosado. El área inundable es de 1 000 m x 100 m. En tiempo de crecida excepcional la altura de las aguas alcanza hasta 1 m sobre el nivel de su terraza. La inundación suele llegar hasta la plaza de armas, como sucedió en el año 1987. En el año 1997, afectó las instalaciones del puerto. También se generan erosiones fluviales.	Reubicar las viviendas ubicadas cerca del puerto o realizar otro tipo de construcciones.
Santa Elena (Bajo Biavo) (9202372; 333815)	Pendiente baja del terreno, y dinámica fluvial del río Huallaga. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	El río es de tipo meándrico, con una pendiente menor a 1°. En tiempo de avenida normal las inundaciones llegan hasta los terrenos de cultivo, pero en tiempos excepcionales llega a afectar al centro poblado. La altura alcanzada por las aguas sobre la terraza fue de 1,80 m. El área que fue afectada por la inundación, en el año 2007, fue de 1 900 m x 6 000 m. La altura de la terraza en la inspección (octubre 2007) fue de 2,00m.	Afectó viviendas, las que, actualmente, han sido reubicadas. También dañó terrenos de cultivo y la carretera de acceso al centro poblado.
La Libertad/ San Rafael San Rafael (9222068; 338427)	Pendiente baja del terreno, y dinámica fluvial del río Huallaga. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Zonas inundables del río Huallaga, por ambas márgenes. Río de tipo anastomosado. El área inundable es de 750 m x 1000 m. En tiempo de crecida excepcional la altura de las aguas llega a alcanzar hasta 1,50 m sobre el nivel de su terraza y en el año 1997 las aguas llegaron hasta el centro poblado.	En el año 2007 afectó a viviendas de San Rafael. Se deben reubicar las viviendas que están cerca del puerto o realizar otro tipo de construcciones.
José Olaya Alto Biavo (9180622; 343637)	Pendiente baja del terreno, y dinámica fluvial del río Biabo. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Zonas inundables del río Biabo, por ambas márgenes. Río de tipo meándrico. El área inundable es de 850 m x 100 m. Cuando el río crece excepcionalmente, la quebrada Yuracyacu no tiene desfogue y se desborda generando la inundación. En tiempo de crecida excepcional la altura de las aguas llega a alcanzar hasta 1,50 m sobre el nivel de su terraza. En el año 2007 afectó a viviendas ubicadas cerca de su margen izquierda.	En el año 2007 afectó a viviendas de José Olaya. Dañó también a terrenos de cultivo. Reubicar las viviendas situadas cerca del puerto o hacer otro tipo de construcciones.
La Perla De Ponancillo Bajo Biavo (9203542; 356597)	Pendiente baja del terreno, y dinámica fluvial del río Ponancillo. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Zonas inundables del río Ponancillo, por ambas márgenes. Río de tipo meándrico. El área inundable es de 850 m x 100 m. Cuando el río crece excepcionalmente, la quebrada Yuracyacu no tiene desfogue y se desborda generando la inundación. En tiempo de crecida excepcional la altura de las aguas llega a alcanzar hasta 0,50 m sobre el nivel de su terraza. En el año 2007 afectó a viviendas ubicadas cerca de su margen izquierda.	En el año 2007 afectó a viviendas. Reubicar las viviendas cercanas a las zonas inundables. Afectó también los terrenos de cultivo y la carretera de acceso al centro poblado.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Bellavista			
Puerto Rios / Puerto Tarata Pajarillo (9213470; 3338866)	Pendiente baja del terreno, deforestación, dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	En este sector, el río Huayabamba es de tipo anastomosado. El área inundable es de 2 500 m x 800 m. Cuando se producen inundaciones de tipo excepcional, la altura de las aguas sobre la terraza llegan hasta 2 m.	La inundación afecta al puerto, por lo tanto, no hay comunicación con Pajarillo. Además, daña los terrenos de cultivo.
Nuevo Mundo Bajo Biavo (9213470; 3338866)	Pendiente baja del terreno, deforestación y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Río meándrico, con una pendiente menor a 1°. En tiempo de avenida normal las inundaciones perjudican los terrenos de cultivo y cuando el periodo es excepcional llegan hasta el centro poblado. La altura alcanzada por las aguas sobre la terraza fue de 1,50 m. En el año 2007 el área inundada fue de 1 250 m x 1 000 m. La altura de la terraza en la inspección (octubre 2007) fue de 1,50 m.	Afectó a viviendas que actualmente han sido reubicadas; también los terrenos de cultivo y la carretera de acceso al centro poblado.
Provincia de Mariscal Cáceres			
Puerto de Juanjuí Juanjuí (9205604; 309397)	Pendiente baja del terreno, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Es un área inundable del río Huallaga. La altura alcanzada por el agua sobre la terraza es hasta de 0,50 m. El área inundable es de 400 m x 50 m. Se presentan también erosiones fluviales. Por los años 90 en el puerto de Juanjuí, se registró una crecida que erosionó 30 m de tierra adentro, afectando a viviendas y caminos que se ubicaban en este sector.	Afecta al puerto de Juanjuí, donde las viviendas son de material noble.
Pachiza Pachiza (9192956; 304152)	Pendiente baja del terreno, y dinámica fluvial del río Huayabamba. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	En tiempos de crecida excepcional las inundaciones llegan hasta el centro poblado, las aguas alcanzan una altura de 0,40 m. Con avenida normal sólo afecta a terrenos de cultivos aledaños a su cauce. Este río es de tipo meándrico.	Afectó a viviendas del poblado de Pachiza, terrenos de cultivos de arrozales y la carretera de acceso a los terrenos de cultivo.
Huicungo Huicungo (9190932; 303428)	Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial, deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial.	El área inundable tiene una extensión de 100 x 500 m. Las inundaciones suceden con avenidas normales. El río Huayabamba es de tipo anastomosado. Se presentan también erosiones fluviales.	Afecta a viviendas ubicadas en el puerto, así como, la carretera de acceso al puerto.
Quebrada Shiruyco- Marichil Pajarillo (9203510; 317740)	Pendiente baja del terreno, y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial.	La extensión que abarca las inundaciones es de 350 m x 400 m. El río rectilíneo con una pendiente menor a 1°. Se presentan inundaciones excepcionales.	Afecta terrenos de cultivo y viviendas del área rural.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Mariscal Cáceres			
Puerto Ríos/Puerto Tarata Pajarillo (9204156; 310332)	Pendiente baja del terreno, y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial.	El río tiene una pendiente menor a 1° y es tipo anastomosado. La inundación es de tipo excepcional. El área inundable es de 2 500 m x 200 m. También se generan erosiones fluviales.	Ha afectado 25 viviendas ubicadas entre el puerto y el área rural, al igual que la carretera de acceso al puerto y terrenos de cultivo.
Juanjuicillo Juanjuí (9205474; 308820)	Pendiente baja del terreno, llanura inundable, deforestación y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial.	El área inundable es de 2 500 m x 250 m. El río es de tipo rectilíneo, con una pendiente menor a 1°. La altura alcanzada por el agua es de 0,50 m, sobre el nivel de la terraza. La inundación se da con crecida normal, aumenta cuando el río Huallaga crece repentinamente y represa a la quebrada afluyente llegando ésta a desbordarse por el lado de sus márgenes. También se generan erosiones fluviales.	Afecta a la zona urbana y también los terrenos de cultivo
Cruce frente a Tingo de Saposoa y Tingo de Saposoa Tingo de Saposoa (9216050; 318750)	Terraza baja, pendiente baja del terreno, deforestación, dinámica fluvial, y el río es de tipo meándrico, con una pendiente menor a 1°. El factor detonante es la precipitación pluvial.	Cuando inunda, la altura del agua sobre el nivel de la terraza llega hasta 0,30 m. El área de inundación es de 800 m x 300 m. Se presentan inundaciones excepcionales, la última se produjo en el año 1972. Hace 10 años atrás, cuando el río Huallaga migró hacia la margen derecha, erosionó a la terraza en un tramo de 100 m tierra adentro. Actualmente hay un dique natural (afloramiento de areniscas).	Afectó viviendas, los terrenos de cultivos y las carreteras de acceso al centro poblado.
San Martín Juanjuí (9212700; 314500)	Pendiente baja del terreno, deforestación, y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial.	Río Huallaga de tipo anastomosado, por la margen izquierda se ha formado un brazo. La zona inundable es 2 000 m x 750 m. Al frente se ha formado una isla, que en tiempo de lluvias excepcionales se llega a cubrir completamente con el agua.	Afecta a terrenos de cultivo y dañó la carretera de acceso a Tingo de Saposoa.
Provincia de Huallaga			
El Galón Tingo de Saposoa (9216420; 318000)	Pendiente baja del terreno, deforestación, y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial.	El río Saposoa es de tipo anastomosado. Inundaciones de tipo excepcional. Cuando se presentan las inundaciones, éstas se dan en una extensión de 200 m x 200 m. El agua llega a alcanzar hasta 1 m de altura sobre el nivel de la terraza.	Afecta los terrenos de cultivo.
Cruce frente a Tingo de Saposoa Tingo de Saposoa (9216050; 318750)	Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial.	El río Saposoa es de tipo anastomosado. Inundaciones de tipo excepcional, por la margen izquierda del río Saposoa. Las inundaciones se presentan en una extensión de 300 m x 800 m. El agua llega alcanzar hasta 0,30 m de altura sobre el nivel de la terraza.	Afectó a terrenos de cultivo y a la carretera marginal.
Pasaraya Alto Saposoa (9251850; 299800)	Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial.	Río Saposoa es de tipo meándrico. Inundaciones de tipo ocasional. El área inundable es de 1 000 m X 200 m por la margen derecha. El nivel de las aguas llega a subir hasta 1 m sobre el nivel de la terraza.	Afectó a terrenos de cultivo, estadio de Pasaraya y viviendas ubicadas en su borde.



Foto 6.11 Inundaciones del río Tonchima generada el 07 de noviembre del 2007.



Foto 6.12 Puente Tonchima, se aprecia erosiones fluviales sobre la margen derecha. (junio del 2007).



Foto 6.13 Sector de Las Flores de Mamonaquihua, área sujeta a inundaciones.



Foto 6.14 Terrazas bajas inundables, sector de Naranjos (Pardo Miguel).



Foto 6.15 Sector de Mashia, se aprecia la margen derecha del río, terraza baja inundable.



Foto 6.16 Zona de Huicungo, margen derecha del río Huayabamba, en tiempos de crecida llega a inundar el sector del puerto.

Cuadro 6.6
Principales erosiones fluviales que se presentan en la región

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Moyobamba			
Guillermo Yantalo (9340550; 278100)	Dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, ocupación inadecuada del suelo.	Erosión fluvial por la margen derecha del río Mayo. Río de tipo meándrico. El tramo afectado es de 100 m. En tiempos de crecida excepcional llega a inundar este sector.	Afectó el puerto de acceso al caserío de Guillermo.
Caserío La Unión Soritor (9300482; 268830)	Dinámica fluvial, naturaleza del suelo, pendiente del terreno, ausencia de vegetación y precipitaciones pluviales.	Erosión fluvial por la margen izquierda del río Occhique. Río de tipo rectilíneo. Está erosionando un tramo de 100 m. Suelo conformado por gravas y bloques englobados en una matriz arenolimsa, fácil de erosionar.	De continuar la erosión puede afectar un tramo de la carretera Moyobamba-San Marcos.
Provincia de Rioja			
Miguel Pardo-Naranjos Pardo Miguel (9365400; 222250)	Dinámica fluvial, suelo conformado por arenas de fácil erosión, deforestación, y precipitaciones pluviales.	Hay socavamiento en ambas márgenes al pie de las terrazas. El río es de tipo meándrico. El área afectada es de 100 m.	Ha afectado al poblado de Naranjos y terrenos de cultivo. Puede afectar al Puente Naranjos.
Nueva Esperanza Yorongos (9324392; 262300)	Dinámica fluvial, suelo conformado por arenas de fácil erosión, deforestación, y precipitaciones pluviales.	Erosión fluvial por la margen izquierda del río Occhique. El río es de tipo meándrico. La terraza está conformada por material no consolidado, como gravas englobadas en una matriz arenolimsa con algo de arcilla, todo ello es de fácil erosión.	De seguir la erosión puede afectar 400 m de la carretera Moyobamba-San Marcos.
Provincia de San Martín			
Quebrada Chupishiña Cacatachi (9285300; 339300)	Causas: dinámica fluvial, suelo incompetente (gravas y arenas), pendiente baja del terreno, deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.	Área sujeta erosión e inundación. Río de tipo meándrico. La erosión fluvial se presenta por la margen izquierda, y ha erosionado un tramo de 100 m. Se presentan también inundaciones por la margen derecha, en tiempos de crecidas de tipo excepcional.	Ha afectado a 10 viviendas ubicadas cerca del borde de la terraza
AA.HH. Cumbaza Morales (9284370; 346490)	Dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, deforestación, y precipitaciones pluviales.	La erosión se presenta por la margen izquierda del río Cumbaza, al igual que la inundación. La erosión se presenta en avenidas normales. El material que conforma la terraza son bolones, gravas, englobados en una matriz arenolimsa.	Ha afectado a viviendas y terrenos de cultivo.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de San Martín			
Puente Shilcayo Tarapoto (9282100; 349200)	Dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente (gravas, arenas), deforestación, y precipitaciones pluviales.	Erosión fluvial por la margen derecha del río Shilcayo. La terraza es de fácil erosión por estar conformada por un suelo de naturaleza incompetente (gravas, arenas y limos). La zona está siendo erosionada en 100 m.	Puede afectar a dos viviendas, ubicadas en la margen derecha.
AA.HH. Actual Morales (9282770; 346490)	Dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, deforestación, y precipitaciones pluviales.	La erosión fluvial e inundaciones se hacen presentes por la margen izquierda del río Cumbaza. La erosión se origina generalmente, con una avenida normal. Naturaleza del suelo incompetente (gravas, arenas y limos).	Ha afectado a viviendas y a los terrenos de cultivos.
Leoncio Prado / Brisas del Cumbaza Morales (9281990; 346777)	Dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente, deforestación, y precipitaciones pluviales.	La erosión se presenta por la margen derecha del río Cumbaza, sin embargo, por la margen izquierda se pueden presentar inundaciones. La erosión aparece con una avenida normal. El suelo está conformado por gravas englobadas en una matriz arenosa.	De seguir la erosión puede afectar las viviendas de Leoncio Prado.
Mirador Chumia Shapaja (9268250; 368700)	Dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente, deforestación, y precipitaciones pluviales.	La erosión se presenta por la margen izquierda del río Huallaga. El tramo erosionado es de 100 m. Naturaleza del suelo incompetente, (gravas englobadas en una matriz areno-limosa).	De seguir la erosión puede comprometer la carretera de acceso a Shapaja-Chazuta.
Río Mayo Juan Guerra (9271762; 355739)	Dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, deforestación, y precipitaciones pluviales.	La erosión se presenta por ambas márgenes del río Mayo. El tramo erosionado es de 500 m. Naturaleza del suelo incompetente conformados por arenas y limos. La altura de la terraza con respecto al nivel de agua es de 1,50 m.	Puede afectar al Puente de acceso a Tarapoto y dos viviendas ubicadas en la margen derecha.
Santa Luisa / Puente Pucayacu Juan Guerra (9274650; 352600)	Dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente (gravas y arenas), deforestación, y precipitaciones pluviales.	Erosión fluvial por la margen derecha del río Pucayacu. El tramo erosionado es de 80 m. Suelo conformado por gravas, arenas y limos.	Puede afectar al puente Pucayacu y un tramo de 40 m de la carretera a Tarapoto.
Provincia de Lamas			
Las Flores Lamas (9285298; 330050)	Dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente (gravas y arenas), deforestación y precipitaciones pluviales.	Erosión fluvial por la margen izquierda del río Mayo, en un tramo de 250 m. La terraza está conformada por gravas englobadas en una matriz arenolimosa, poco resistente a la erosión fluvial.	De seguir la erosión fluvial pueden ser afectadas las viviendas ubicadas cerca al borde de la terraza.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Lamas			
Estero Cuñunbuque (9279150; 336800)	Dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente (gravas y arenas), pendiente del terreno, deforestación, y precipitaciones pluviales.	Erosión fluvial por la margen izquierda del río Mayo, en un tramo de 150 m. La terraza está conformada por gravas englobadas en una matriz arenolimosa, poco resistente a la erosión fluvial. Río de tipo rectilíneo.	De seguir la erosión fluvial afectará los terrenos de cultivo y una vivienda ubicada al borde de la terraza.
Provincia de Picota			
Simón Bolívar Shamboayacu (9221638; 377021)	Dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente (gravas y arenas), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales.	Erosión fluvial por la margen derecha del río Shamboyacu, en un tramo de 200 m. La terraza está conformada por gravas englobadas en una matriz arenolimosa, poco resistente a la erosión fluvial. Río de tipo anastomosado. Brazo del río Shamboyacu ubicado sobre la margen derecha.	Afecta los terrenos de cultivo, más de seguir la erosión fluvial puede dañar viviendas.
Puente Vista Alegre / Jorge Chávez Shamboayacu (9220310; 378443)	Dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente (gravas y arenas), pendiente del terreno, y precipitaciones pluviales.	Erosión fluvial por la margen izquierda del río Shamboyacu, en un tramo de 50 m. La terraza está conformada por gravas englobadas en una matriz arenolimosa, poco resistente a la erosión fluvial. Río de tipo anastomosado. La altura de la terraza es de 1 m.	Daño terrenos de cultivo y al puente Shamboyacu.
Pucacaca / km 45+300–Carretera Tarapoto- Bellavista Buenos Aires (9248052; 352626)	Dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente (gravas y arenas), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales.	Erosión fluvial por la margen izquierda del río Huallaga, en un tramo de 250m. La terraza está conformada por gravas englobadas en una matriz arenolimosa, poco resistente a la erosión fluvial. Río de tipo anastomosado. La altura de la terraza es de 1 m.	La carretera Tarapoto-Picota ha sido afectada en un tramo de 200 m.
Provincia de Bellavista			
Nuevo Control Bajo Biavo (9214554; 353650)	Dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, y precipitaciones pluviales intensas.	Erosión fluvial por la margen derecha del río Bombonajillo, en un tramo de 250 m. La terraza está conformada por gravas englobadas en una matriz arenolimosa-arcillosa, algo resistente a la erosión fluvial. Río de tipo rectilíneo. La altura de la terraza es de 10 m.	Afectó a terrenos de cultivo y puede seguir perjudicándolos.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Causas o Factores Desencadenantes	Comentario Geodinámico	Daños Ocasionados o Probables
Provincia de Bellavista			
Nueva Lima Bajo Biavo (9216000; 337700)	Dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, deforestación y precipitaciones pluviales intensas.	Erosión fluvial por la margen derecha del río Bombonajillo, en un tramo de 200 m. La terraza está conformada por gravas englobadas en una matriz arenolimoso-arcillosa, algo resistente a la erosión fluvial. Río de tipo rectilíneo. La altura de la terraza es de 3 m. Por la margen izquierda se presentan inundaciones fluviales.	De seguir la erosión podría afectar a la carretera Nuevo Control – Bombonajillo en un tramo de 200 m.
Provincia de Huallaga			
Tingo de Saposoa Tingo de Saposoa (9215764; 318904)	Dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, deforestación y precipitaciones pluviales intensas.	Erosión fluvial por la margen izquierda del río Huallaga, en un tramo de 300m. La terraza está conformada por arenas con algo de grava, algo resistente a la erosión fluvial. Río de tipo anastomosado. La altura de la terraza es de 2 m. Según versiones de los lugareños el río ha migrado hacia la margen izquierda, donde erosionó 100 m. de terraza (tierra adentro).	De seguir la erosión puede afectar a viviendas, tal como ya lo hizo con los terrenos de cultivo.
Provincia de Mariscal Cáceres			
Juñao (Pajarillo) (9201668; 309866)	Dinámica fluvial, naturaleza del suelo incompetente, deforestación y precipitaciones pluviales intensas.	Erosión fluvial por la margen izquierda por la quebrada Juñao, en un tramo de 150 m. La terraza con una altura de 2 m y está conformada por arenas con algo de grava, y poco resistente a la erosión fluvial. Río de tipo rectilíneo.	Podría afectar al puente que comunica Juñao con Biavo.



Foto 6.17 Sector de Pucacaca, margen izquierda del río Huallaga. Carretera Tarapoto-Picota Km. 45+300, nótese que el río está erosionando este sector, muy cerca se encuentra el trazo de la carretera.



Foto 6.18 Sector Caserío La Unión, se aprecia la erosión fluvial del río Occhique sobre su margen derecha, puede afectar a la carretera de acceso.



Foto 6.19 Erosión fluvial por la margen izquierda del río Occhique, puede afectar a la carretera Soritor-San Marcos.



Foto 6.20 Sector Mirador de Chumia. Erosión fluvial por la margen izquierda del río Huallaga.

Otros Tipos de Peligros Geológicos

Estos tipos de peligros se refieren a procesos de erosiones de ladera, reptaciones de suelos, erosión fluvial y hundimientos, que se detallan a continuación.

Erosiones de ladera

Representan un porcentaje importante en la ocurrencia de otros peligros geológicos (8,00 %), encontramos en algunas áreas procesos desarrollados de erosión en cárcavas y en surcos, donde predomina la primera. Se extienden en centenas de metros, afectando terrenos de cultivo, pastoreo y tramos de carreteras.

Entre los principales tramos de carreteras afectados por este tipo de fenómeno tenemos:

- Carretera Fernando Belaúnde Terry, entre el tramo desvío a Moyobamba-Rioja.

Es afectada en el Km 337 al 390, se ven medidas correctivas, tales como muros de contrafuertes y también badenes. Se recomienda mantener dichas medidas.

- Carretera Fernando Belaúnde Terry, entre tramo del desvío a Lamas-Tabalosos.

Zona donde se presentan erosiones en cárcavas que afectan a la carretera. Como medidas correctivas se han construido alcantarillas de drenaje, las cuales, se recomienda hacer una limpieza después de un periodo lluvioso.

- Carretera Picota – Control.

Carretera afirmada que es afectada en el periodo lluvioso, por la activación de las erosiones en cárcavas. Es necesario construir alcantarillas y badenes.

- Sector de Tarapoto-Cainarachi

En este tramo carretero se observan varios tramos con erosiones en cárcavas. Como medidas correctivas se han construido alcantarillas y badenes. Estas obras de arte deben ser mantenidas después de cada periodo lluvioso.

Reptaciones de suelos

Se presentan en menor cantidad en la región y representan un 1,4% del total inventariado.

Este fenómeno se desarrolla en forma muy lenta a través del tiempo, pudiendo devenir en deslizamientos cuando las condiciones de inestabilidad de la ladera se incrementan, ya sea por causas antrópicas (por ejemplo corte para ejecutar obras civiles) y/o por

infiltración de aguas de lluvias al no existir un drenaje adecuado que permita la evacuación de agua de la ladera, impidiendo la infiltración.

En muchos cuerpos de deslizamientos antiguos y modernos se apreció este fenómeno y podemos identificarlos en los siguientes lugares:

- Carretera Tarapoto-Moyobamba.
- Valle del río Bombanajillo.
- Valle del río Biabo.
- Sector de Manomaquihua.
- Zapatero-Cuñunbuque.

En el sector de la carretera Tarapoto-Cainarachi también es posible observar erosiones en surcos, que están afectando a la carretera.

Hundimientos

Sólo se registró un evento de tipo hundimiento, en la carretera Moyobamba-Rioja. Aún existe la posibilidad que se presenten más de estos fenómenos, ya que se tiene afloramientos de calizas y presencia de aguas meteóricas, condiciones primordiales para la disolución de la caliza y la generación de cavidades, que al colapsar debido al exceso de peso en superficie, posibilitan que se produzcan hundimientos.

Encontramos este fenómeno en la zona noroeste de la región, y en los límites con la región Amazonas, cruzadas por el río Frontera y las nacientes del Huayabamba (Zona fotointerpretada).

En el tramo de carretera mencionado se observa un tramo de 50m que fue afectado, actualmente la carretera ha modificado su trazo.

ZONAS CRÍTICAS

Las zonas críticas se refieren a lugares que están expuestas a los peligros que pueden afectar a la población u obras de ingeniería, por lo tanto, para evitar daños es necesario que se realicen obras de prevención y/o mitigación para su disminución de los riesgos.

En el área se ha identificado un total de 125 zonas críticas (Gráfico 6.10), de las cuales 63 son por peligros hidrometeorológicos; 60 por los movimientos en masa, y 02 a otros tipos de peligros.

Según el gráfico 6.10, la mayoría de zonas críticas es por inundación, seguido de los movimientos en masa. Para una mejor explicación se ha dividido las zonas críticas por provincias.

En la cuadro 6.7 se muestran las zonas críticas.

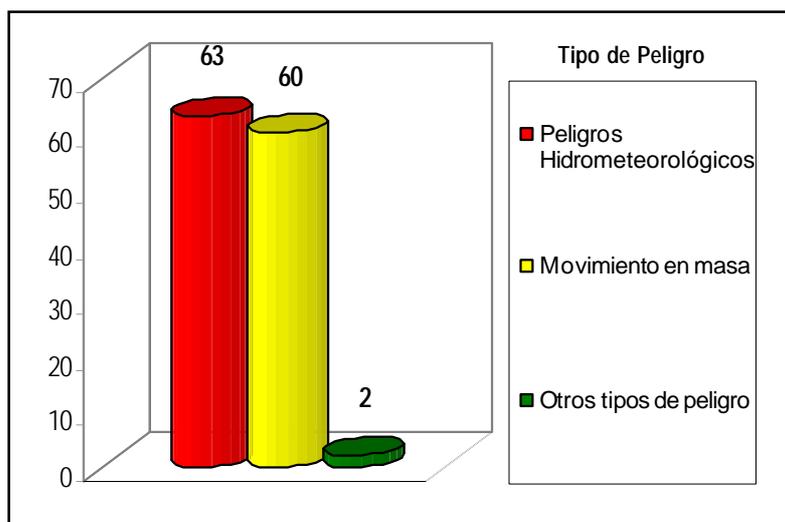


Gráfico 6.10 Distribución de zonas críticas según grupo de peligros geológicos.

PELIGRO SISMICO EN LA REGIÓN SAN MARTÍN

Generalidades

El Perú por su ubicación geográfica en la zona central y occidental de Sudamérica, presenta un territorio muy accidentado debido, principalmente, al proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana. Este proceso da origen a un gran número de sismos de diferentes magnitudes con focos a diversos niveles de profundidad y que han producido, en la superficie, distintos grados de destrucción. 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 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, los sismos en el Perú 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 sísmica histórica e instrumental presente en la región de San Martín. El importante 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 dentro de la región San Martín. De esta manera se espera contribuir a la zonificación del peligro sísmico.

Sismicidad histórica – San Martín

La historia sobre los acontecimientos sísmicos ocurridos en el Perú, ha sido descrita con detalle por Silgado (1978) sismos históricos de la región han producido diversos niveles de daño en las ciudades y localidades ubicadas en esta zona.

La descripción de los sismos más importantes que han producido daños en distintos puntos de la región nororiental del Perú, la cuenca alta del río Mayo, catalogada como zona altamente sísmica y con intensidades máximas observadas de grado X en la escala Modificada de Mercalli (MM), se detalla en el Cuadro 6.16, como ejemplo se tiene el sismo de Rioja, del 29 de mayo de 1990, con magnitud 6.4 en la escala de Richter, con epicentro en Rioja, en las cercanías de Pucatanbo, siendo las ciudades de Moyobamba, Rioja, Nueva Cajamarca y Soritor las más afectadas, ocasionó 70 muertos, más de 1 600 heridos y 6 000 viviendas dañadas, la mayoría de ellas eran de tapial y adobe.

También podemos mencionar el sismo de Moyobamba del 4 de abril de 1991 y el de Lamas-Moyobamba del 25 de septiembre del 2005 donde perecieron 5 personas, dejando además 25 personas heridas y más de 500 viviendas afectadas.

Cuadro 6.7
Zonas Críticas de la provincia de Moyobamba

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
La Gera Jepelacio (9324800; 292500)	Área susceptible a deslizamientos (rotacional y traslacional). Causas: Substrato de mala calidad (areniscas), pendiente del terreno, deforestación, excavaciones para el canal, precipitaciones pluviales y sismos. Estos fenómenos se han reactivado por el corte de talud para la carretera y canal. El deslizamiento más grande tiene un escarpe hasta de 180 m. y desniveles entre la escarpa y el pie del deslizamiento hasta de 100 m. de avance retrogresivo.	Puede afectar a la carretera así como el canal de acceso para la central hidroeléctrica Gera. Este sector ya ha sido afectado anteriormente.	Sistema de drenaje para las zonas con deslizamientos. Reforestar la zona. Señalar la carretera como zona inestable.
Gerilla Carretera Tarapoto-Moyobamba Jepelacio (9324083, 291492)	Área sujeta a deslizamientos. Causas: Substrato de mala calidad, naturaleza del suelo, pendiente del terreno, corte de talud para carretera y como factores detonantes las precipitaciones pluviales intensas y sismos. Deslizamiento rotacional cuya escarpa principal es de forma circular, continua, con una longitud de 400 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 200 m. El avance del deslizamiento es retrogresivo. Este deslizamiento ha obligado a cambiar el trazo de la carretera.	El deslizamiento rotacional afecta la carretera Fernando Belaunde Terry (Marginal de la Selva), en un tramo de 150 m. Esta carretera es muy transitada por transporte público y particular. Es necesaria la señalización de zonas inestables.	Se cambió el trazo de carretera. Mantener sistema de drenaje. Reforestar la zona.
Carretera FBT Km. 508 Jepelacio (9324650; 293300)	Área sujeta a deslizamientos. Causas: Substrato de mala calidad, rocas muy fracturadas, orientación desfavorable de las discontinuidades, pendiente del terreno, corte de talud para carretera, deforestación y como factores detonantes las intensas precipitaciones pluviales y sismicidad. Deslizamiento con escarpa de forma circular, continua, con una longitud de 200m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 160 m.	Afecta la carretera Fernando Belaunde Terry (Marginal de la Selva) en un tramo de 100 m, y terrenos de cultivo. Esta carretera es muy transitada por transporte público y particular. Es necesaria la señalización de las zonas inestables.	Mejorar sistema de drenaje, reforestar la zona.
Frente a San Miguel Jepelacio (9312580; 288200)	Área sujeta a deslizamientos. Causas: Substrato (areniscas) de mala calidad, pendiente del terreno, intensa deforestación, dinámica fluvial del río Gera, precipitaciones pluviales intensas, y sismicidad. La escarpa es de forma semicircular y continua, tiene una longitud de 250 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 120 m. Deslizamiento activo, de continuar su avance puede represar al río Gera.	Podría represar al río Gera, y un desembalse puede afectar a los centros poblados, obras de infraestructura y terrenos de cultivos ubicados aguas abajo.	Reforestar la zona. Banquetear el cuerpo del deslizamiento.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Pacaypite Jepelacio (9313750; 290150)	Área sujeta a flujos de detritos (huayco). Causas: Naturaleza del suelo, pendiente del terreno, deforestación y como factor detonante las precipitaciones pluviales intensas. Este flujo origina un depósito en forma de cono, conformado por material grueso en más de un 50% y es homogéneo (areniscas).	El poblado de Pacaypite se encuentra asentado sobre un antiguo cono de la quebrada.	Reforestar la zona. En la quebrada se deben colocar muros trasversales en forma sistemática, para atenuar la velocidad del flujo.
A 1 Km. del desvío de la carretera a Gera (Jepelacio) (9322316; 290478)	Área sujeta a deslizamientos. Causas: Substrato de mala calidad (areniscas y limolitas) y fracturado, pendiente del terreno, alternancia de rocas de diferente competencia, pendiente del terreno, corte de talud para carretera, deforestación intensa. En tiempos de lluvias se presentan filtraciones de agua que saturan el terreno. La escarpa es de forma semicircular, continua, tiene una longitud de 300 m. El desnivel entre la escarpa y el pie de deslizamiento es de 40 m. El salto principal es de 4 a 5 m, y los secundarios menores a los 2 m. En el cuerpo del deslizamiento se observan bloques sueltos con longitudes de hasta de 1,5 m y procesos de reptaciones de suelos. El pie del deslizamiento se considera como activo.	Este deslizamiento ya ha afectado a la carretera. De continuar el movimiento comprometería la carretera Moyobamba-Jepelacio en un tramo de 300 m.	Reforestar la zona. En el cuerpo del deslizamiento se debe hacer un sistema de drenaje para evitar las infiltraciones de agua.
Puerto Motillones Moyobamba (9336382; 280697)	Área sujeta a inundaciones fluviales. Causas: Pendiente del terreno, terraza baja, deforestación, y como factor detonante las precipitaciones pluviales. La terraza baja en el momento de la inspección presentaba una altura de 4m. El curso principal del río es de tipo meándrico. Las inundaciones se presentan en avenidas normales.	Afecta viviendas y terrenos de cultivos.	Reubicar las viviendas que se encuentran en las zonas inundables del río Mayo. Reforestar las riberas del río.
Puerto Tahuisco / Flor de Mayo Moyobamba (9333744; 282621)	Área sujeta a inundaciones. Causas: Pendiente baja del terreno, deforestación intensa, y como factor detonante las precipitaciones pluviales intensas. Área de terraza baja, en el momento de la inspección la terraza tenía una altura de 5 m. El curso principal del río es de tipo meándrico. Las inundaciones se presentan en avenidas normales.	Afecta viviendas y terrenos de cultivos.	Reubicar las viviendas ubicadas en las terrazas inundables del río Mayo. Reforestar las riberas del río.
Lucero Soritor (9312250; 270050)	Área sujeta a deslizamientos. Causas: Substrato de mala calidad, naturaleza del suelo, pendiente del terreno, rocas de diferente competencia, corte de talud, deforestación, factor detonante las precipitaciones pluviales. Este deslizamiento tiene una escarpa de tipo elongada y continúa, con una longitud de 30 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 100 m, la superficie de la escarpa es rotacional. Las rocas involucradas son areniscas con limolitas.	Este deslizamiento puede afectar 14 viviendas, centro educativo y tramo de carretera.	Reforestar la zona. Sellar las grietas del cuerpo del deslizamiento. Sistema de drenaje, como canales de coronación.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Unión Progreso Soritor (9313376; 269687)	Área sujeta a deslizamientos. Substrato de mala calidad, fracturado, conformado por rocas de diferente competencia (areniscas y limolitas); naturaleza del suelo; pendiente del terreno; deforestación; precipitaciones pluviales y sismos. Este deslizamiento tiene una escarpa de tipo semicircular y discontinua, con una longitud de 1 200 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 250 m, la superficie es rotacional. El deslizamiento represó al río Indoche. Se han presentado reactivaciones en dos sectores, causadas por el corte de talud de la carretera. Las escarpas de reactivación tienen longitudes entre 200 m a 300m. Este deslizamiento podría represar al río Indoche por la margen derecha.	De seguir las reactivaciones del deslizamiento podría represar al río Indoche. El desembalse traería problemas para los poblados ubicados aguas abajo.	Reforestar la zona. Mejorar el sistema de drenaje.
Sector Santa Rosa, Margen derecha del río Indoche Soritor (9314950; 270100)	Área sujeta a flujos de detritos (huaycos). Causas: Substrato de mala calidad, naturaleza del suelo, pendiente del terreno, deforestación, ausencia de vegetación, y como factor detonante las precipitaciones intensas. Se aprecia un antiguo flujo que formo un abanico y represó al río Indoche (margen izquierda). El flujo es de tipo excepcional.	Sobre el antiguo abanico se encuentran asentadas viviendas y terrenos de cultivo.	Reforestar la zona. Las viviendas asentadas sobre el antiguo abanico de la quebrada deben ser reubicadas. Colocar muros transversales a la quebrada, con la finalidad de atenuar la velocidad del flujo.
San Lorenzo Soritor (9314900; 267800)	Área sujeta a deslizamientos. Causas: Substrato de mala calidad, muy fracturadas (areniscas), de diferente competencia, naturaleza del suelo, pendiente del terreno, deforestación, precipitaciones pluviales y sismos. Este deslizamiento tiene una escarpa de tipo elongada, continua, con una longitud de 250 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 75 m. La superficie del deslizamiento es rotacional de tipo retrogresivo. Este deslizamiento podría represar la quebrada afluente al río Indoche.	Este deslizamiento destruyó viviendas y terrenos de cultivos.	Reforestar la zona. Las grietas del deslizamiento deben ser rellenadas con material del lugar e impermeabilizar la parte superior. El lugar debe ser constantemente vigilado. Las viviendas que se encontraron en el cuerpo del deslizamiento fueron reubicadas.
Puede afectar al puente colgante que comunica los poblados de Soritor y Lucero.	Área sujeta a flujos de detritos (huaycos). Causas: Substrato de mala calidad, naturaleza del suelo, pendiente del terreno, deforestación, y como factor detonante las precipitaciones intensas. El flujo es de tipo excepcional. En la desembocadura de la quebrada se forma un abanico.	Puede afectar al puente colgante que comunica los poblados de Soritor y Lucero.	Construir muros transversales en la quebrada, para atenuar la fuerza del flujo. Reforestar la zona.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
San Marcos Soritor (9310808; 265318)	Área sujeta a deslizamientos. Causas: Substrato (areniscas) de mala calidad y alteradas, naturaleza del suelo, pendiente del terreno, deforestación, y precipitaciones pluviales. El deslizamiento tiene una escarpa de tipo semicircular, discontinua, con longitud de 250 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 320 m, la superficie de la escarpa es rotacional. La velocidad del deslizamiento se estima en moderada. El avance de este deslizamiento es de tipo retrogresivo y va ensanchándose. Presenta agrietamientos desplazamiento vertical entre 0,10 a 0,20 m. y el desplazamiento horizontal hasta de 0,25 m.	Puede afectar al tanque de agua potable que abastece al poblado de San Marcos. Afecta a pastizales.	Reforestar la zona. Rellenar las grietas con material de la zona e impermeabilizar la parte superior. Hacer sistemas de drenaje para evitar la infiltración de agua en el terreno. Reubicar el tanque de agua.
Caserío La Unión Soritor (9300730; 268695)	Área sujeta a flujos de detritos (huayco). Causas: Substrato de mala calidad, naturaleza del suelo, pendiente del terreno, deforestación, y como factor detonante las precipitaciones intensas. Este flujo trae bloques de hasta 1m de longitud. En la desembocadura de la quebrada se forma abanico. Este flujo es de tipo excepcional.	Sobre el antiguo abanico se encuentran asentadas viviendas y terrenos de cultivo.	Reforestar la zona. Las viviendas asentadas sobre el antiguo como deben ser reubicadas.
Quebrada Progreso Soritor (9301870; 268126)	Área sujeta a flujos de detritos (huaycos). Causas: Substrato de mala calidad, naturaleza del suelo, pendiente del terreno, deforestación y como factor detonante las precipitaciones intensas. Entre los materiales que trae este flujo se tienen bloques hasta de 1 m de longitud. Se forma abanico, flujo de tipo periódico.	Afecta la carretera que comunica San Marcos con Alto Perú.	Reforestar la zona. Colocar muros transversales en la quebrada (atenuar la fuerza del flujo). Construir badén en la carretera.
Alto Perú/San Nicolas Soritor (9303460; 268059)	Área sujeta a flujos de detritos (huaycos). Causas: Substrato de mala calidad, naturaleza del suelo, pendiente del terreno, deforestación y como factor detonante las precipitaciones intensas. Entre los materiales que trae el flujo se tienen bloques hasta de 1 m de longitud. La quebrada en su desembocadura forma un depósito en forma de abanico. El flujo es de tipo excepcional.	Sobre el antiguo como del flujo se ubican viviendas y terrenos de cultivo.	Reforestar la zona. Las viviendas asentadas sobre el antiguo abanico deben ser reubicadas.
Quebrada Topal, Caserío Nuevo Horizonte Soritor (9307596; 266542)	Área sujeta a flujos de detritos (huaycos). Causas: Substrato de mala calidad, naturaleza del suelo, pendiente del terreno, deforestación y como factor detonante las precipitaciones intensas. Este flujo trae bloques de hasta de 1 m de longitud y en su desembocadura forma abanico. Es de tipo excepcional. Vale mencionar que está quebrada fue alimentada con material suelto que provino de los derrumbes ocasionados por el sismo del año 1991.	Afecta a la carretera San Marcos - Alto Perú en un tramo de 20 m. y terrenos de cultivo.	Reforestar la zona. Construir badén sobre carretera.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
<p>Puente Tonchima, Carretera Moyobamba – Rioja Km. 486+200, sector San Juan de Tangumi. Moyobamba (9330750; 262400)</p>	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Terraza baja, pendiente del terreno, dinámica fluvial, deforestación y como factor detonante las precipitaciones pluviales. Es una llanura inundable. Cuando se generó la inundación la altura alcanzada por las aguas sobre el nivel de la terraza llegó a 1,5 m. La avenida es de tipo excepcional. El curso principal del río es de tipo meándrico. El área que puede llegar a inundar es hasta 1,5 km en ambas márgenes.</p>	<p>Afecta a viviendas de San Juan de Tangumi, terrenos de cultivo. Están en riesgo las torres de alta tensión y postes de tendido eléctrico que van a Rioja.</p>	<p>Reforestar la zona. Canalizar la quebrada Tangumi. Los cultivos deben ser de tipo estacional. Reforzar las bases de las torres de alta tensión. Las alcantarillas ubicadas sobre la quebrada Tangumi deben ser reemplazados por un puente.</p>
<p>Puerto Los Ángeles Yantaió (9341600; 276300)</p>	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Terraza baja, pendiente del terreno, dinámica fluvial, deforestación, y precipitaciones pluviales intensas. Es una llanura inundable, la altura alcanzada por el agua sobre el nivel de la terraza es hasta 1,0 m. La altura de la terraza sobre el nivel de agua es de 3 m. La avenida es de tipo excepcional. El curso principal del río es de tipo meándrico.</p>	<p>Afecta a viviendas, así como, terrenos de cultivo y la carretera de acceso al puerto.</p>	<p>Reforestar la zona. Los cultivos deben ser de tipo estacional. Las viviendas ubicadas sobre el puerto deben ser reubicadas. Utilizar construcciones ligeras y sobre pilotes de madera o concreto.</p>
<p>Guillermo Yantaió (9340550; 278100)</p>	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Terraza baja con ocupación antrópica inadecuada, dinámica fluvial, deforestación, y precipitaciones pluviales intensas. En la llanura inundable la altura que alcanza el agua sobre el nivel de la terraza, en tiempos de crecida, es hasta 1,0 m. En el momento de la inspección (junio 2007) la altura de la terraza con respecto al nivel del cauce fue de 3 m. El curso principal del río es de tipo meándrico. Las inundaciones se presentan, generalmente, todos los años, en el periodo lluvioso.</p>	<p>Afecta a viviendas, puerto, terrenos de cultivo, y la carretera de acceso al puerto.</p>	<p>Reforestar la zona. Las viviendas ubicadas sobre el puerto deben ser reubicadas, o reemplazarlas por construcciones ligeras, que deben estar sobre pilotes de madera o concreto. Los cultivos deben ser de tipo estacional.</p>
<p>Valle de la Conquista, Puente Huasayacu. Moyobamba (9349862; 258508)</p>	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Terraza baja, pendiente del terreno, dinámica fluvial, deforestación, y precipitaciones pluviales intensas. Es una llanura inundable, la altura alcanzada por el agua sobre el nivel de la terraza es hasta 1,0 m. El curso principal del río es de tipo meándrico. Las inundaciones son periódicas se presentan, generalmente, todos los años, en el periodo lluvioso.</p>	<p>Afecta terrenos de cultivo, carretera que da acceso a los terrenos de cultivo y al centro poblado del valle de la Conquista-Pueblo Libre.</p>	<p>Reforestar la zona. Los cultivos deben ser de tipo excepcional. No permitir el crecimiento urbano hacia la zona inundable.</p>

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
El Edén Yantalo (9343200; 263220)	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Terraza baja con ocupación antrópica inadecuada, dinámica fluvial, deforestación, y precipitaciones pluviales intensas. Es una llanura inundable, la altura alcanzada por el agua es hasta 0,50 m. sobre el nivel de la terraza actual. En el momento de la inspección la altura de la terraza sobre el nivel de agua es de 3 m. El curso principal del río es de tipo meándrico. Las inundaciones se presentan, generalmente, todos los años, en el período lluvioso.</p>	<p>Afecta a viviendas, puerto, terrenos de cultivo, carretera de acceso al puerto.</p>	<p>Reforestar la zona. Es una medida preventiva que las viviendas ubicadas sobre el puerto deben ser reubicadas o reemplazarlas por construcciones ligeras y sobre pilotes de madera o concreto. Los cultivos deben ser de tipo estacional.</p>
Santa Catalina Moyobamba (9336600; 280700)	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Terraza baja, pendiente del terreno, dinámica fluvial, deforestación, y precipitaciones pluviales intensas. El curso principal del río es de tipo meándrico. Las inundaciones se presentan, generalmente, todos los años, en el período lluvioso.</p>	<p>Afecta terrenos de cultivo, también, carretera de acceso a los terrenos de cultivo y al centro poblado Valle de la Conquista.</p>	<p>Reforestar la zona. Los cultivos deben ser de tipo estacional.</p>
Ramírez Carretera Tarapoto- Moyobamba Jepelacio (9316980; 297321)	<p>Área sujeta a deslizamientos. Causas: Substrato de mala calidad, rocas muy fracturadas (areniscas y limolitas), naturaleza del suelo, pendiente del terreno, deforestación y corte de talud para carretera; como factores detonantes tenemos las precipitaciones pluviales y sismos. La escarpa es de forma circular y continua, presenta una longitud de 500 m, el desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 200 m. La superficie del deslizamiento es de forma rotacional, en el cuerpo se presentan erosiones en cárcavas, en sectores se presentan hundimientos. La carretera en sectores presenta asentamientos. El deslizamiento se está reactivando.</p>	<p>Afecta la carretera Fernando Belaúnde Terry (Marginal) en un tramo de 200 m. De seguir la reactivación podría afectar hasta un tramo de 400 m. Esta carretera es muy transitada por transporte público y particular.</p>	<p>Como medidas correctivas se han colocado gaviones. La carretera necesita una señalización similar a la de zona de peligro. Reforestar la zona. Construir un sistema de drenaje.</p>

Cuadro 6.8
Zonas Críticas de la provincia de Lamas

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Km. 9 +100 Carretera Tarapoto-Lamas Lamas (9288762; 332706)	Área sujeta a deslizamientos. Causas: Substrato de mala calidad, alternancia de rocas de diferente competencia (areniscas y limolitas), orientación desfavorable de las discontinuidades, pendiente del terreno, infiltraciones de aguas subterráneas, precipitaciones pluviales y sismos. El deslizamiento es de tipo rotacional. La escarpa es de forma elongada, continua, con una longitud de 50 m, y el salto principal es de 64 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 160 m. El movimiento es de tipo retrogresivo.	Ha afectado el tramo de carretera Lamas-Tarapoto en 100 m.	Es necesario mejorar el sistema de drenaje.
Maceda Lamas (9283250; 333100)	Área sujeta a derrumbes. Causas: Erosión fluvial, substrato de mala calidad. Este derrumbe presenta una longitud de arranque de 300 m, el arranque es de forma regular, el tipo de rotura es mixto, es decir, tiene forma planar y en cuña. La altura de derrumbe es de 40m.	De seguir erosionando el río la margen derecha, es posible que el derrumbe llegue a afectar a las viviendas ubicadas cerca del borde de la terraza.	Las viviendas ubicadas cerca del borde de la terraza deben reubicarse. Es necesario reforestar las ribetas del río.
Carretera Tarapoto-Moyobamba. Churuyacu Lamas (9286738; 328311)	Área sujeta de deslizamientos y derrumbes: Causas: Rocas con estratificación a favor de la pendiente, intensas precipitaciones pluviales. Se observa en el cuerpo del deslizamiento bloques de rocas sueltos. El deslizamiento se reactivó en sectores por corte de talud.	Si se reactiva afectará la carretera Fernando Belaúnde Terry y podría interrumpir el paso a la ciudad de Tarapoto.	Implementar un sistema de drenaje. Forestar. Señalizar la carretera.
Shanao Shanao (9291200; 323700)	Área sujeta a flujos de detritos (huayco). Causas: Naturaleza del suelo, pendiente del terreno, material susceptible a la remoción, deforestación, y precipitaciones pluviales. Este flujo es de tipo excepcional. El material transportado está conformado por bloques (>50%) y en menor cantidad gravas y arenas, el tipo de material es homogéneo.	Podría afectar, parte del poblado de Shanao, que se encuentra ubicado en una parte del abanico (producto del flujo).	Reubicar viviendas ubicadas en el abanico y reforestar la zona.
Santa Ana Shanao (9283400; 332600)	Área sujeta a flujos de detritos (huayco). Causas: Naturaleza del suelo, pendiente del terreno, material susceptible a la remoción, deforestación, erosión fluvial y como factor detonante tenemos las precipitaciones pluviales. Este flujo es de tipo excepcional. El material transportado está conformado por bloques (>50%) y en menor cantidad gravas y arenas.	Puede afectar al poblado de Santa Ana, porque parte de este poblado se encuentra en la margen derecha del antiguo depósito proluvial.	Reubicar las viviendas que se encuentran en el cauce de la quebrada. Reforestar la zona. Construir diques trasversales a la quebrada.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Carretera FBT-Frente a Las Flores, margen derecha del río Mayo. Zapatero (9285150; 329850)	Área sujeta a flujos de detritos (huaycos). Causas: Naturaleza del suelo, pendiente del terreno, material susceptible a la remoción, deforestación, y precipitaciones pluviales. Este flujo es de tipo excepcional. El material transportado está conformado por bloques (>50%) y en menor cantidad gravas y arenas, el tipo de material es homogéneo. En el río Mayo, por la afluencia de material de la quebrada hacia el río, este último se está colmatando.	En la margen derecha se encuentran ubicadas viviendas que pueden ser afectadas.	Reubicar viviendas. Reforestar la zona. A lo largo de la quebrada hacer muros de pantalla, para atenuar los efectos del flujo.
Carretera FBT - Frente a San Antonio de Mayo Lamas (9285150; 329850)	Área sujeta a movimientos complejos (deslizamiento-flujo). Causas: Substrato de mala calidad, alternancia de rocas de diferente competencia (areniscas y limolitas) muy fracturadas; pendiente del terreno; deforestación; corte de talud de carretera, en el periodo lluvioso se presentan filtraciones de agua. Los factores detonantes son las precipitaciones pluviales y sismicidad. Corona tipo circular y continua. La longitud de la escarpa es de 100 m, el desnivel entre la corona y el pie del deslizamiento es de 200 m. Después del deslizamiento se generó el flujo.	Perjudica carretera Fernando Belaúnde Terry en un tramo de 100m. Esta carretera es muy transitada por transporte público y particular.	Como medidas correctivas se han construido drenes y obras de exquísima ingeniería vial. Señalización en la carretera para la zona de peligro.
Carretera FBT Km. 24+680 al 25+750 Lamas (9286204; 329190)	Área sujeta a deslizamientos. Se ha reactivado un deslizamiento en dos sectores. Las causas son substrato de mala calidad, alternancia de rocas de diferente competencia (areniscas y limolitas) muy fracturadas, pendiente del terreno, deforestación, corte de talud de carretera, y como factores detonantes las precipitaciones pluviales y sismicidad. En el periodo lluvioso se presentan filtraciones de agua. El deslizamiento presenta una escarpa tipo circular, continua, con una longitud de 750 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 240 m.	Afecta la carretera Fernando Belaúnde Terry en dos tramos de 100 m. cada uno. Esta carretera es muy transitada por transporte público y particular.	Es necesario mejorar el sistema de drenaje.
San Miguel Tabalosos (9330750; 262400)	Área sujeta a flujos de detritos (huaycos). Causas: Material suelto en el lecho de la quebrada, pendiente del terreno, deforestación, y como factor detonante las fuertes precipitaciones pluviales. Este flujo es de tipo excepcional. El flujo está conformado por bloques y gravas en más de un 50%, y el resto por arenas y limos.	Este poblado fue afectado el año 1990, trayendo como consecuencia pérdidas materiales y humanas. La expansión urbana está avanzando hacia la quebrada.	Reubicar viviendas construidas en el antiguo como deyectivo de la quebrada. Reforestar la zona. Sensibilizar a la población y autoridades sobre el tipo de peligro al que están expuestos.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Nazareth - Carretera Tarapoto-Moyobamba Km. 557+400 Tabalosos (9297620)	Área sujeta a derrumbes. Causas: Substrato de mala calidad, orientación desfavorable de las discontinuidades, pendiente del terreno, excavaciones para talud de carretera. El tipo de rotura es planar e irregular, con longitud de arranque de 100 m y altura de 50 m. En el cuerpo del derrumbe se observan bloques sueltos con tamaños menores a 0.50 m. Se pueden presentar deslizamientos traslacionales.	Afecta carretera Fernando Belaúnde Terry (Marginal) en un tramo de 100m. Esta carretera es muy transitada por transporte público y particular.	Se necesita mejorar el sistema de drenaje. Desquinchar bloques sueltos de los taludes. Reforestar la zona.
Pueblo Nuevo Tabalosos (9301200; 312100)	Área sujeta a deslizamientos. Causas: Substrato de mala calidad, rocas muy fracturadas, naturaleza del suelo, pendiente del terreno, excavaciones para talud de carretera, deforestación, precipitaciones pluviales. Este deslizamiento se considera como activo. La velocidad del fenómeno se estima que haya sido rápido. La escarpa es de forma circular, continua, con longitud de 200 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 200 m. Se observa material suelto en el cuerpo del deslizamiento, el cual puede generar derrumbes.	Afecta carretera Fernando Belaúnde Terry (Marginal) en un tramo de 150m. Carretera muy transitada por transporte público y particular.	Mejorar el sistema de drenaje. Banquetear el talud. Desquinchar los bloques sueltos inestables en el cuerpo del deslizamiento. Reforestar la zona.
Carretera FBT Km. 547+000 Tabalosos (9301430; 312391)	Deslizamiento traslacional. Causas: Substrato de mala calidad, alternancia de rocas de diferente competencia (areniscas y limolitas), orientación desfavorable de las discontinuidades, pendiente del terreno, corte de talud de carretera, intensa deforestación, como factores detonantes tenemos las precipitaciones pluviales y sismos. La forma de la escarpa es recta, continua con una longitud de 250 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 140 m. El salto principal varía entre 10 a 15 m. La superficie de la escarpa es plana. En el cuerpo del deslizamiento se presentan erosiones en cárcavas que forman conos de talud, que son zonas inestables.	Afecta la carretera Fernando Belaúnde Terry (Marginal) en un tramo de 400 m. Esta carretera es muy transitada por transporte público y particular.	Como medida correctiva se ha realizado una banquetea en el cuerpo del deslizamiento (parte media del cuerpo del deslizamiento). La carretera necesita una señalización de zona de peligro.
Carretera FBT - A 2 km. de Lejía Tabalosos (9304222; 308618)	Área sujeta a derrumbes. Causas: Substrato de mala calidad y muy fracturadas, naturaleza del suelo, pendiente del terreno, corte de talud de carretera e intensa deforestación. Los factores detonantes son las precipitaciones pluviales intensas y sismos. Este derrumbe presenta un tipo de rotura mixto (planar y cuña). La zona de arranque es de forma irregular y continua. La longitud de arranque es de 200 m. y su altura es de 80 m.	Afecta la carretera Fernando Belaúnde Terry (Marginal) en un tramo de 250m. Esta carretera es muy transitada por transporte público y particular.	Como medidas correctivas se han colocado gaviones. La carretera necesita una señalización en las zonas de peligro. Se necesita perfilar el talud de corte de la carretera. Reforestar la zona.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Las Flores de Mamaoquiha Cuñumbuque (9263500; 339300)	Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial, deforestación, y precipitaciones pluviales intensas. La extensión afectada por la inundación fue de 500 m. x 100 m. La altura que llegan las aguas sobre el nivel de la terraza, es hasta de 1,20m.	Las inundaciones producidas por avenidas normales afectan a terrenos de cultivos, y por avenidas excepcionales afecta a viviendas. Afecta también a carretera de acceso al centro poblado.	Reforestar la zona. Construir defensas ribereñas para evitar la erosión fluvial.
Pongo de Cainarachi Altura del Km. 57+700 carretera Tarapoto – Yurimaguas Cainarachi (9300700; 357450)	Área sujeta a inundaciones. Causas: Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial, deforestación, de ocupación y antrópica inadecuada. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. La altura de la terraza en el momento de la inspección (mayo 2007), era de 1,50m. El área inundada, alcanzó una extensión de 1 000 m x 800 m. El río es de tipo meándrico.	La inundación afecta a terrenos de cultivo (frutales), vivienda y puede afectar un tramo de la carretera Tarapoto – Yurimaguas en 500 m.	Reforestar la zona. Es muy importante, no permitir la construcción de viviendas en la zona inundable.
Carretera Tarapoto – Yurimaguas, Km. 46+880 Cainarachi (9294350; 358300)	Área sujeta a derrumbes. Causas: Pendiente del terreno, sustrato de mala calidad, rocas muy fracturadas y diaclasadas (areniscas), corte de talud para carretera, precipitaciones pluviales intensas y sismicidad. La longitud de la zona de arranque es de 120 m y con altura de 80 m. Tipo de fractura mixto y de forma irregular. En el cuerpo del derrumbe se presentan bloques sueltos que forman canchales, con tamaños de hasta 1,50m.	Afecta a la carretera en el Km. 46+880, en un tramo de 100 m.	Reforestar la zona. Hacer un sistema de drenaje, para evitar la infiltración de agua hacia el cuerpo del derrumbe. Banquetear el talud.
Carretera Tarapoto – Yurimaguas, Km. 41+000 Cainarachi (9290722; 360950)	Área sujeta a derrumbes. Causas: Pendiente del terreno, sustrato de mala calidad, rocas muy fracturadas y diaclasadas (areniscas), corte de talud para carretera, precipitaciones pluviales intensas y sismicidad. La longitud de la zona de arranque es de 300 m. y de altura 100 m. Este derrumbe tiene un tipo de fractura planar y de forma irregular. En el cuerpo del derrumbe se presentan bloques sueltos que forman canchales con tamaños menores a 1,20 m.	Afecta a la carretera en el km 41+000, en un tramo de 100 m.	Reforestar la zona. Hacer un sistema de drenaje, para evitar la infiltración de agua hacia el cuerpo del derrumbe. Banquetear el talud.

Cuadro 6.9
Zonas Críticas de la provincia de Rioja

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Puente colgante Yorongos Yorongos (9315000; 264350)	Área sujeta a erosiones e inundaciones fluviales. Causas: Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial, deforestación y como factor detonante las precipitaciones pluviales. Terraza formada por antiguos depósitos de río, es una llanura meándrica inundable. Este río con el tiempo cambia de curso. La longitud erosionada es de 100 m.	Afecta a terrenos de cultivo. Puede afectar las bases del puente colgante de Yorongos.	Reforestar la zona. Canalizar el río Tangumi. Los terrenos de cultivo deben ser estacionales. Reforzar las bases de la torres del alta tensión.
Caserío La Libertad Yorongos (9316930; 264616)	Área sujeta a deslizamientos. Causas: Substrato de mala calidad, rocas muy fracturadas, suelo de tipo incompetente, pendiente del terreno, dinámica fluvial y excavaciones para talud de carretera. Los factores detonantes son las precipitaciones pluviales y sismos. La escarpa es de forma semicircular y continua, con una longitud de 250 m. El desnivel entre la escarpa y pie del deslizamiento es 70 m.	Puede afectar la carretera Yorongos-San Marcos, el canal de regadío y los terrenos de cultivo.	Reforestar la zona. Revestir completamente el canal de regadío.
Puente Tangumi – Puerto San Juan Posic (9335200; 261201)	Área sujeta a inundación. Causas: Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial. Terraza formada por depósitos antiguos de río, es una llanura meándrica inundable. El río Tonchima por ser de tipo meándrico, con el tiempo cambia la dirección de cauce.	Afecta a terrenos de cultivo, puede afectar al puente Tangumi.	Reforestar la zona. Para el caso de la agricultura se deben realizar cultivos estacionales.
Nueva Esperanza Rioja (9329844; 250540)	Área sujeta a inundación. Causas: Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial, deforestación y como factor detonante las precipitaciones pluviales. Terraza formada por depósitos antiguos de río. Llanura meándrica inundable. El río Negro es de tipo meándrico, por lo que su cauce tiende a variar con el tiempo.	Afecta a terrenos de cultivo.	Reforestar la zona. Para el caso de la agricultura se deben realizar cultivos estacionales.
Jorge Chávez Pardo Miguel	Área sujeta a deslizamientos. Causas: Substrato de mala calidad, pendiente del terreno, rocas muy diaclasadas (areniscas), corte de talud para carretera, deforestación y como factor detonante las precipitaciones pluviales intensas y sismos. Presenta una escarpa de forma irregular, con una longitud de 300 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 180 m.	Afecta a la carretera Nieva-Rioja en un tramo de 150 m, vivienda y terrenos de cultivo.	Reforestar la zona. Mejorar el sistema de drenaje.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
El afluyente- Carretera Nieva-Rioja, Km. 391 +000 Pardo Miguel (9372986; 200885)	Área sujeta a deslizamientos. Causas: Substrato de mala calidad, material susceptible a la remoción, pendiente del terreno, rocas muy diclasadas, deforestación, precipitaciones pluviales intensas y sismos. Presenta una escarpa de forma semicircular, con una longitud de 450 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 100 m. Se han presentado reactivaciones.	Afecta a la carretera Nieva-Rioja en un tramo de 150 m, y terrenos de cultivo.	Reforestar la zona. Mejorar el sistema de drenaje.
Miguel Pardo-Naranjos Pardo Miguel (9365500; 222100)	Área sujeta a erosión e inundación fluvial. Causas: Naturaleza del suelo, terraza baja, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. Hay socavamiento, en ambas márgenes, al pie de las terrazas.	Afecta al poblado de Naranjos, y terrenos de cultivo.	Reforestar la zona. Colocar diques o gaviones en las riberas del río con la finalidad de atenuar la fuerza del río.
Yurayacu Yurayacu (9344372; 253249)	Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Terreno de pendiente baja con ocupación antrópica inadecuada, dinámica fluvial, deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. Llanura inundable, la altura alcanzada por el agua sobre el nivel de la terraza llega hasta 1,0 m. Las inundaciones son de tipo periódico. El curso principal del río es de tipo meándrico.	Afecta a viviendas próximas al cauce del río, terrenos de cultivo y carretera de acceso al puerto.	Las viviendas construidas sobre el puerto deben ser reubicadas o reemplazadas por construcciones ligeras y sobre pilotes de madera o concreto. Los cultivos deben ser de tipo estacional.
Puerto San Fernando San Fernando (9349906; 251055)	Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Pendiente baja del terreno, naturaleza del suelo (incompetente), dinámica fluvial, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. Es una llanura inundable, la altura alcanzada por el agua sobre el nivel de la terraza es hasta 1,0 m. El curso principal del río Mayo es de tipo meándrico. Las inundaciones se presentan, generalmente, todos los años, en el periodo lluvioso.	Afecta viviendas, los terrenos de cultivo y la carretera de acceso al centro poblado.	Reforestar la zona. Las viviendas, para no ser afectadas, deben ser reubicadas o reemplazadas por construcciones ligeras y sobre pilotes de madera o concreto. Los cultivos deben ser de tipo estacional.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Huatunplaya San Fernando (9352122; 251835)	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Terreno de pendiente baja, con ocupación antrópica inadecuada, naturaleza del suelo (incompetente), dinámica fluvial, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. Llanura inundable, la altura alcanzada por el agua sobre el nivel de la terraza actual es hasta 1,0 m. En el momento de la inspección la terraza tenía una altura de 4 m. El curso principal del río Mayo es de tipo meándrico. La inundación se presenta generalmente en el período lluvioso normal.</p>	<p>Afecta viviendas, los terrenos de cultivo y la carretera de acceso al centro poblado.</p>	<p>Reforestar la zona. Las viviendas, a fin de no ser afectadas deben ser reubicadas o reemplazadas por construcciones ligeras y sobre pilotes de madera. Los cultivos deben ser estacionales.</p>
Villa Florida, Surquillo San Fernando (9356988; 250484)	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Terreno de pendiente baja con ocupación antrópica inadecuada, naturaleza del suelo (incompetente), dinámica fluvial, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. La terraza, en el momento de la inspección, tenía una altura de 5 m. La altura de las aguas sobre la terraza en el período normal alcanza hasta 1,0 m, y en procesos excepcionales hasta los 3,0 m. El curso principal del río Mayo es de tipo meándrico.</p>	<p>Afecta viviendas, terrenos de cultivo, así como, la carretera de acceso al centro poblado.</p>	<p>Reforestar la zona. Las viviendas para no ser afectadas deben ser reubicadas o en todo caso ser construidas de material liviano y sobre pilotes de madera o concreto. Los cultivos deben ser de tipo estacional.</p>
Puerto José Olaya San Fernando (9360138; 248415)	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Terraza baja con ocupación antrópica inadecuada, terreno con pendiente baja, naturaleza del suelo (incompetente), dinámica fluvial, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. La terraza tiene una altura de 1,70 m. Durante las inundaciones las aguas del río alcanzan los 0,50 m sobre la terraza. El curso principal del río Mayo es de tipo meándrico. Las inundaciones se presentan, generalmente, en el período lluvioso normal.</p>	<p>Afecta viviendas, terrenos de cultivo y la carretera de acceso al centro poblado.</p>	<p>Reforestar la zona. Las viviendas para no ser afectadas deben ser reubicadas o en todo caso ser construidas de material liviano y sobre pilotes de madera o concreto. Los cultivos deben ser de tipo estacional.</p>
San Francisco Awajún (9360888; 243480)	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Con ocupación antrópica inadecuada, terraza baja, pendiente del terreno, naturaleza del suelo (incompetente), dinámica fluvial, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El curso principal del río Mayo es de tipo meándrico. La inundación que se presenta, generalmente, en el período lluvioso normal afecta a terrenos de cultivo, pero, en un período excepcional la inundación llegan a la Plaza de Armas.</p>	<p>Afecta viviendas, terrenos de cultivo y la carretera de acceso al centro poblado.</p>	<p>Reforestar la zona. Las viviendas deben ser reubicadas o en todo caso deben ser construidas de material liviano y con pilotes de madera o de concreto. Los cultivos deben ser de tipo estacional.</p>

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Puerto Guayaquil Awajún (9362944; 242657)	Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Terreno de pendiente baja con ocupación antrópica inadecuada, naturaleza del suelo (incompetente), dinámica fluvial, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. La altura de la terraza al momento de la inspección (junio 2007) era de 2 m. El curso principal del río Mayo es de tipo meándrico. Cuando se presentan la inundación, según versiones de los lugareños, la altura de las aguas sobre el nivel de la terraza llega hasta 1,00m. La inundación que se da en el periodo lluvioso normal afectan a terrenos de cultivo, y las excepcionales llegan a la Plaza de Armas.	Afecta viviendas, terrenos de cultivo y carretera de acceso al centro poblado.	Reforestar la zona. Las viviendas, a fin de no ser afectadas deben ser reubicadas o en todo caso deben ser construidas de material liviano y sobre pilotes de madera o de concreto. Los cultivos deben ser de tipo estacional.
San Juan – Puente Soritor Nueva Cajamarca (9351554; 240080)	Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Terraza baja con ocupación antrópica inadecuada, naturaleza del suelo (incompetente), dinámica fluvial, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. La altura de la terraza al momento de la inspección (junio 2007) era de 1 m. El curso principal del río Soritor es de tipo meándrico. La inundación que se presenta, generalmente, en el periodo lluvioso normal afecta a terrenos de cultivo, pero la excepcional llega a la zona urbana.	Afecta viviendas, los terrenos de cultivo y la carretera de acceso al centro poblado.	Reforestar la zona. Las viviendas deben ser reubicadas o en todo caso ser construidas de material rústico y sobre pilotes de madera con el fin de evitar la inundación. Los cultivos deben ser de tipo estacional.
Camino a Florida Nueva Cajamarca (9343094; 243064)	Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Terraza baja con ocupación antrópica inadecuada, naturaleza del suelo (incompetente), dinámica fluvial, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. La altura de la terraza al momento de la inspección (junio 2007) era de 1,00 m. El curso principal del río Yuracyacu es de tipo meándrico. La inundación que se presenta, generalmente, en el periodo lluvioso normal afecta a terrenos de cultivo, y en el periodo excepcional la inundación llega a las viviendas.	Afecta viviendas, los terrenos de cultivo y la carretera de acceso al centro poblado.	Reforestar la zona. Las viviendas deben ser reubicadas o en todo caso deben ser construidas con material liviano y sobre pilotes de madera o de concreto. Los cultivos deben ser de tipo estacional.
La Florida Nueva Cajamarca (9341240; 240796)	Área sujeta a erosiones e inundaciones fluviales. Causas: Pendiente baja del terreno, naturaleza del suelo (incompetente), dinámica fluvial, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El curso principal del río Yuracyacu es de tipo meándrico.	Puede afectar a puente vial. Existe el antecedente de destrucción total del puente.	Reforestar la zona. Colocar gaviones o enrocado al pie de los estribos del puente.
Naranjillo – Puente Naranjillo (Nueva Cajamarca) (9357250; 234900)	Área sujeta a erosiones e inundaciones fluviales. Causas: Terraza baja con ocupación antrópica inadecuada, naturaleza del suelo (incompetente), dinámica fluvial, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El curso principal del río Naranjillo es de tipo meándrico. La longitud erosionada es 100 m.	Puede afectar a viviendas ubicadas cerca de la terraza.	Reforestar la zona. Las viviendas deben ser reubicadas o construidas con material liviano, y sobre pilotes de madera o concreto.

Cuadro 6.10
Zonas Críticas de la provincia de San Martín

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Churmia Shapaja (9268532; 368911)	Área sujeta a flujos de detritos. Causas: Naturaleza del suelo, pendiente del terreno, morfología, deforestación y intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El flujo formó un abanico en su desembocadura, el material que se encuentra sobre la quebrada es homogéneo, los fragmentos son de formas subredondeadas, se observan bloques hasta de 1 m de diámetro.	Afecta un tramo de la carretera Chazuta-Tarapoto. Afectó badén de 15 m. Alimenta con material suelto al río Hualлага.	Reforestar la zona. Colocar muros transversales al cauce de la quebrada, para atenuar la fuerza del flujo.
Shapaja Shapaja (9272250; 360400)	Área sujeta a inundaciones: Causas: Pendiente baja del terreno, ausencia de vegetación, dinámica fluvial, deforestación intensa, y precipitaciones pluviales intensas. El río Hualлага en este sector está controlado estructuralmente, es de forma rectilínea. La terraza tiene una altura de 2 m. Las aguas cuando inundan llegan hasta una altura de 2 m sobre el nivel de la terraza.	Afecta al centro poblado de Shapaja, los terrenos de cultivo y la carretera de acceso.	Reforestar la zona. Es muy importante no permitir el crecimiento urbano hacia las terrazas inundables del río.
Shapaja Shapaja (9272800; 359850)	Área sujeta a flujos de detritos (huayco). Causas: Pendiente del terreno, deforestación intensa, dinámica fluvial, y material suelto en el lecho de la quebrada. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. Parte del centro poblado de Shapaja se encuentra asentado sobre un antiguo depósito proluvial (material traído por un huayco). Éste podría reactivarse.	Podría afectar al centro poblado de Shapaja, terrenos de cultivo y carretera de acceso.	Reforestar la zona. Es necesario sensibilizar a la población y a las autoridades y no permitir el crecimiento urbano hacia los bordes de las quebradas. Construir muros transversales al cauce de la quebrada para atenuar la fuerza del flujo.
Boca de Mayo Shapaja (9272120; 358350)	Área sujeta a derrumbes. Causas: Substrato de mala calidad, alternancia de rocas de diferente competencia, naturaleza del suelo (incompetente), deforestación, y corte de talud de carretera. Los factores detonantes son la precipitación pluvial intensa y sismos. La longitud de arranque es de 100 m. La altura es de 150 m. La ruptura de la roca es de tipo planar e irregular.	Afecta carretera Shapaja-Tarapoto en un tramo de 80 m.	Reforestar la zona. Si se amplía la carretera, hay que tener en consideración el fracturamiento que tiene a favor del talud.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Juan Guerra Juan Guerra (9273600; 353000)	<p>Área sujeta a erosiones de ladera. Causas: Substrato de mala calidad, alternancia de rocas de diferente competencia (areniscas con limolitas), pendiente del terreno, y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. La erosión es de tipo cárcavas, se pueden generar flujos.</p>	<p>Afecta a terrenos de cultivos y local de depósito.</p>	<p>Reforestar la zona.</p>
Santa Luisa – Puente Pucayacu Juan Guerra (9274650; 352600)	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Pendiente baja del terreno, naturaleza del suelo incompetente, ocupación antrópica inadecuada y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. Terraza baja inundable. En tiempos de crecidas excepcionales las aguas pueden llegar hasta las viviendas del centro poblado de Santa Luisa.</p>	<p>Afecta a terrenos de cultivos y viviendas de Santa Luisa.</p>	<p>Reforestar la zona. Proteger los estribos del puente Pucayacu, colocando enrocado u otra medida de reforzamiento, para evitar la erosión fluvial.</p>
Pilluana – domo de Pilluana – Quebrada Desaguadero Sauce (9252702; 362235)	<p>Área sujeta a derrumbes. Causas: Substrato de mala calidad (Domo de sal), naturaleza del suelo incompetente, dinámica fluvial, deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. Este derrumbe se presenta en la ladera de un domo de sal, el tipo de ruptura es planar. La longitud de arranque es de 1250 m, la altura del desnivel es entre 100 a 150 m. En el sector de Pirohuasi el derrumbe obtuvo la quebrada Desaguadero, por lo que la represó parcialmente. Como se trata de un domo de sal, las aguas fácilmente se infiltraron subterráneamente y a una distancia de 1500 m aguas abajo afloran nuevamente. Esto ha dado como consecuencia que las aguas se carguen o transporten en suspensión y solución mayores cantidades de sales, causando una contaminación natural de las aguas de la quebrada Desaguadero. La quebrada Desaguadero al confluir en la quebrada Misquiyacu, ha causado la contaminación de estas aguas. Estas aguas servían para el consumo humano de Pilluana, regadío de cultivos y para consumo del ganado.</p>	<p>Se ha dado una contaminación natural de las aguas de las quebradas Desaguadero y Misquiyacu.</p>	<p>Reforestar la zona. Canalizar las aguas de la quebrada Desaguadero antes que desemboquen a la quebrada Misquiyacu, para evitar su contaminación, éstas deben canalizarse hasta el río Huallaga, donde se van a diluir.</p>

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Ulcuarca (Alberto Leveau) (9263250; 357700)	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales.</p> <p>Causas: Pendiente baja del terreno, naturaleza del suelo incompetente, ocupación antrópica inadecuada y deforestación intensa.</p> <p>El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.</p> <p>En tiempos de avenidas normales las aguas llegan a inundar a terrenos de cultivos, pero en crecidas excepcionales las aguas llegan hasta las viviendas del centro poblado.</p> <p>La extensión afectada por la inundación fue de 1 000 m x 200 m. Según versiones de los lugareños la altura de las aguas sobre la terraza en tiempos de crecidas excepcionales es de 1,50 m.</p>	<p>Las inundaciones en tiempos normales afectan a terrenos de cultivos y en periodos excepcionales llega a dañar las viviendas del centro poblado.</p>	<p>Reforestar la zona.</p> <p>Los cultivos deben ser selectivos.</p> <p>No permitir el crecimiento urbano con dirección a la ribera del río.</p>
Antiguo Juan Guerra Juan Guerra (9271518; 352925)	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales.</p> <p>Causas: Pendiente baja del terreno, naturaleza del suelo incompetente, ocupación antrópica inadecuada, y deforestación intensa. Se puede considerar como otra causa el crecimiento intempestivo del río Mayo originando el represamiento del río Cumbaza sobre el río Mayo, dando origen al desborde del río Cumbaza. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.</p> <p>En tiempos de avenidas normales las aguas llegan a inundar a terrenos de cultivos, en crecidas excepcionales llegan hasta las viviendas. La extensión afectada por la inundación es de 2 000 m x 1 200 m. Según versiones de los lugareños la mayor crecida se ha dado en el año 1978, donde la altura de las aguas sobre la terraza llegó a 4,50 m, y la inundación llegó a la Plaza de Armas.</p> <p>La altura de la terraza en el momento de la inspección (octubre 2007) fue de 2,00m. El río Cumbaza es de tipo meándrico, por lo que tiende a variar de curso.</p>	<p>En el año 1978 este centro poblado sufrió una inundación, obligando a su reubicación.</p> <p>Actualmente existen aún algunas viviendas, en la zona que fue afectada por el río Cumbaza.</p> <p>Afectó también a terrenos de cultivo y carreteras de acceso.</p>	<p>Reforestar la zona.</p> <p>No se debe permitir el crecimiento urbano hacia la zona inundable.</p>
Tres de Octubre Tarapoto (9275503; 350793)	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales.</p> <p>Causas: Pendiente baja del terreno, naturaleza del suelo incompetente, ocupación antrópica inadecuada y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.</p> <p>La extensión afectada por la inundación fue de 1 500 m x 500 m. La altura de la terraza en el momento de la inspección (octubre 2007) fue de 0,50 m. El río Cumbaza es de tipo meándrico, por lo que tiende a variar de curso.</p>	<p>Afecta terrenos de cultivo y carreteras de acceso.</p>	<p>Reforestar la zona.</p> <p>No permitir el crecimiento urbano hacia la zona inundable.</p>

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
San Martín de Cumbaza Tarapoto (9276664; 350350)	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales.</p> <p>Causas: Terreno con pendiente baja con ocupación antrópica inadecuada, naturaleza del suelo incompetente, y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.</p> <p>La extensión afectada por la inundación fue de 750 m x 500 m. La altura de la terraza en el momento de la inspección (octubre 2007) fue de 1,00 m. El río Cumbaza es de tipo meándrico, por lo que tiende a variar la dirección de su curso. Según versiones de los lugareños la altura alcanzada de las aguas sobre el nivel de la terraza es de 2,00 m.</p> <p>En tiempos de crecida excepcional el río principal se une con el brazo, originado una zona de inundación.</p>	<p>Afecta terrenos de cultivo y carreteras de acceso.</p>	<p>Reforestar la zona.</p> <p>No se debe permitir el crecimiento urbano hacia la zona inundable.</p>
Las Palmas La Banda del Shilcayo (9277844; 350619)	<p>Área sujeta a inundaciones fluviales.</p> <p>Causas: Pendiente baja del terreno, naturaleza del suelo incompetente, ocupación antrópica inadecuada y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.</p> <p>La extensión afectada por la inundación fue de 1 000 m x 700 m. La altura comprendida entre la terraza y el nivel de agua en el momento de la inspección (octubre 2007) fue de 1,00 m. Según versiones de los lugareños la altura alcanzada por las aguas sobre el nivel de la terraza en el año 2007 fue de 1,50m.</p>	<p>Afecta terrenos de cultivo y carreteras de acceso.</p>	<p>Reforestar la zona.</p> <p>No permitir el crecimiento urbano hacia la zona inundable.</p>
Carretera Tarapoto – Yurimaguas Km. 37+450 La Banda de Shilcayo (9288978; 360758)	<p>Área sujeta a deslizamientos.</p> <p>Causas: Pendiente del terreno, substrato de mala calidad, rocas muy fracturadas y diaclasadas (areniscas), y corte de talud para carretera. Los factores detonantes son la precipitación pluvial intensa y sismos.</p> <p>Deslizamiento traslacional, su escarpa es recta, con una longitud de 100 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 100 m.</p>	<p>Afecta a la carretera en el km 37+500, en un tramo de 100 m.</p>	<p>Reforestar la zona.</p> <p>Mejorar el talud de corte.</p>
Pucacaca de Mayo Cuñambuque (9281194; 334719)	<p>Área sujeta a deslizamientos.</p> <p>Causas: Substrato de mala calidad, naturaleza del suelo, pendiente del terreno, se pueden generar reactivaciones, por la intensa deforestación y la ocupación antrópica inadecuada.</p> <p>Los factores detonantes son la precipitación pluvial intensa y sismos.</p> <p>Deslizamiento tipo rotacional. Presenta una corona de tipo semicircular, continua con superficie rotacional y con longitud de 250 m. El desnivel entre la corona y el pie del deslizamiento es de 120 m.</p>	<p>No se han registrados daños. Pero de seguir la actividad antrópica inadecuada (deforestación y cambios en el talud) el deslizamiento se va a reactivar.</p>	<p>Reforestar la zona.</p> <p>No permitir el crecimiento urbano dentro de la zona del deslizamiento.</p> <p>No hacer cambios en el talud del deslizamiento.</p>

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Carretera Cuñumbuque- Estero-Km 15 Cuñumbuque (9278106; 336874)	<p>Área sujeta a deslizamientos.</p> <p>Causas: Substrato de mala calidad, naturaleza del suelo, pendiente del terreno y alternancia de rocas de diferente competencia. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.</p> <p>Este deslizamiento presenta una corona de tipo semicircular-continua, con 150 m de longitud y superficie de deslizamiento rotacional. El desnivel entre la corona y el pie del deslizamiento es de 170 m. El deslizamiento se ha reactivado en forma de derrumbes por el corte del talud para la carretera. Los derrumbes afectan a la carretera en dos tramos de 100 m cada uno, con alturas de hasta 40m.</p>	<p>No se han registrados daños. Pero de seguir la actividad antrópica inadecuada (deforestación y cambios en el talud) este deslizamiento se va a reactivar y afectar a todo el centro poblado.</p>	<p>Reforestar la zona.</p> <p>No se debe permitir el crecimiento urbano dentro de la zona del deslizamiento.</p> <p>No hacer cambios en el talud del deslizamiento.</p>
Santa Rosa de Cumbaza Tarapoto (9278527; 347963)	<p>Área sujeta a inundaciones fluviales.</p> <p>Causas: Pendiente baja del terreno, naturaleza del suelo incompetente, ocupación antrópica inadecuada, y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.</p> <p>La extensión afectada por la inundación fue de 1 250 m x 1 000 m. Según versiones de los lugareños en tiempos de crecidas excepcionales la altura alcanzada por las aguas sobre el nivel de la terraza es de 3,0 m. En el año 2007, las aguas llegaron hasta el mismo centro poblado. Este río es de tipo meándrico.</p>	<p>Afectó a viviendas, puente vial (destrucción total), terrenos de cultivo y las carreteras de acceso.</p>	<p>Reforestar la zona.</p> <p>Se hace necesario impedir el crecimiento urbano hacia la zona inundable.</p>
Quebrada Potosillo – Carretera Tarapoto – Picota (Km. 23+360) La Banda de Shilcayo (9291034; 354306)	<p>Área sujeta a flujos de detritos.</p> <p>Causas: Naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, deforestación, y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.</p> <p>Este flujo forma un abanico.</p> <p>El material está compuesto en más de un 50% por gravas.</p>	<p>Puede afectar a vía Tarapoto-Picota.</p>	<p>Reforestar la zona.</p> <p>Realizar mantenimiento constante al badén en la carretera.</p> <p>Colocar avisos en la carretera señalando las zonas propensas a flujos en caso de precipitaciones intensas.</p>

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Carretera Tarapoto – Yurimaguas km. 12+140 La Banda de Shilcayo (9288978; 360758)	Área sujeta a movimientos complejos (deslizamiento-flujo). Causas: Substrato de mala calidad, rocas muy fracturadas, pendiente del terreno, corte de talud para carretera y deforestación intensas. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. La escarpa es semicircular continua y de tipo rotacional, con una longitud de 100m. El desnivel entre la corona del deslizamiento y el pie del deslizamiento es de 100 m.	Está afectando tramo de la carretera Tarapoto – Yurimaguas.	Reforestar la zona. Mejorar el sistema de drenaje, para evitar la infiltración de agua hacia el subsuelo.
AA.HH. Cumbaza - Actual Morales (9284370; 346490)	Área sujeta a erosiones fluviales. Causas: Naturaleza del suelo incompetente (gravas y arenas), pendiente del terreno, deforestación y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. La erosión se presenta por la margen izquierda, se puede presentar también inundación. La erosión se presenta con una avenida normal.	Ha afectado a viviendas y terrenos de cultivos.	Reforestar la zona. Como medidas correctivas se han colocado gaviones, los cuales deben mantenerse. No permitir el crecimiento urbano hacia esta zona inestable.

Cuadro 6.11
Zonas Críticas de la provincia de Dorado

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Quebrada Yuracyacu Aguas Blancas (92566250; 312250)	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Pendiente del terreno, naturaleza del suelo incompetente, deforestación, y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El área inundable es de 6 000 m x 400 m. La quebrada Yuracyacu presenta una pendiente menor a 1°. Las inundaciones en tiempos de crecida normal afecta a terrenos de cultivo, y en tiempos de crecidas excepcionales las aguas llegan hasta las viviendas del centro poblado. Cuando crece intempestivamente el río Sisa, la quebrada Yuracyacu queda represada, entonces se produce la inundación por los bordes de la quebrada.</p>	<p>Afecta a viviendas, terrenos de cultivos de arrozales, carretera de acceso, y pozo séptico.</p>	<p>Reforestar la zona. Es necesario sensibilizar a la población y a las autoridades y no permitir el crecimiento urbano hacia los bordes de las quebradas. Las viviendas deben ser reubicadas o construidas con material liviano, y sobre pilotes de madera o concreto.</p>
Quebrada Shapando Aguas Blancas (92556600; 312800)	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Pendiente del terreno, naturaleza del suelo incompetente, deforestación y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El área inundable es de 4 000 m x 250 m. La quebrada Shapando presenta una pendiente menor a 1°. Las inundaciones en tiempos de crecida normal afecta a terrenos de cultivo, en tiempos de crecidas excepcionales las aguas llegan hasta las viviendas del centro poblado. Cuando crece intempestivamente el río Sisa, la quebrada Shapando queda represada, entonces se produce la inundación por los bordes de la quebrada.</p>	<p>Afecta a viviendas, terrenos de cultivos de arrozales, carretera de acceso al poblado de Aguas Blancas.</p>	<p>Reforestar la zona. No se debe permitir el crecimiento urbano hacia la zona inundable. Las viviendas deben ser reubicadas o construidas con material liviano, y sobre pilotes de madera o concreto.</p>
Nueva Esperanza – Quebrada Andía Aguas Blancas (9259320; 313140)	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Pendiente del terreno, naturaleza del suelo incompetente, deforestación y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El área inundable es de 5 000 m x 500 m. La quebrada Andía presenta una pendiente menor a 1°. Las inundaciones, en tiempos de crecida normal, afectan los terrenos de cultivo, mas, en tiempos de crecidas excepcionales las aguas llegan hasta viviendas del centro poblado. Cuando crece intempestivamente el río Sisa, la quebrada Andía queda represada, entonces se produce la inundación por los bordes de la quebrada.</p>	<p>Afecta a viviendas, terrenos de cultivos de arrozales, y carretera de acceso.</p>	<p>Reforestar la zona. No permitir el crecimiento urbano hacia la zona inundable. Las viviendas deben ser reubicadas o construidas con material liviano, y sobre pilotes de madera o concreto.</p>

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Huaaja San José de Sisa (9267800; 311987)	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Pendiente del terreno, naturaleza del suelo incompetente, deforestación y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El área inundable es de 3 000 m x 50m. La quebrada Huaaja presenta una pendiente menor a 1°. Las inundaciones, en tiempos de crecida normal, afectan los terrenos de cultivo y viviendas. Cuando el río Sisa crece interpestivamente, la quebrada Huaaja queda represada, entonces se produce la inundación por los bordes de la quebrada.</p>	<p>Afecta a viviendas, y a los cultivos de arrozales.</p>	<p>Reforestar la zona. No es conveniente el crecimiento urbano hacia la zona inundable. Las viviendas deben ser reubicadas o construidas con material liviano, y sobre pilotes de madera o concreto.</p>
Sisa San José de Sisa (9268422; 312452)	<p>Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Pendiente del terreno, naturaleza del suelo incompetente, deforestación, ocupación antrópica inadecuada, y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El área inundable es de 1 000 m x 100m. El río Sisa tiene una pendiente menor a 1°. La altura de la terraza en el momento de la inspección era de 5m. En las últimas inundaciones del verano del 2007, las aguas alcanzaron una altura de 1,00 m. sobre la terraza.</p>	<p>Afecta a viviendas, y terrenos de cultivos de arrozales.</p>	<p>Reforestar la zona. No es recomendable el crecimiento urbano hacia la zona inundable. En la zona inundable se ha colocado avisos advirtiendo acerca de la zona de riesgo, (área sujeta a inundaciones).</p>
Shatoja San José de Sisa (9269432; 313987)	<p>Área sujeta a deslizamientos. Causas: Substrato de mala calidad, alternancia de rocas de diferente competencia, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, deforestación y dinámica fluvial. Los factores detonantes son: precipitación pluvial intensa y sismos. Este deslizamiento presenta una corona de forma semicircular, continua con una superficie rotacional y longitud de 150 m. El desnivel entre la corona y el pie del deslizamiento es de 80 m. Este deslizamiento se ha reactivado por el corte de talud de carretera. En el cuerpo del deslizamiento se presentan reptaciones de suelos.</p>	<p>Afecta la carretera Shatoja-Sisa. También afecta a terrenos de cultivos y pastizales.</p>	<p>Reforestar la zona. Hay que hacer un sistema de drenaje, para evitar la infiltración de aguas hacia el cuerpo del deslizamiento. Una ampliación de la carretera traería problemas de inestabilidad.</p>

Cuadro 6.12
Zonas Críticas de la provincia de Mariscal Cáceres

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Marcana Juanjui (9178700; 316350)	Área sujeta a deslizamientos. Causas: Substrato de mala calidad, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, y deforestación. Los factores detonantes son la precipitación pluvial y sismos. Escarpa de tipo circular, longitud de 300 m. En el cuerpo del deslizamiento se presentan erosiones en cárcavas y reptaciones de suelos.	Afecta a la carretera Bellavista-Juanjui en un tramo de 100 m.	Reforestar la zona. Mejorar sistema de drenaje.
Pucuncho Juanjui (9200738; 307405)	Área sujeta a caída de rocas. Causas: Substrato de mal calidad, pendiente del terreno, rocas fracturadas y deforestación. Los factores detonantes son la precipitación pluvial y sismos. Esta caída de rocas es del tipo recta y continua, tiene una longitud de 300 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del talud es de 80 m. Es un deslizamiento de tipo traslacional. Se pueden presentar caídas de rocas.	Podría afectar a carretera Juanjui-Huayabamba en un tramo de 100m.	Reforestar la zona. Colocar avisos en la carretera de zonas inestable.
Puerto de Juanjui Juanjui (9205604; 309397)	Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Naturaleza del suelo incompetente, pendiente baja del terreno, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial. La altura alcanzada por el agua sobre la terraza es hasta de 0,50 m. El área inundable es de 400 m x 50 m.	Afecta al puerto de Juanjui, donde se encuentran ubicadas viviendas de material noble.	Reforestar la zona. Reubicar las viviendas que están dentro del cauce del río. No es conveniente el crecimiento urbano hacia la zona inundable. Las viviendas deben ser reubicadas o construidas con material liviano, y sobre pilotes de madera o concreto.
Apana Juanjui (9195094; 305304)	Área sujeta a deslizamientos. Causas: Substrato de mala calidad, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, rocas muy fracturadas y deforestación. Los factores detonantes son la precipitación pluvial y sismos. El deslizamiento tiene una escarpa de forma semicircular, continua, con una longitud de 350 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 150 m. En la escarpa del deslizamiento se pueden generar caídas de rocas y derrumbes. En el cuerpo del deslizamiento se presentan reptaciones de suelos.	Afecta a la carretera Juanjui-Huayabamba en un tramo de 250 m, puede alimentar al río Huayabamba con material suelto.	Reforestar la zona. En la vía colocar letreros de zona inestable, ya que, es una vía transitada.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Pachiza Pachiza (9192956; 304152)	Área sujeta a inundaciones fluviales. Causas: Pendiente baja del terreno, y dinámica fluvial del río Huayabamba. El factor detonante es la precipitación pluvial. En tiempos de crecida excepcional las inundaciones llegan hasta el centro poblado, el agua alcanza hasta 0,40 m de altura. Con avenida normal sólo afecta a terrenos de cultivos aledaños al cauce. El río es de tipo meándrico.	Afecta a viviendas del centro poblado de Pachiza, terrenos con cultivos de arrozales y la carretera de acceso a los terrenos de cultivo.	Reforestar la zona. Restringir la expansión urbana hacia las terrazas bajas del río Huayabamba. Construir defensas ribereñas, como diques y gaviones.
Quebrada Chitari Huicungo (9192166; 304064)	Área sujeta a erosiones fluviales. Causas: Substrato de mala calidad, naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, dinámica fluvial, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. La longitud erosionada es de 400 m. Por la erosión fluvial se van generar derrumbes en el borde de la terraza. En el momento de la inspección la terraza presentaba una altura de 5 m.	Puede resultar afectada la carretera Juanjui - Huayabamba en un tramo de 100 m.	Es necesario reforestar la zona. Colocar enrocado o gaviones junto al talud de la carretera, para evitar la erosión fluvial.
Huicungo Huicungo (9190932; 303428)	Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El área inundable tiene una extensión de 100 x 500 m. Las inundaciones suceden con avenidas normales. El río Huayabamba es de tipo anastomosado. El río Huayabamba es de tipo anastomosado.	Afecta a viviendas ubicadas en el puerto y la carretera de acceso al puerto.	Se debe reforestar la zona. Colocar enrocado y gaviones junto al talud, para evitar la variación del cauce del río.
San Ramón Pachiza (9196782; 301996)	Área sujeta a erosiones de ladera. Causas: Substrato de mala calidad, rocas muy fracturadas, y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. La erosión de laderas es en forma de cárcavas que pueden ocasionar flujos.	Afecta la carretera San Ramón -Alto El Sol en varios tramos.	Reforestar la zona es muy necesario, así como, colocar badenes en las áreas afectadas, además de pequeños muros de pantallas.
Quebrada Shiruyco- Marichi I Pajarillo (9203510; 317740)	Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Pendiente baja del terreno, y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. La extensión que abarca las inundaciones es de 350 m x 400 m. El río de tipo rectilíneo con una pendiente menor a 1°. La inundación es de tipo excepcional.	Afecta terrenos de cultivo y viviendas del área rural.	Es necesario reforestar la zona. Las viviendas que fueran afectadas por las inundaciones deben ser reubicadas. Zona no apta para la expansión urbana.

Paraje/Sector Distrito/Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Puerto Ríos/Puerto Tarata Pejarillo (9204156; 310332)	Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial, precipitaciones pluviales intensas. El río tiene una pendiente menor a 1° y es tipo anastomosado. La inundación es de tipo excepcional. El área inundable es de 2 500 m x 200 m.	Afectó a 25 viviendas ubicadas entre el puerto y el área rural, carretera de acceso al puerto y terrenos de cultivo.	Tiene que reforestarse la zona. Las viviendas que están dentro del antiguo cauce del río deben ser reubicadas.
Juancillo Juanjui (9205474; 308820)	Área sujeta a inundaciones. Causas: Pendiente baja del terreno, llanura inundable, deforestación y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El área inundable es de 2 500 m x 250m. El río es de tipo rectilíneo, con una pendiente menor a 1°. La altura alcanzada por el agua sobre el nivel de la terraza es de 0,50 m. La inundación se da con crecidas normales, aumenta cuando el río Huallaga crece repentinamente y represa la quebrada afluente originando el desborde.	Afecta a la zona urbana, y terrenos de cultivo.	Se debe reforestar la zona. Las viviendas deben ser reubicadas o construidas con material liviano, y sobre pilotes de madera o concreto.
Cruce frente a Tingo de Saposoa y Tingo de Saposoa Tingo de Saposoa (9216050; 318750)	Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Terraza baja, pendiente baja del terreno, deforestación y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El río es de tipo meándrico, con una pendiente menor a 1°. Durante la inundación las aguas alcanzan 0,30 m de altura sobre la terraza. En inundaciones excepcionales, el área afectada es de 800 m x 300 m, el último evento se dio en el año 1972. En el año 1997 el río Huallaga migró hacia la margen derecha y erosionó la terraza, en un tramo de 100 m tierra adentro. Actualmente hay un dique natural (afloramiento de rocas areniscosas).	Afectó a viviendas, terrenos de cultivos y carreteras de acceso al centro poblado.	Reforestar la zona. Construir muros de contención. No se debe permitir la expansión urbana hacia el borde de la terraza del río.
Santa Elena Bajo Biavo (9202372; 333815)	Área sujeta a inundaciones. Causas: Pendiente baja del terreno, deforestación y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El río es de tipo meándrico, con una pendiente menor a 1°. En tiempo de avenida normal las inundaciones llegan hasta los terrenos de cultivo, pero en tiempos excepcionales llega hasta el centro poblado. La altura alcanzada de las aguas sobre la terraza fue de 1,80 m. El área afectada por la inundación en el año 2007, fue de 1 900 m x 6 000 m. La altura de la terraza en la inspección (octubre 2007) fue de 2,00 m.	Afectó a viviendas, que actualmente han sido reubicadas. Afectó también terrenos de cultivo y carretera de acceso al centro poblado.	Reforestar la zona es necesario. Las viviendas que han quedado en el antiguo centro poblado deben ser reubicadas hacia las partes altas o deben ser construidas con material liviano, y sobre pilotes de madera o concreto.

Paraje/Sector Distrito/Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
<p>Nuevo Mundo Bajo Biavo (9213470; 333866)</p>	<p>Área sujeta a inundaciones. Causas: Pendiente baja del terreno, deforestación, y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El río es de tipo meándrico, con una pendiente menor a 1°. En tiempo de avenida normal las inundaciones llegan hasta los terrenos de cultivo. En un período excepcional, hasta el centro poblado. La altura alcanzada por las aguas sobre la terraza fue de 1,50 m. El área afectada por la inundación del año 2007 fue de 1 250 m x 1 000 m. La altura entre la terraza y el nivel de agua (río) en la inspección de octubre 2007, fue de 1,50 m.</p>	<p>Afectó a viviendas, que actualmente han sido reubicadas. También dañó terrenos de cultivo y la carretera de acceso al centro poblado.</p>	<p>Reforestar la zona es necesario. Las viviendas que han quedado, deben ser reubicadas hacia las partes altas o deben ser construidas con material liviano, y sobre pilotes de madera o concreto.</p>

Cuadro 6.13
Zonas Críticas de la provincia de Huallaga

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Quebrada S/N Cerca del río Sacanche Sacanche (9216426; 306901)	Área sujeta a flujos de detritos (huaycos). Causas: Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, y dinámica fluvial. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. Los tamaños de los bloques en el lecho de la quebrada llegan hasta 0,50 m de diámetro. Presentan composición homogénea (compuestos por areniscas).	Afecta la carretera afirmada a Sacanche, alimenta con material suelto al río Sacanche. También dañó los terrenos de cultivo ubicados en parte de su cauce.	Es muy necesario reforestar la zona. Los cultivos deben ser de tipo estacional.
Yanshama Sacanche (9217690; 312935)	Área sujeta a deslizamientos. Causas: Substrato de mala calidad, rocas muy alteradas, pendiente del terreno y deforestación intensa. Los factores detonantes son la precipitación pluvial intensa y sismos. Este deslizamiento presenta una escarpa de tipo semicircular, continúa, con una longitud de 550 m y superficie plana. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 150 m. Presenta escarpas sucesivas secundarias. El cuerpo del deslizamiento se presenta en estado inestable y con erosiones en cárcavas.	Puede afectar tramo de carretera Juanjui-Bellavista (Marginal) en un tramo de 100 m. y viviendas.	Es necesario reforestar la zona. En el momento de construir la carretera se debe tener especial atención en el diseño de los cortes de talud. Efectuar banquetas en la ladera.
El Cruce Tingo de Saposoa (9216330; 319439)	Área sujeta a derrumbes. Causas: substrato de mala calidad, rocas (areniscas) muy fracturadas y diaclasadas, naturaleza del suelo, pendiente del terreno, excavaciones por corte de carretera y dinámica fluvial. Los factores detonantes son: precipitación pluvial intensa y sismos. Este derrumbe se presenta en una ladera, su tipo de ruptura es mixto. La longitud de arranque es de 450 m, con una altura de 100m. Se pueden presentar caídas de rocas.	Afecta la carretera Juanjui-Bellavista en un tramo de 100 m.	Reforestar la zona es indispensable. Al ampliar la carretera tener especial cuidado con el diseño de los cortes de talud.
Pasaraya Alto Saposoa (9251500; 299100)	Área sujeta a inundaciones. Causas: Terrazas bajas con ocupación antrópica inadecuada, y dinámica fluvial. Factor detonante: precipitación pluvial. El río Saposoa es de tipo meándrico. El área inundable es 1 500 m x 200 m. Según versiones de los lugareños la altura alcanzada por el agua, sobre el nivel de la terraza, es de 1,00 m.	Afectó al estadio de Pasaraya y los terrenos de cultivos aledaños al cauce del río Saposoa.	Reforestar la zona, se hace muy necesario. Se debe sensibilizar al agricultor para que opte por cultivos estacionales. Además, no se debe permitir el crecimiento urbano hacia la zona baja.

Cuadro 6.14
Zonas Críticas de la provincia de Picota

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Carretera Tarapoto-Picota Km. 30+320 Buenos Aires (9257980; 357600)	Área sujeta a caídas de rocas. Causas: Substrato fracturado, orientación desfavorable de las diaclasas, pendiente del terreno, corte de talud de carretera. Los factores detonantes son la precipitación pluvial intensa y sismicidad. Esta caída de rocas se presenta a lo largo de 1 700 m, la altura varía entre 20 a 15 m. En el talud de corte se observan fracturas de tipo planar y en cuña, los fracturamientos están abiertos. Los bloques inestables llegan hasta dimensiones de 1 m.	Afecta a la carretera Tarapoto-Pilluana en un tramo de 1 700 m.	Desquinchar los bloques sueltos. Colocar letreros en la carretera alertando acerca de las zonas inestables, ya que esta vía es muy utilizada por el transporte público y particular. Deben hacerse estudios más de tallados para ver los tipos de sostenimiento se pueden aplicar.
Carretera Tarapoto-Buenos Aires Buenos Aires (9250440; 354710)	Área sujeta a caída de rocas. Causas: Rocas muy fracturadas, fracturamiento abierto, orientación de las discontinuidades desfavorables, pendiente del terreno, corte de talud para carretera, sismicidad; precipitaciones pluviales intensas. Zona de arranque de 700 m y de 100 m de altura. Ruptura es de tipo mixta (cuña y planar), formación de canchales y bloques sueltos que llegan a medir hasta 3,50 m.	Afecta carretera Tarapoto-Buenos Aires en dos tramos de 100 cada uno. Cuando se amplie esta vía se pueden presentar problemas de inestabilidad. Esta vía es muy transitada por transporte público y privado.	Desquinchar bloques suspendidos. Colocar letreros en la carretera advirtiendo acerca de la zona inestable.
Picota – Consuelo Villavicencio-Barranquilla Picota	Área sujeta a inundaciones fluviales. Causas: Pendiente baja del terreno, dinámica fluvial y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. También se puede mencionar que el cauce del río Huallaga al entrar a la zona de Picota, se estrecha (como cuello de botella), y al pasar nuevamente se expande. Este hecho mencionado trae como consecuencia que las áreas ubicadas después del estrechamiento se inundan. Las inundaciones en el periodo lluvioso normal afecta a terrenos de cultivos, y en el periodo de tipo excepcional afecta a viviendas. Las últimas inundaciones llegaron cerca de la Plaza de Armas de Picota.	Afecta a viviendas de Picota, terrenos de cultivo, y carreteras de acceso.	Reforestar las riberas del río Huallaga. No permitir el crecimiento urbano hacia las zonas inundables del río Huallaga.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Pucacaca, carretera Tarapoto-Picota Km. 45+300 Buenos Aires (9248052; 352626)	Área sujeta a erosión fluvial. Causas: Naturaleza del suelo incompetente, deforestación, dinámica fluvial del río Huallaga, y precipitaciones pluviales intensas. La longitud de la terraza erosionada es de 230 m. En la inspección realizada el día 26-10-07 la distancia que había del borde de la terraza hacia la carretera era 5 m, este tramo, para los primeros días del mes de noviembre fue erosionado. La terraza tiene una altura de 10 m.	Afectó tramo de la carretera Marginal entre Tarapoto-Picota a la altura del km 45+300.	Se han colocado entrocados. Sin embargo, es necesario reforestar la zona. En tiempo de estiaje hacer limpieza del cauce.
Nueva Unión Caspizapa (9231574; 345968)	Área sujeta a inundación. Causas: Pendiente baja del terreno, deforestación y dinámica fluvial del río Huallaga. Factor detonante: precipitación pluvial intensa. El área inundada fue de 1 700 m x 2 500 m, la altura que alcanzó el agua sobre el nivel de la terraza fue de 1,50m. La altura de la terraza en el momento de la inspección fue de 2 m. El río Huallaga en este sector es de tipo anastomosado. Las inundaciones en período lluvioso normal afectan los terrenos de cultivo y en período excepcional, las aguas llegan hasta la zona urbana.	Las inundaciones de tipo normal afectan a los terrenos de cultivo, pero con las de tipo excepcional las aguas llegan hasta la zona urbana.	Se debe reforestar la zona. Además, hay que impedir el crecimiento urbano hacia los bordes de la terraza o en la parte inundable. Los cultivos deben ser de tipo estacional.
Caspizapa Caspizapa (9230662; 345239)	Área sujeta a inundación. Causas: Pendiente baja del terreno, deforestación y dinámica fluvial del río Huallaga. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El área que fue inundada es de 1500m x 2500 m, la altura que alcanzó el agua, sobre el nivel de la terraza, fue de 2,80m. La altura de la terraza en el momento de la inspección fue de 2 m. El río Huallaga en este sector es de tipo anastomosado. Las inundaciones en período lluvioso normal llegan a afectar a los terrenos de cultivo y en período excepcional, las aguas llegan hasta la zona urbana.	Las inundaciones de tipo normal afectan a terrenos de cultivo y cuando se presentan, las de tipo excepcional, las aguas llegan hasta la zona urbana.	Es necesario reforestar la zona. No se debe permitir el crecimiento urbano hacia los bordes de la terraza o en la parte inundable. Los cultivos deben ser de tipo estacionales.
San Hilarión San Hilarión (9227008; 338008)	Área sujeta a inundación. Causas: Pendiente baja del terreno, deforestación y dinámica fluvial del río Huallaga. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El área que fue inundada es de 2 500 m x 1 000 m, la altura que alcanzó el agua, sobre el nivel de la terraza, en el centro poblado fue de 0,50 m. La altura de la terraza en el momento de la inspección fue de 2,00 m. El río Huallaga, en este sector, es de tipo anastomosado. Las inundaciones en período normal afecta terrenos de cultivo y en período excepcional los niveles de aguas llegan hasta la zona urbana, como lo que sucedió en el verano del 2007.	Las inundaciones de tipo normal afectan a terrenos de cultivo de arrozales y las de tipo excepcional las aguas llegan hasta la zona urbana incluso hasta la carretera marginal.	Es necesario reforestar la zona. Además, no permitir el crecimiento urbano hacia los bordes de la terraza o en la parte inundable. Los cultivos deben ser de tipo estacionales.

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
San Juan de Cumbaza Tarapoto (9227982; 348658)	Área sujeta a inundaciones fluviales. Causas: Pendiente baja del terreno, naturaleza del suelo incompetente, ocupación antrópica inadecuada, deforestación intensa y colmatación del cauce. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. La extensión afectada por la inundación fue de 750 m x 300 m. Según versiones de los lugareños la altura alcanzada por las aguas, sobre el nivel de la terraza, fue de 1,00 m.	El año 1997 el centro poblado de San Juan de Cumbaza fue reubicado hacia la lomada.	Reforestar la zona es un imperativo. No se debe permitir el crecimiento urbano hacia la zona inundable. Los cultivos deben ser de tipo estacional.
Quebrada Upaquihoa (Margen derecha) Buenos Aires (9251178; 351780)	Área sujeta a caída de rocas. Causas: Substrato de mala calidad, orientación desfavorable de discontinuidades, pendiente del terreno, deforestación y corte de talud para carretera. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. La zona de arranque es de 400 m de longitud y 150 m de alto. En la ladera se han formado canchales, con bloques de hasta 0,80 m de longitud. Se pueden generar derrumbes.	Afecta la carretera Marginal en el tramo de Picota – Buenos Aires, en una longitud de 100 m. Cuando se amplíe la carretera se van a presentar problemas de inestabilidad.	Reforestar la zona es necesario. Cuando se amplíe la carretera se van a presentar problemas de inestabilidad. Es necesario realizar estudios puntuales.
Nuevo Egipto San Hilarión (9229258; 334090)	Área sujeta a inundaciones fluviales. Causas: Pendiente del terreno, dinámica fluvial, terraza baja y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El área inundable es de 1500 m x 200 m. La altura que alcanzó el nivel de las aguas sobre la terraza fue de 2 m. Estas inundaciones se dan con crecidas normales.	Afectan a terrenos de cultivos ubicados en ambas márgenes del río Sisa.	Se debe reforestar la zona. No obstante, se tiene que impedir el crecimiento urbano hacia las zonas inundables.
Shamboayacu Shamboayacu (9223733; 374952)	Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales y a deslizamientos. Para las inundaciones y erosiones fluviales las causas son: Pendiente del terreno, dinámica fluvial, terraza baja, y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El área inundable es 1 000 m x 200 m. La altura que alcanzan las aguas sobre el nivel de la terraza es 1 m. La altura de la terraza en el momento de la inspección era de 2,50 m. Estas inundaciones se dan con crecidas normales. Para los deslizamientos las causas son: Pendiente del terreno, substrato de mala calidad, deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. Este deslizamiento es de tipo rotacional, y tiene una corona de forma semicircular, continua, con una longitud de 100 m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 180 m. Según versiones de los lugareños, por las características mencionadas, este deslizamiento fue de lento a muy lento, de avance progresivo.	Las inundaciones y erosiones fluviales afectan a viviendas y terrenos de cultivos ubicados en ambas márgenes del río Shamboyacu. El deslizamiento en el año 2000 perjudicó al centro educativo y de reactirarse puede afectar a viviendas. Todo el centro poblado se encuentra sobre un antiguo deslizamiento que se está reactivando por sectores, esto es debido a la intensa deforestación.	Reforestar la zona resulta imprescindible. No se debe permitir el crecimiento urbano hacia las zonas inundables, ni en el cuerpo del deslizamiento. Tiene que declararse este lugar como zona inestable así también, zona inundable.

Cuadro 6.15
Zonas Críticas de la provincia de Bellavista

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Bellavista Bellavista (9218448; 325143)	<p>Área sujeta a inundación.</p> <p>Causas: Pendiente del terreno, deforestación, terraza baja, dinámica fluvial y ocupación antrópica inadecuada. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.</p> <p>La zona es una llanura inundable y circundante, es una terraza baja, la pendiente del río Huallaga es menor a 1°. Las inundaciones en el periodo lluvioso normal llegan hasta el puerto, pero las excepcionales llegan cerca de la Plaza de Armas. La altura de la terraza en el momento de la inspección fue de 2 m. La altura alcanzada por las aguas sobre el nivel de la terraza llega hasta de 1,20 m. Parte del centro poblado se encuentra asentado sobre un antiguo brazo del río Huallaga.</p>	<p>Afecta a la ciudad de Juanjuí. Las inundaciones periódicas perjudican al puerto y las excepcionales llegan hasta la ciudad.</p>	<p>Reforestar la zona es importante.</p> <p>No se debe permitir el crecimiento urbano hacia las márgenes del río Huallaga.</p> <p>Hay necesidad de colocar muros de contención a lo largo del puerto.</p>
Al sur oeste de Mosquito Bellavista (9218696; 321064)	<p>Área sujeta a deslizamientos.</p> <p>Causas: Substrato de mala calidad, rocas muy alteradas, pendiente del terreno, deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.</p> <p>Este deslizamiento tiene una escarpa de forma circular, continua y con una longitud de 400m. El desnivel entre la escarpa y el pie del deslizamiento es de 50 m. Su avance es de tipo retrogresivo. La forma de la superficie del deslizamiento es rotacional. En la superficie del deslizamiento se presentan erosiones en cárcavas y reptaciones de suelos.</p>	<p>Puede afectar la carretera Bellavista-Juanjuí en un tramo de 100 m, dañar viviendas y terrenos de cultivo. De seguir su avance puede afectar los postes de cableado eléctrico.</p>	<p>Reforestar la zona es básico.</p> <p>También es necesario reubicar las viviendas involucradas dentro del deslizamiento. Así como ejecutar banquetas en el área inestable.</p>
San Pablo San Pablo (9246975; 325800)	<p>Área sujeta a erosión fluvial.</p> <p>Causas: Naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, dinámica fluvial y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.</p> <p>El río Sisa ha erosionado en ambas márgenes, en una longitud de 200 m. La erosión se hace más intensa en tiempos de crecida. Área sujeta a inundaciones fluviales.</p>	<p>Sobre el río Sisa se ha construido una presa.</p> <p>Para evitar la erosión de las bases han construido defensas ribereñas aguas arriba y aguas abajo.</p>	<p>Reforestar la zona es muy necesario.</p> <p>Mantener las defensas ribereñas, éstas deben continuarse aguas arriba.</p>
Dos de Mayo San Pablo (9247248; 325970)	<p>Área sujeta a inundaciones fluviales.</p> <p>Causas: Pendiente del terreno, dinámica fluvial y deforestación intensa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa.</p> <p>El río Sisa, en esta zona, es de tipo meandriforme. El área inundable tiene una extensión de 300 m x 200 m. Las viviendas del sector de Dos de Mayo están por debajo del nivel del río Sisa.</p>	<p>En el área se puede presentar inundaciones fluviales. Existen antecedentes de su ocurrencia que han afectado a viviendas y terrenos de cultivo.</p>	<p>Reforestar la zona se hace imprescindible.</p> <p>Se debe mejorar las defensas ribereñas.</p>

Paraje / Sector Distrito / Coordenadas	Áreas sujetas a / Comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o Daños Ocasionados	Recomendaciones
Huingoyacu San Pablo (9241066; 316064)	Área sujeta a flujo de detritos (huayco). Causas: Naturaleza del suelo incompetente, pendiente del terreno, ausencia de vegetación, dinámica fluvial y deforestación. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El material que compone el depósito proluvial está compuesto en más del 50% por material grueso (grava) en una matriz arenosa. Este flujo es de tipo excepcional.	Afecta al centro poblado y carretera de acceso, también a puente carrozable (destruido parcialmente).	Reforestar la zona, y construir un puente de mayor luz, se hace necesario. No se debe permitir el crecimiento urbano hacia el cauce de la quebrada.
Palestina San Rafael (9230282; 331044)	Área sujeta a inundaciones y erosiones fluviales. Causas: Pendiente del terreno, deforestación, y dinámica fluvial del río Sisa. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El área que puede ser afectada por inundación es 1 000 m x 100 m, la altura de la terraza en el momento de la visita fue de 2 m. En tiempos de crecida la altura que alcanza el nivel de las aguas sobre la terraza es de 1,50 m.	Afecta a viviendas y terrenos de cultivo.	Reforestar la zona es urgente, así como construir muros de contención en la ribera del río.
La Libertad / San Rafael San Rafael (9222068; 338427)	Área sujeta a inundaciones. Causas: Pendiente del terreno, deforestación, dinámica fluvial del río Huallaga, precipitaciones pluviales intensas. El área afectada por la inundación fue de 1 000 m x 750 m. La altura de la terraza en el momento de la visita fue de 1,50 m. En tiempos de crecida la altura alcanzada por las aguas sobre el nivel de la terraza fue de 1,50 m.	Afecta a viviendas y terrenos de cultivo de arroz.	Reforestar la zona. No se debe permitir el crecimiento urbano hacia las zonas inundables del río Huallaga.
José Olaya Alto Biavo (9180622; 343637)	Área sujeta a inundaciones. Causas: Pendiente del terreno, deforestación, dinámica fluvial del río Biavo, precipitaciones pluviales intensas. El área afectada por la inundación fue de 850 m x 100 m. La altura de la terraza en el momento de la visita fue de 3,00 m. En tiempos de crecida la altura alcanza las aguas sobre el nivel de la terraza es de 1,50 m.	Afectó a viviendas y terrenos de cultivo de arroz.	Reforestar la zona debe ser prioritario. No se debe permitir el crecimiento urbano hacia las zonas inundables del río Biavo.
La Perla De Ponancillo/ río Ponancillo Bajo Biavo (9203542; 356597)	Área sujeta a inundaciones. Causas: Pendiente del terreno, deforestación, y dinámica fluvial del río Ponancillo. El factor detonante es la precipitación pluvial intensa. El área afectada por la inundación es de 500 m x 100 m. En tiempos de crecida la altura que alcanza el nivel de las aguas sobre la terraza es de 0,50 m. El río es de tipo meándrico.	Afectó a viviendas y terrenos de cultivo.	Reforestar la zona es una exigencia. No se ha de permitir el crecimiento urbano hacia las zonas inestables.

Cuadro 6.16
Descripción de los Datos Macrosísmicos Ocurridos en la Región

Fecha	Hora	Localidades	Intensidad	Observaciones
28/09/1906	10:25	Región Nororiental	VII	Notable movimiento sísmico en un área de 310,000 km ² , desde Guayaquil hasta Tarma y entre Trujillo y <i>Moyobamba</i> . En Chachapoyas intensidad de VII(MM). En Huancabamba, Piura, Ayabaca, Morropón, Sullana, Tumbes y Santa V(MM).
14/05/1928	17:12	Chachapoyas	X	Notable conmoción sísmica, que trajo devastación y muerte en varias poblaciones interandinas en el norte del Perú. Sufrió casi total destrucción la ciudad de Chachapoyas. (2318 m.s.n.m.), capital del departamento de Amazonas, edificada en el valle de Utcubamba. Sus casas de adobe y adobón como las antiguas murallas, no pudieron resistir los violentos embates y se desplomaron en gran parte. Graves daños experimentaron las ciudades de Huancabamba en las sierras de Piura, las de Cutervo, Chota y Jaén en Cajamarca. Hacia el Oriente, en <i>Moyobamba</i> (860 m.s.n.m.) cayeron alrededor de 150 casas. La formación de grietas en el suelo, algunas de hasta de dos metros de profundidad y grandes derrumbes, fueron comunes dentro del área epicentral. Aún a los cuatro años de haberse registrado este sismo, Panizo (1933) pudo constatar los notables agrietamientos producidos en la superficie de terreno y los enormes desprendimientos del terreno que se originaron, durante la visita que hiciera al valle de Chinchipe. Al NO del área pleistocena, 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.) y en Piura, Lambayeque y Trujillo, situados en la costa. En Iquitos en el río Amazonas, ocurrieron algunos daños de menor cuantía. Se deduce que el movimiento fue destructor en un área cercana a los 100000 Km ² . El área de percepción fue vasta pues llegó a sentirse de manera leve en Tuquerres ciudad colombiana, limítrofe con el Ecuador. Hacia el este, en las nacientes del río Moa, en la frontera peruana-brasileña, Hoempler (comunicación verbal) apareció a la misma hora del sismo un ligero movimiento en las ramas de los árboles. Al sur de Lima sólo lo sintieron contadas personas en la forma de una muy lenta y leve oscilación. Admitiendo un radio de perceptibilidad de unos 725 km ² , con grado X de intensidad MM para la zona epicéntrica se calcula que la profundidad del foco fue del orden de los 30 kilómetros.
18/07/1928	14:05	Chachapoyas	VI	Una fuerte réplica del terremoto del 14 de mayo, causa en Chachapoyas el desplome de algunas casas que se encontraban ya desarticuladas con motivo de ese gran sismo. El movimiento fue intenso en Cajamarca, Chilite, Contumazá, Trujillo y Molinopampa. En la vecina República del Ecuador los caminos de Chumbi y Loma Grande, quedaron completamente dañadas, según la "Breve Historia de los Principales Terremotos en la República del Ecuador" (1959). Afectó también en aéreas colindantes a la región <i>San Martín</i> .

Fecha	Hora	Localidades	Intensidad	Observaciones
06/08/1945	18:03	San Martín y Amazonas	VII	Fuerte movimiento sísmico en los departamentos de <i>San Martín</i> y Amazonas. Destructor en <i>Moyobamba</i> . Percibido en un área de 42000 km ² . En <i>Moyobamba</i> se dañaron 97 casas. En el valle del <i>Mayo</i> y <i>quebradas</i> adyacentes se formaron grietas por las que emanaron aguas. Intensidades: en <i>Moyobamba</i> VII(MM); en <i>Soritor</i> , <i>Calzada</i> , <i>Habana</i> y <i>Jepelacio</i> V(MM).
15/06/1954	08:30	Celendín	VI	La región Nororiental fue conmovida por un fuerte sismo que causó ligeros daños materiales en las construcciones de las ciudades de <i>Moyobamba</i> , <i>Celendín</i> y <i>Chachapoyas</i> .
19/06/1968	03:14	Norte de San Martín	X	Terremoto en la zona norte del departamento de <i>San Martín</i> . Murieron 15 personas. Se registraron mayores daños en <i>Moyobamba</i> y <i>Yantalo</i> , en casas de adobón o tapial. Intensidades: en <i>Angaisa</i> X(MM); en <i>Yantalo</i> VII(MM) y en <i>Moyobamba</i> VII(MM).
20/03/1972	02:34	Juanjui y Saposoa	VII	Terremoto en <i>Juanjui</i> y <i>Saposoa</i> . El sismo dejó 22 heridos y 500 viviendas derrumbadas o semidestruidas. Licuación de arenas en <i>Juanjui</i> y asentamientos en la carretera marginal de la selva. Derrumbes de cerros en <i>Saposoa</i> . Sentido en <i>Tarapoto</i> , <i>Lamas</i> , <i>Moyobamba</i> y <i>Rioja</i> , en <i>San Martín</i> y varias provincias de los departamentos de La Libertad, Lambayeque y Huánuco. Intensidad de VII(MM) en <i>Moyobamba</i> y <i>Rioja</i> .
29/05/1990	21:34	Soritor	VII	Fuerte sismo que afectó a los poblados de <i>Soritor</i> y <i>Porvenir</i> así como <i>Rioja</i> , <i>Yorongos</i> y <i>Habana</i> causando daños materiales. <i>San Martín</i> , Amazonas, Cajamarca, Rioja, Moyobamba, Chachapoyas, Jaén y Bagua. Magnitud 6.4 grados Richter. 77 muertos, 1680 heridos, 58835 damnificados y 11 mil viviendas destruidas.
04/04/1991	10:23	Nueva Cajamarca	VI	Sismo fuerte que afectó los poblados de <i>Moyobamba</i> , <i>Yantalo</i> y <i>Nueva Cajamarca</i> . Alcanzó grado VI(MM) en <i>Rioja</i> . Terremoto magnitud 6.2 Richter. Afectó <i>San Martín</i> , Amazonas y La Libertad. Muertos: 53, Heridos: 216. Damnificados: 181344. Viviendas: 30224 destruidas. Remeció <i>Rioja</i> , <i>Moyobamba</i> , <i>Chachapoyas</i> y <i>Bolívar</i> . 139 escuelas se desplomaron.
04/04/1991	23:19	Moyobamba	VII	Con un radio aproximado de 4500 Km. aproximadamente. Las localidades afectadas por este terremoto fueron las de <i>Yuracyacu</i> , <i>El Porvenir</i> , <i>Tabalosos</i> , <i>Ramírez</i> , <i>San Juan de Pacaysapa</i> , <i>Rodríguez de Mendoza</i> , <i>Chachapoyas</i> y <i>Progreso</i> .
25/09/2005	08:55	Lamas-Moyobamba	VI	Fuerte Sismo que afectó la región oriental del Perú, en las localidades de <i>Yurimaguas</i> , <i>Lamas</i> y <i>Pampa Hermosa</i> . 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 ocasionarían 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 <i>Contamina</i> , <i>Juanjui</i> , <i>Iquitos</i> , <i>Chiclayo</i> , <i>Trujillo</i> y <i>Huánuco</i> .

Para la mayoría de los sismos descritos en el Cuadro N° 6.16, Silgado (1978) elaboró sus respectivos mapas de intensidades, siendo uno de los correspondientes al sismo ocurrido el 06 de agosto de 1945 ocurrido a las 18:03 horas afectando a los departamentos de San Martín y Amazonas. Fue destructor en Moyobamba donde se dañaron 97 casas, en el valle del Mayo y quebradas adyacentes se formaron grietas por las que emanaron aguas. Intensidades en Moyobamba VII MM; en Soritor, Calzada, Habana y Jepelacio V MM. (Figura 6.1)

También se muestran las isosistas del 19 junio de 1968 ocurrido a las 3:14 horas, murieron 15 personas en la zona norte de la región San Martín; mayores daños en Moyobamba y Yantaló, en casas de adobón o tapial, intensidades en Angaisa fueron de X MM; en Yantaló VII MM y en Moyobamba VII MM. (Figura 6.2).

Distribución de Intensidades Sísmicas Máximas

La región San Martín, ha sido afectada por un gran número de sismos que produjeron intensidades hasta grado X MM en Angaisa y algo menor en áreas vecinas, VIII y IX (MM) en la escala de Mercalli Modificada.

En la Figura 6.3 se presenta el Mapa de Distribución de Intensidades Sísmicas Máximas elaborado para el Perú por Alva y Meneses (1984) como parte del proyecto SISRA a cargo del Centro Regional de Sismología para América del Perú y el Caribe (CERESIS). Dentro del área de la región de San Martín se observa que prevalece una zona de intensidades del orden de V MM donde se encuentran los poblados de Tocache Nuevo, Uchiza, Crismejilla, José Olaya, Sion, Puerto Pizana. Se observa un foco puntual de intensidades máximas del orden de IX a X MM en el extremo norte del departamento que afecta a Rioja, Alzada y la capital Moyobamba y va decreciendo hacia al sur con intensidades de VIII en los poblados Billinghamurst, Jepelacio; VII, Sisa, Morales, Shanusi; y VI MM en los poblados de Buenos Aires, Picota, Bella Vista, Tarapoto, San Antonio, Chazuta y El Valle.

Sismotectónica de la Región

La tectónica del Perú es compleja. La mejor manera de explicarla es desde el punto de vista de tectónica de placas, la que se caracteriza por la colisión y subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana, proceso conocido como subducción, el mismo que dio origen a la aparición de la fosa peruana-chilena, Cordillera de los Andes, principales sistemas de fallas activas y a la ocurrencia continua de un gran número de sismos de diversas magnitudes.

Estas características geomorfológicas, geológicas y geofísicas, permiten considerar al Perú como uno de los países de mayor riesgo sísmico en América Latina. Dentro de este contexto, los últimos sismos que han producido importantes cambios

geomorfológicos, geológicos y geofísicos en áreas cercanas a sus epicentros, son los ocurridos en Nazca en 1996 (7.7 Mw), Arequipa en el 2001 (8.2Mw), y el de Lamas y Moyobamba 25 de septiembre del 2005 (7.5 Mw).

Estudios sobre la Neotectónica de Perú (Sebrier et al, 1982), así como la elaboración de los Mapas Neotectónicos (Machare et al, 1991) y Sismotectónicos de Perú (Tavera et al, 2001), han permitido identificar la presencia, sobre nuestro territorio, de un importante número de fallas activas, muchas de las cuales producen sismos continuamente.

Sistema de fallas de Moyobamba.- Ubicada en la región norte de Perú y sobre la zona subandina, está constituida por rocas sedimentarias tectonizadas por pliegues y fallas formadas por el plegamiento de la corteza como producto de la subsidencia del escudo brasileño bajo la cordillera andina.

Esta región está atravesada por grandes fallas de tipo inverso de bajo ángulo, que dan origen al sistema de fallas de Moyobamba relacionadas a movimientos tectónicos del Terciario, las cuales controlan la cuenca cuaternaria Alto Mayo ubicada en el área Sub-Andina del Norte de Perú (6°S, 77° O). Se ha identificado recientemente un potencial de actividad sísmica en algunas fallas, particularmente para la Falla Shitari (o Rioja) y las fallas Moyobamba Norte y Sur. La alta actividad sísmica histórica que caracteriza el área (sismos en 1927, 1968, 1990 y 1991), parece estar estrechamente relacionada con la reactivación de estas estructuras de fallas.

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 la Figura 6.4, los sismos han sido clasificados en superficiales ($h < 60$ km), intermedios ($61 < h < 350$ km.) y profundos ($h > 351$ km.).

El interés de analizar y evaluar la distribución de los sismos en función de la profundidad de sus focos, se debe a que resulta importante definir la superficie de contacto entre las placa de Nazca y Sudamérica y la geometría de la primera a diversos niveles de profundidad por debajo del territorio peruano. Así mismo, este tipo de información nos permite conocer de manera aproximada, la profundidad de los principales sistemas de fallas descritas anteriormente, cuya información resulta vital, para establecer futuros patrones de riesgo para las zonas en donde se ubican estas fallas.

Haciendo uso de la base de datos ya mencionada, se construye la sección vertical de sismicidad, en la que se observa que la profundidad de los sismos aumenta de oeste a este, con focos

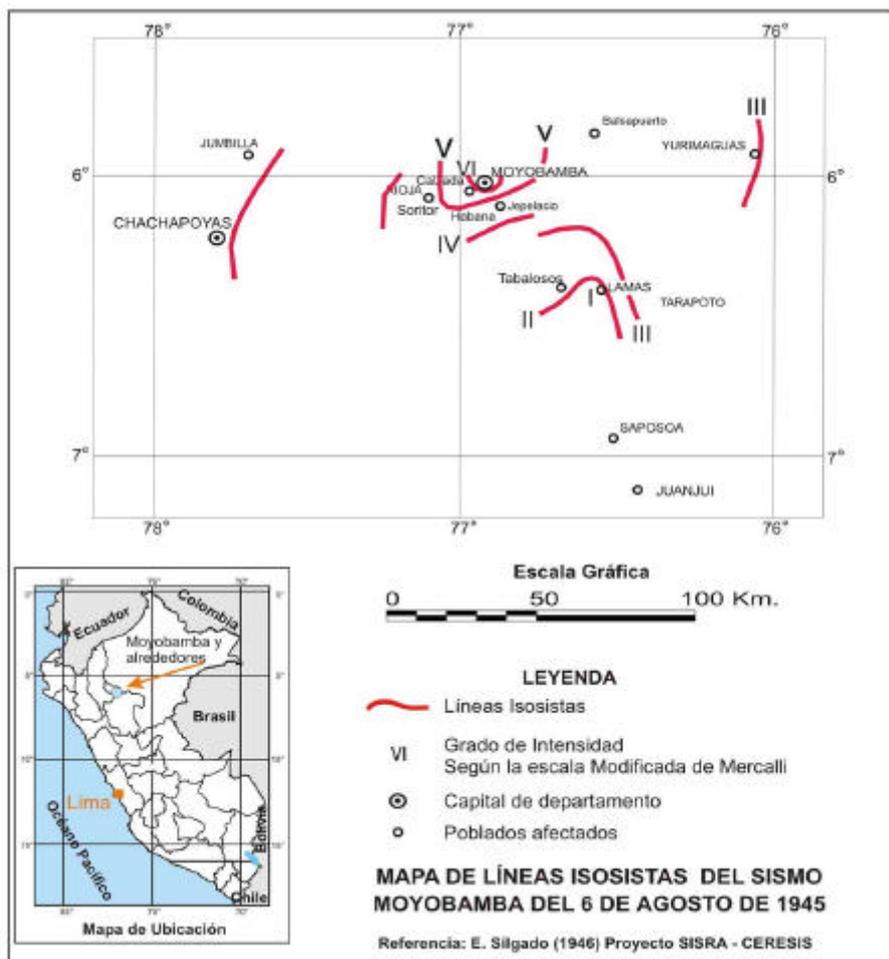


Figura 6.1 Mapa de Líneas Isosistas del Sismo de Moyobamba. del 06 de agosto de 1945.

ubicados a menos de 50 Km. en la fosa oceánica, hasta 150 Km de profundidad por debajo del continente. Entre 328 y 492 Km de distancia horizontal desde el punto 0, se observa menor ocurrencia de sismos, siendo estos más superficiales, lo que indica la presencia de una laguna sísmica. A partir de la distancia de 530 a 615 km desde el punto 0 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 492 km desde el punto 0, formando un nido sísmico con una profundidad que no sobrepasa los 60 km marcando así el límite inferior de la deformación superficial en el interior del continente.

Estudio Sísmico Probabilístico

Con el propósito de conocer las aceleraciones máximas producidas por un sismo, que en el futuro pudiera ocurrir en la región San Martín, se ha procedido a evaluar el peligro sísmico de dicha región utilizando la base de datos sísmicos del Catálogo Sísmico del IGP y la ley de atenuación de Casaverde y Vargas (1980), y

las fuentes sísmogénicas definidas por Zamudio y Tavera (2004). Para el cálculo de las aceleraciones máximas se ha hecho uso del programa RISK III (McGuire, 1999). Se muestra los mapas de aceleraciones máximas para un periodo de retorno de 20, 50 y 100 años con un 10% de excedencia dentro de la región, se muestra el mapa de distribución de aceleraciones máximas para un 10% de excedencia. Para 20 años oscilan entre 225 a 405 gals (Figura 6.5), para el periodo de 50 años de vida útil varían de 275 a 485 gals. (Figura 6.6) y para 100 años varían de 360 a 545 gals (Figura 6.7). Estos resultados muestran que las áreas más propensas a soportar aceleraciones importantes se encuentran en el sector norte de la región de San Martín, siendo coherente con el importante número de sismos que en dicha área ocurren.

Zonificación y Aceleraciones Máximas

Los diversos estudios de sismicidad existentes en la bibliografía, han sido base para que autores como Alva (1999) elaborase el Mapa de Zonificación Sísmica para el Perú, el mismo que es actualmente utilizado en el Reglamento de Construcción Sísmica y

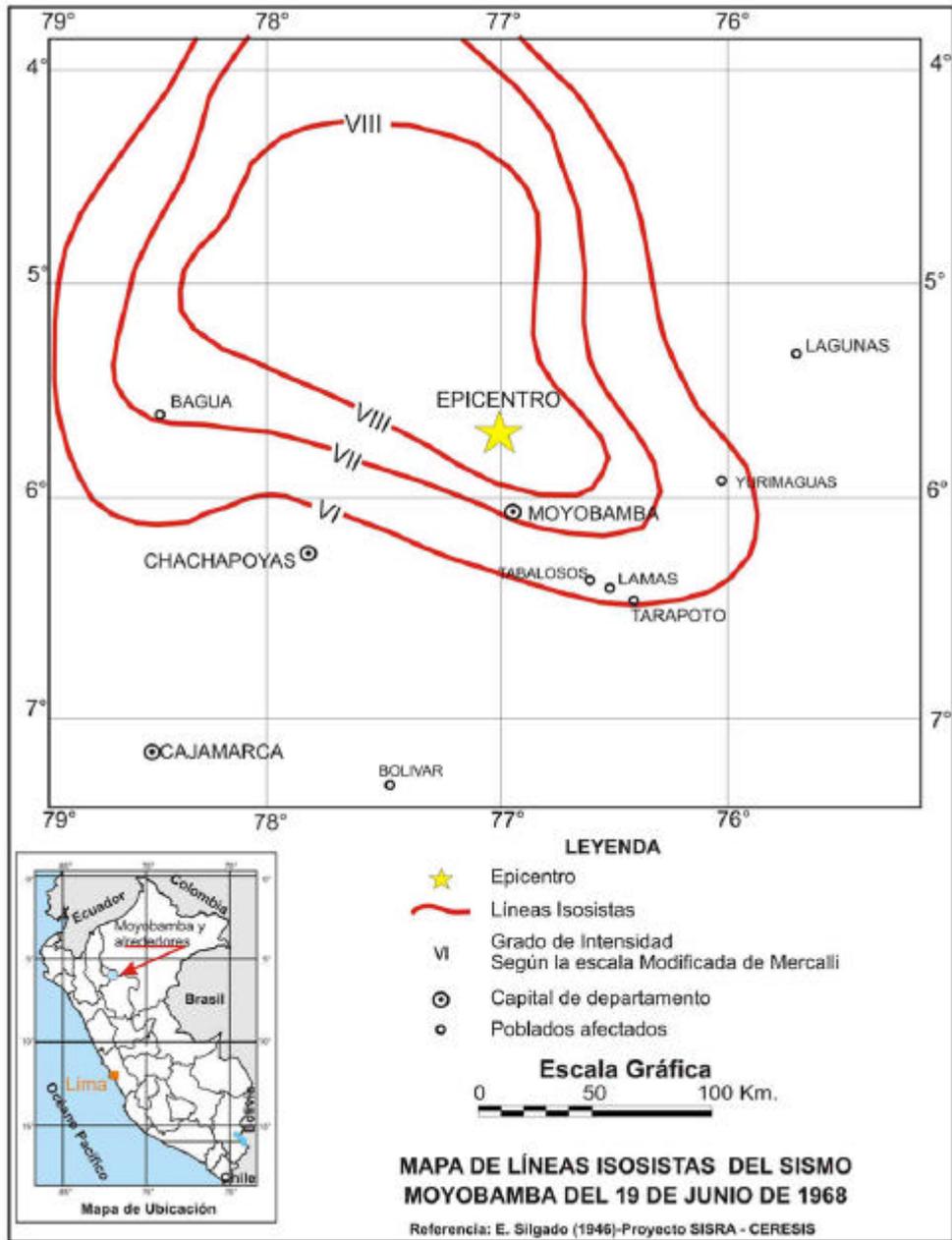


Figura 6.2 Mapa de Líneas Isosistas del Sismo de Moyobamba.

aprobado según Norma Sismorresistente NTE 030-97 MTC/SENCICO (1997) (Figura 6.8). Según el mapa, en la región San Martín se localiza en la Zona 2 correspondiente a una Sismicidad Media.

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

Asimismo en la Figura 6.9 se presenta la curva de Peligro Sísmico Anual calculado donde nos muestra la probabilidad de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud para la ciudad de Moyobamba. De la figura se deduce que en dicha zona se produciría una aceleración máxima de 625 gals con una probabilidad de 0,002%, siendo el periodo medio de retorno del sismo que produce dicha aceleración de 900 años. Aceleraciones del orden de 348 gals se producirían con un porcentaje de 0,06% con periodos de tiempo de 50 años en promedio.

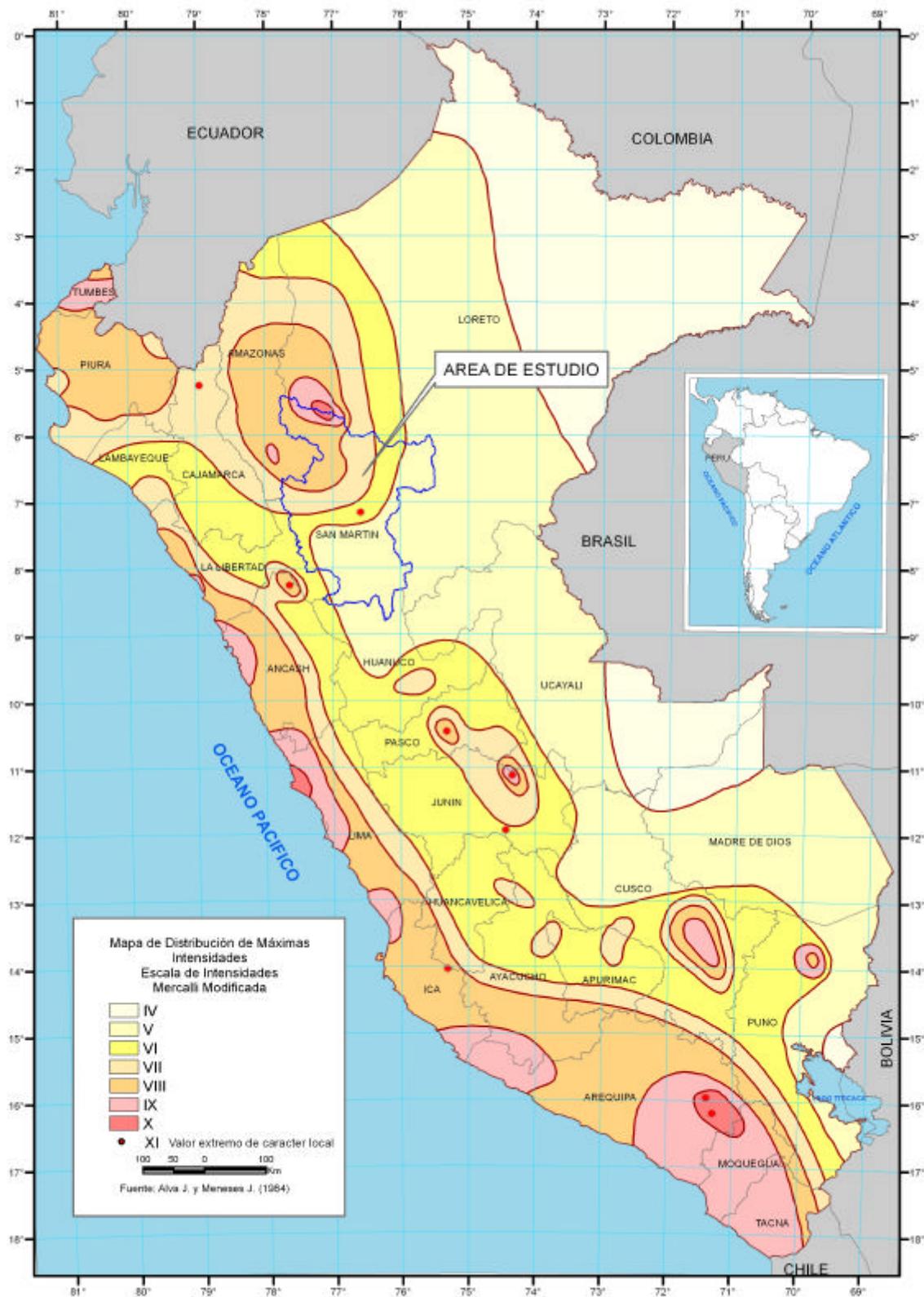


Figura 6.3 Mapa de Distribución de Intensidades Sísmicas Máximas.

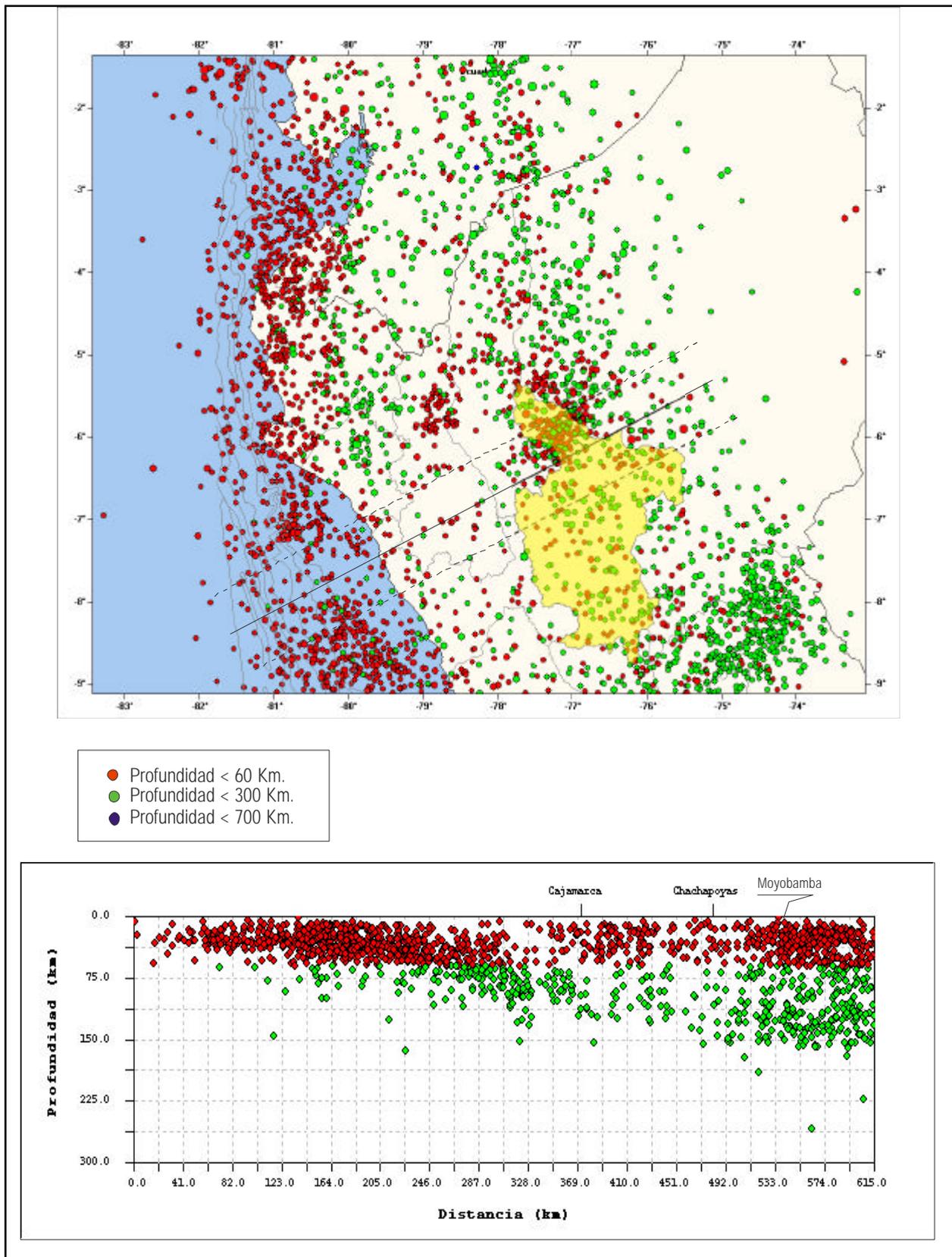
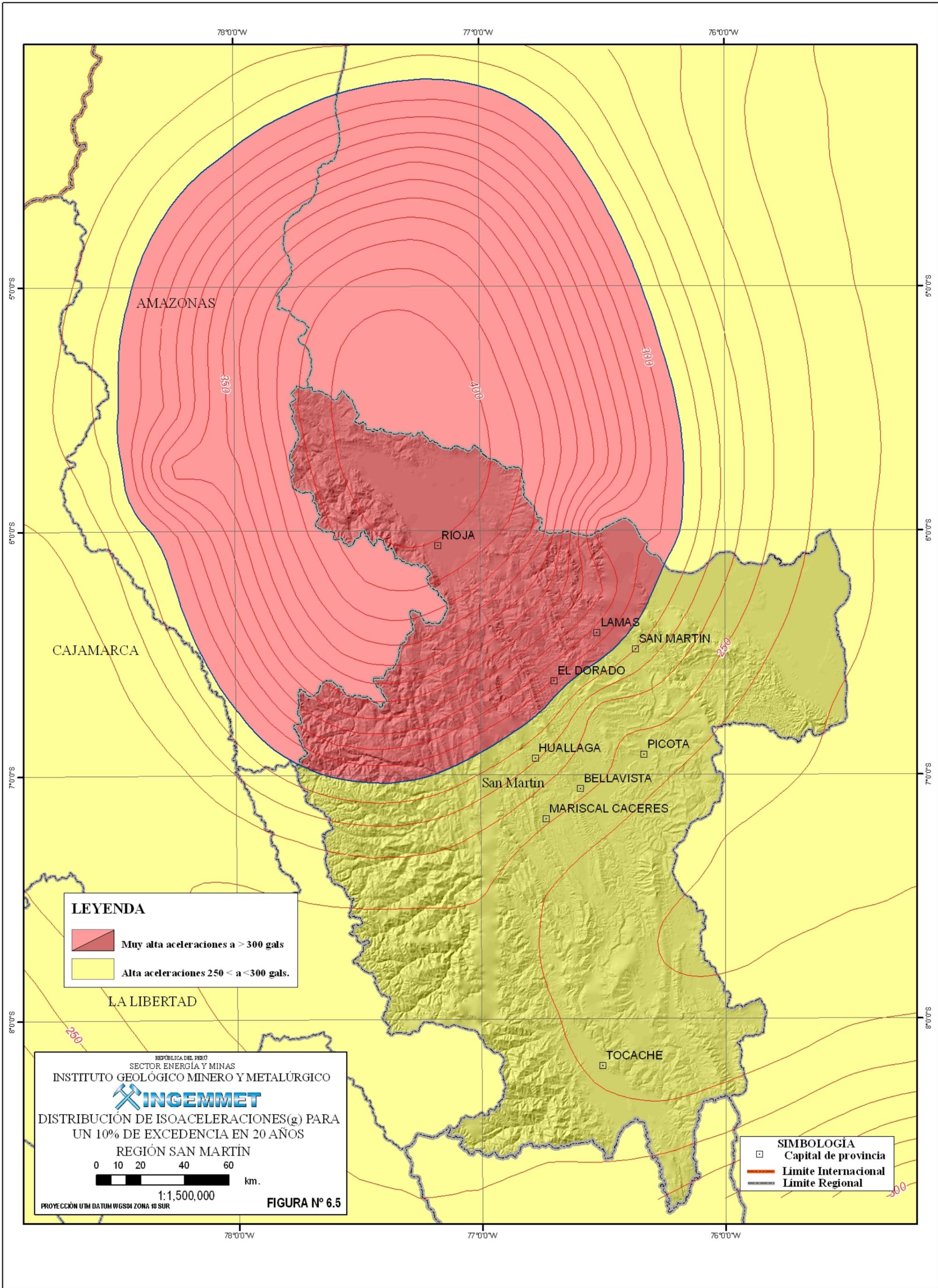


Figura 6.4 Distribución de sismos ocurridos en los años 1500 a 2005.



LEYENDA

- Muy alta aceleraciones a > 300 gals
- Alta aceleraciones 250 < a < 300 gals.

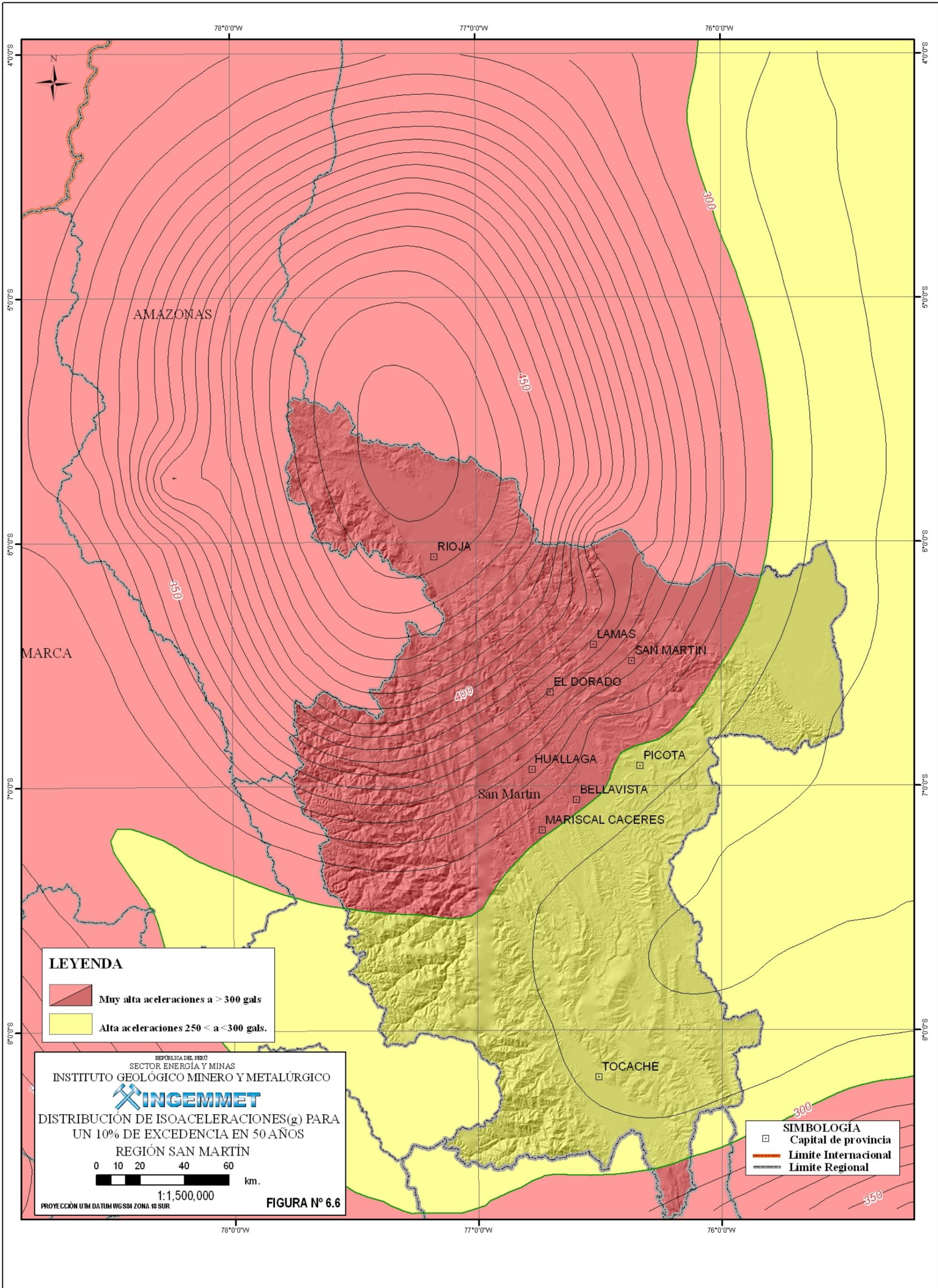
REPÚBLICA DEL PERÚ
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
 DISTRIBUCIÓN DE ISOACELERACIONES(g) PARA
 UN 10% DE EXCEDENCIA EN 20 AÑOS
 REGIÓN SAN MARTÍN
 0 10 20 40 60 km.
 1:1,500,000
 PROYECCIÓN UTM DATUM WGS84 ZONA 18 SUR

FIGURA N° 6.5

SIMBOLOGÍA

- Capital de provincia
- Límite Internacional
- Límite Regional

PÁGINA EN BLANCO



LEYENDA

- Muy alta aceleraciones a > 300 gals**
- Alta aceleraciones 250 < a < 300 gals.**

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO



DISTRIBUCIÓN DE ISOACELERACIONES(g) PARA UN 10% DE EXCEDENCIA EN 50 AÑOS

REGION SAN MARTÍN

0 10 20 40 60 km.

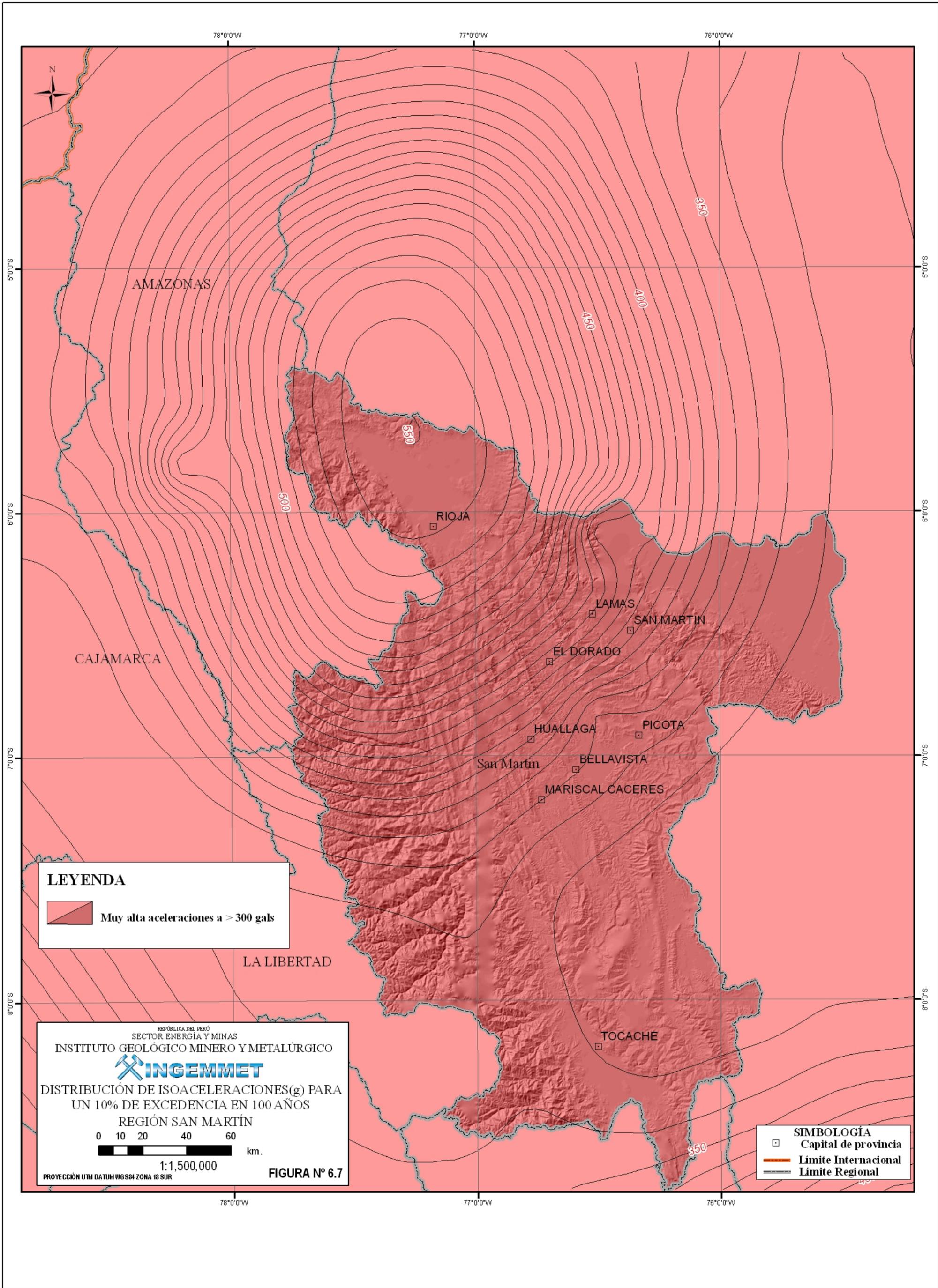
1:1,500,000

PROYECCIÓN UTM DATUM WGS84 ZONA 18 SUR

FIGURA N° 6.6

- SIMBOLOGÍA**
- Capital de provincia**
 - Límite Internacional**
 - Límite Regional**

PÁGINA EN BLANCO



LEYENDA

Muy alta aceleraciones a > 300 gals

REPÚBLICA DEL PERÚ
SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

INGEMMET

DISTRIBUCIÓN DE ISOACELERACIONES(g) PARA UN 10% DE EXCEDENCIA EN 100 AÑOS
REGIÓN SAN MARTÍN

0 10 20 40 60 km.

1:1,500,000

PROYECCIÓN UTM DATUM WGS84 ZONA 18 SUR

FIGURA N° 6.7

SIMBOLOGÍA

□ Capital de provincia

— Límite Internacional

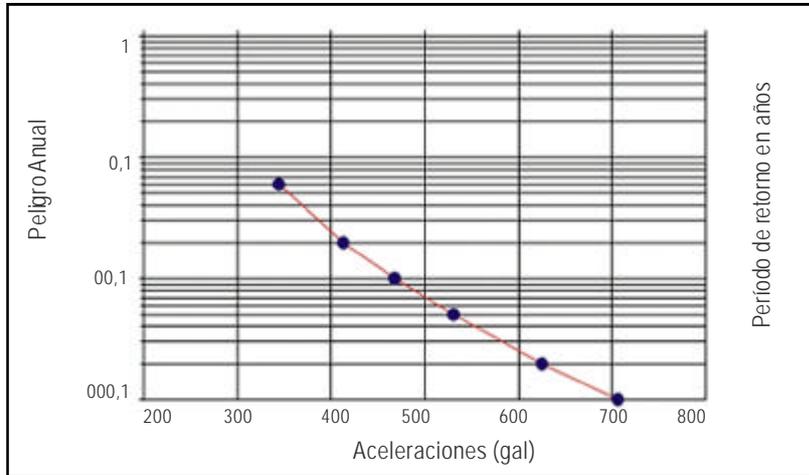
— Límite Regional

PÁGINA EN BLANCO



Figura 6.8 Mapa de Zonificación Sísmica del Perú.

**Peligro Anual para Moyobamba
Pto.06°14' -77°52'**



Curva de Peligro Anual para la ciudad de Moyobamba.
Fuente: Instituto Geofísico del Perú, 2005.

Según la guía metodológica de evaluación (cuadro 6.17), de riesgo por fenómenos de remoción en masa (INGEOMINAS, 2001), para un 10% de excedencia en 20, 50 y 100 años de vida útil, correspondientes a 200, 475 y 1000 años de periodo de retorno

respectivamente, se ha determinado en forma general para el factor detonante categorías de Alta y Muy Alta, de acuerdo a valores de aceleraciones máximas esperadas para la región.

**Cuadro 6.17
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 mayores a 300 gals	4

CAPÍTULO VII

SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA

GENERALIDADES

La susceptibilidad a los movimientos en masa se define como la posibilidad de que una zona sea afectada por un determinado proceso geológico, expresada en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos pueden ser intrínsecos o externos.

En general, la evaluación de la susceptibilidad se puede efectuar mediante dos grandes grupos de aproximaciones: (1) análisis de la ocurrencia de los movimientos de ladera en amplias regiones utilizando observaciones geológicas y geomorfológicas y (2) modelos basados en el tratamiento estadístico de los parámetros de laderas (métodos no deterministas). Cabría mencionar un tercer tipo de métodos, combinación de los dos, que se denominan modelos «conceptuales» (Irigary, C y Chacón J., 2002)

Hay diferentes métodos de realizar mapas de susceptibilidad a los movimientos en masa; los más usados son: el análisis de distribución de los movimientos de ladera, análisis de la actividad, densidad de los movimientos, análisis geomorfológico, análisis cualitativo, y el análisis estadístico bivalente, análisis estadístico multivariante y el determinista (Irigary, C y Chacón, J., 2002).

Para nuestro caso se ha tomado el análisis CUALITATIVO. El fundamento de este método lo constituye el análisis cruzado de los mapas factores utilizando el cálculo de la densidad de movimientos. La importancia de cada factor o combinación específica de factores, se pueden analizar individualmente. Si se utilizan valores normalizados (densidad de movimientos de ladera en cada clase de cada factor analizado respecto a la densidad global en toda la zona estudiada), se pueden elaborar mapas de susceptibilidad absolutos mediante la asignación de valores ponderados según la experiencia del investigador, o bien en función de la relación entre el inventario y los factores utilizados.

También es posible combinar varios mapas factores en un mapa de unidades homogéneas, que es el que posteriormente se cruza con el mapa de movimientos en masa, con el objeto de tener una densidad de movimientos, para cada combinación única de factores de entrada (La metodología se basa en la preparación de mapas temáticos de factores condicionantes y en la superposición de éstos, estableciendo el grado de susceptibilidad en función del peso

asignado a cada uno de los factores considerados. Los mapas se realizan con el Sistema de Información Geográfica (SIG). (Irigary, C y Chacón, J. 2002).

Las limitaciones que presentan los mapas de susceptibilidad son las siguientes: predicen las áreas donde pueden ocurrir movimientos en masa, pero no la fecha ni la cantidad de eventos que pueden suceder; solamente indican la posibilidad de ocurrencia sobre la base del análisis de los factores condicionantes; requieren de un conocimiento del área a evaluar; y sus límites deberán interpretarse como una referencia y no como valores absolutos.

FACTORES CONDICIONANTES DE LA INESTABILIDAD

Factor Geomorfológico

El objetivo es una cartografía analítica de utilidad general, con un contenido muy completo, para proporcionar información organizada, básica y práctica a la vez. Con esa finalidad se desdobra la información cartográfica en dos mapas independientes: geomorfológico y de procesos activos (Salazar y Martín-Serrano, 2006).

Para determinar la susceptibilidad a los movimientos en masa en función de la geomorfología, de acuerdo a lo observado en campo, cada unidad identificada ha recibido una calificación que se muestra en el Cuadro 7.1.

Como resultado se han definido cinco categorías de susceptibilidad a los movimientos en masa (Mapa 6), estas se describen a continuación.

Susceptibilidad Muy Alta (Calificación 4)

Este grado de susceptibilidad corresponde a áreas de montañas estructurales, colinas de pendiente alta, colinas estructurales, y colinas estructurales disectadas. En estas unidades se pueden presentar deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas y movimientos complejos.

En zonas de abanicos proluviales en tiempos de lluvias se generan flujos de detritos, especialmente, en la zona de los valles encañonados o en zonas de quebradas ubicadas en las unidades de montañas.

Cuadro 7.1
Geomorfología y Susceptibilidad a los Movimientos en Masa

Unidad Geomorfológica		Símbolo	Susceptibilidad	
			Grado	Calificación
Montañas	Montañas con pendiente alta	Mf	Alta	3
	Montañas con pendiente media	Mm	Alta	3
	Montañas con laderas estructurales	Me	Muy Alta	4
	Karst	Kr	Baja	1
Colinas y Lomadas	Colinas	Col	Media	2
	Colinas de pendiente alta	Coa	Muy Alta	4
	Colinas de pendiente baja	Cob	Media	2
	Colinas disectadas	Cd	Alta	3
	Colinas estructurales	Ce	Muy alta	4
	Colinas estructurales disectadas	Ce-d	Muy Alta	4
	Lomadas	Lo	Media	2
	Monte isla	Mi	Media	2
	Domo	Do	Alta	3
Piedemontes	Abanicos proluviales	Ap	Muy Alta	4
	Abanicos deluvio-coluviales	Ad	Alta	3
	Vertiente de detritos	Vd	Alta	3
	Depósitos deslizamientos	Dd	Alta	3
	Depósitos glacio-fluviales	Dgf	Media	2
Planicies y Depresiones	Planicies aluviales o terrazas altas/Fondo de valles fluviales	Ta	Media	2
	Llanuras o planicies inundables	Lli	Muy Baja	0
	Planicie alta	Pa	Baja	1
	Valle glaciar con lagunas	Vg	Baja	1
	Islas	I	Muy Baja	0
	Planicie alta disectada / planicie antigua	Paa	Media	2
	Lagunas	Lg	Baja	0

Las pendientes de estos terrenos que han sufrido modificaciones son muy susceptibles a los movimientos en masa.

Susceptibilidad Alta (Calificación 3)

La susceptibilidad alta, involucra las unidades de montañas con pendiente alta y media, colinas disectadas, domo, abanicos deluvio-coluviales, vertiente de detritos, depósitos deslizamiento. En estas unidades geomorfológicas conforman lugares donde pueden ocurrir deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, movimientos complejos y flujos.

En donde hay afloramientos de domos y estos están disectados por ríos o quebradas se presentan derrumbes y deslizamientos, como también se pueden generar flujos.

En las zonas de los abanicos proluviales/aluviales, y abanicos deluvio-coluviales en tiempos de lluvias se generan flujos de detritos, especialmente en la zona de los valles encañonados o en zonas de quebradas ubicadas en las unidades de montañas.

En las áreas de depósitos de deslizamientos antiguos se pueden generar nuevos deslizamientos o derrumbes. En caso de modificar la pendiente original se originará deslizamientos, derrumbes como también caídas de rocas.

Las áreas de vertiente de detritos, son inestables. Si se modificara su pendiente original se van a presentar fenómenos de movimiento en masa.

Susceptibilidad Media (Calificación 2)

Este tipo de susceptibilidad es característica de las siguientes unidades: colinas, colinas de pendiente baja, lomadas, monte isla, depósitos glacio-fluviales, terrazas altas y planicies altas disectadas.

En las unidades conformadas por colinas, colinas de pendiente baja, lomadas y monte isla, se van a presentar movimientos en masa de poca magnitud; es posible que se generen deslizamientos y derrumbes, muchos de ellos relacionados con la modificación de su talud original (ej. corte de talud) o por deforestación. Se pueden presentar también erosiones en cárcavas, que suelen producir flujos de detritos (huaycos).

En las zonas donde se presentan depósitos glacio-fluviales, se presentan flujos, como también erosiones en cárcavas.

En la terrazas altas, que comprende planicies aluviales o terrazas altas o fondo de valle fluviales, se pueden generar derrumbes o deslizamientos por ensanchamiento del río. Se pueden presentar también flujos.

En las áreas de planicies altas disectadas, por ensanchamiento de las cárcavas y quebradas se van a generar derrumbes y deslizamientos, aportando material al canal de la cárcava que puede generar flujo de detritos.

Susceptibilidad Baja (Calificación 1)

Tenemos las unidades de Karst, planicies aluviales altas y valle glaciar con lagunas.

En las zonas de karst se pueden presentar hundimientos, así como también deslizamientos y derrumbes.

En las áreas de planicies aluviales altas se pueden presentar deslizamientos y derrumbes, por estar ubicados cerca de los bordes de los ríos. Se ha observado también que en las zonas disectadas por ríos, y en los bordes de las quebradas, se pueden presentar derrumbes o deslizamientos (por ensanchamiento de la quebrada), así como también, se pueden generar flujos.

Susceptibilidad Muy Baja o Nula (Calificación 0)

En esta categoría se encuentra la llanura o planicies inundables, donde es muy raro que se presenten movimientos en masa. Se pueden presentar deslizamientos y derrumbes de poca magnitud en los bordes de las terrazas bajas debido a la erosión fluvial.

En la unidad de islas y lagunas, es muy raro encontrar movimientos en masa.

Factor Pendiente

La pendiente 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 & Mendoza, 2002. En Restrepo & Velásquez, 1997; Mora y Vahrson, 1994; Van Westen & Terlien, 1995).

En general, la relación entre movimientos de masa y pendiente, no es apropiado generalizarla, 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 7.2).

Cuadro 7.2

Clasificación de pendientes y susceptibilidad a los movimientos en masa

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°	2	Media

(*) Las pendientes de 0° a 1° y de 1° a 5°, se consideran de muy alta y alta susceptibilidad a las inundaciones y erosión fluvial.

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

Susceptibilidad Muy Alta (Calificación 4)

Comprende los terrenos o laderas con pendientes entre 25° - 45°, en ellas se registran los mayores movimientos en masa.

Susceptibilidad Alta (Calificación 3)

En este grado de susceptibilidad tenemos los terrenos con pendientes entre 15°-25°, pues en ellas se encuentran movimientos en masas antiguas y modernas, pero en menor cantidad que los anteriores.

Susceptibilidad Media (Calificación 2)

Los terrenos o laderas con pendientes entre 5° a 15°, y mayores de 45° se encuentran o se pueden generar movimientos en masa.

Susceptibilidad Baja (Calificación 1)

Laderas entre 1° y 5° de inclinación suave conforman relieves con baja susceptibilidad (algunas veces afectadas por eventos que se originan en pendientes más inclinadas), generalmente flujos de detritos (huaycos).

Susceptibilidad Nula (Calificación 0)

Los terrenos o laderas con pendientes entre 0° a 1°, son zonas casi imposibles que se generen movimientos en masa.

De acuerdo a esto, es fácil de que ocurran movimientos en masa, en laderas y cauces cuya inclinación principal varía entre media a fuerte (5°-45°), también es más 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 (Zavala & Vilchez, 2006).

Los flujos de detritos son muy frecuentes en terrenos con pendientes entre 5° a 15°, también ocurren a mayores pendientes (25° a 45°); menos frecuentes entre 15° y 25°. La erosión de laderas se da mayormente en pendientes entre 25° y 45°.

Los deslizamientos y movimientos complejos inventariados son frecuentes en pendientes entre 15°-25°; también ocurren en terrenos de poca pendiente (5° a 15°).

Las caídas de rocas y derrumbes se dan en pendientes entre 15° y 45°, principalmente entre 25°-45°; aunque también se han presentado en laderas escarpadas mayores a 45° y menores de 25°.

Factor Litológico

Este factor es muy importante para poder analizar la susceptibilidad de los terrenos a los movimientos en masa, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- En el comportamiento litológico se debe considerar el aspecto geomecánico (grado de fracturamiento) y grado de alteración (meteorización).
- Se considera la parte estructural: cómo son los planos de falla, pliegues (sinclinales y anticlinales), discontinuidades, fracturamiento y buzamiento de las rocas, estos influyen en la generación de los fenómenos de movimientos en masa.

También es necesario evaluar el suelo, la cobertura que se encuentra sobre la roca, y determinar su comportamiento.

Para analizar este aspecto se ha recurrido al mapa geológico de la zona, en el que se han agrupado unidades desde el punto de vista litológico. Cada agrupación tiene características muy similares.

En el caso de la región San Martín, se tomó 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, y esto nos permitió establecer grados de susceptibilidad. El Cuadro 7.3 muestra la relación de las unidades litológicas, el grado de susceptibilidad y los valores otorgados.

Susceptibilidad Muy Alta (Calificación 4)

Las unidades coluvio-deluviales (I-5) y conglomerados, areniscas, y lodolitas (V-6) se encuentran en este grado de susceptibilidad. En las primeras se presentan caídas de rocas, derrumbes, deslizamientos y también flujos de detritos no canalizados, también se encuentran cicatrices de deslizamientos antiguos.

Susceptibilidad Alta (Calificación 3)

Abarcan las unidades de conglomerados, areniscas, lutitas, lavas andesíticas y tufos (IV), calizas, calizas y margas (V-1), areniscas, limoarcillitas y lodolitas (V-1), lodolitas y limoarcillitas rojas (V-4) y domo de sal (V-7). En la primera unidad se presentan deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, avalanchas de rocas, que en general son rocas muy meteorizadas. En el caso de la segunda se presentan deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas y hundimientos, tercera y cuarta se presentan deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas; éstas son rocas meteorizadas y poco consolidadas. En la quinta unidad se generan derrumbes y deslizamientos, constituyendo rocas de muy mala calidad.

Susceptibilidad Media (Calificación 2)

Las unidades que obtienen esta calificación son los granitos (II-1), tonalitas y granodioritas (II-2), pórfidos (II-3), gabros y dioritas (II-

Cuadro 7.3
Litología y Susceptibilidad a los Movimientos en Masa

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

Nota: Esta distribución de las rocas se correlacionan con las de la región Huánuco (Zavala y Vilchez 2006).

4), areniscas y lutitas (V-2), lutitas (V-5), y esquistos y mecaesquistos (VI-1); estas rocas son poco susceptibles a la formación de deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas.

Susceptibilidad Baja (Calificación 1)

Esta calificación corresponde a los depósitos aluviales y proluviales (I-2), glaciales (I-3), glacio-fluviales (I-4). Se pueden generar deslizamientos y derrumbes en las áreas surcadas por ríos o quebradas (movimientos en masa causados por la erosión fluvial); en la segunda y tercera se pueden generar derrumbes y deslizamientos.

Susceptibilidad Muy Baja (Calificación 0)

A este grado de susceptibilidad corresponde a la unidad fluvial (I-1), donde es casi imposible que se generen movimientos en masa.

Factor Hidrogeológico

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

Una lluvia, durante varios días consecutivos o con pocos días de diferencia, puede producir acumulación de agua subterránea, debido a que el talud no ha drenado el agua infiltrada; al ocurrir la siguiente lluvia se produce un ascenso del nivel freático. El régimen de aguas subterráneas en respuesta a las lluvias será diferente según la pendiente de la ladera, su litología y vegetación (Zavala & Vilchez, 2006).

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

El agua que se infiltra en el suelo además de la cantidad, intensidad y tipo de precipitación, estructura geológica (fracturamiento), la pendiente del terreno y cantidad y tipo de vegetación, queda determinada por la permeabilidad de los suelos y rocas, relacionados a la estratigrafía o secuencia de estratos permeables e impermeables.

Una infiltración alta puede producir problemas de presión del agua interna que genere un deslizamiento.

En el caso de que el talud llegue a saturarse, la facilidad o dificultad con que el talud se autodrene depende de las formaciones geológicas circundantes, por tanto, la presencia de mantos permeables de evacuación de agua favorecerán grandemente su estabilidad.

Los materiales impermeables que impiden el paso de las corrientes de agua subterránea, facilitan la ocurrencia de deslizamientos.

En el cuadro 7.4 se muestran las valoraciones de las unidades y subunidades, según lo observado en campo.

Por la escala de trabajo, en muchos casos no es posible delimitar los depósitos residuales, sin embargo, la apreciación de susceptibilidad, en este tipo de suelos está relacionada al tipo de roca subyacente. Esto es principalmente observable en las rocas metamórficas del Complejo Marañón y en rocas intrusivas.

GRADOS DE SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA

Para hallar los grados de susceptibilidad se usó el método cualitativo basado en la categorización y ponderación de factores. Cada factor o variable corresponde a un mapa temático, que se combina con los otros, obteniendo una zonificación de la susceptibilidad en grados cualitativos.

Los factores o variables utilizados para el análisis de susceptibilidad a los movimientos en masa son: la geomorfología, pendientes, litología e hidrogeología (Cuadros 7.1, 7.2, 7.3 y 7.4).

SUSCEPTIBILIDAD DE LOS TERRENOS A LOS MOVIMIENTOS EN MASA

El mapa de susceptibilidad de los terrenos a los movimientos en masa indica el grado de ocurrencia de deslizamientos, caídas, vuelcos, movimientos complejos y flujos.

Cuadro 7.4
Unidades Hidrogeológicas y Susceptibilidad

Unidad	Subunidad	Símbolo	Grado	Calificación
Acuífero	Acuífero fisurado sedimentario excelente	AFSe	Alto	3
	Acuífero fisurado sedimentario regular	AFSr	Medio	2
	Acuífero fisurado sedimentario pobre	AFSp	Medio	1
	Acuífero fisurado volcánico-sedimentario regular	AFVSr	Alto	3
	Acuífero fisurado metamórfico regular	AFMr	Medio	2
	Acuífero poroso no consolidado excelente	APe	Alto	3
	Acuífero poroso no consolidado regular	APr	Medio	2
	Acuífero poroso no consolidado pobre	APp	Medio	1
Acluitardo	Acluitardo intrusivo	ATi	Alto	3
	Acluitardo sedimentario	ATs	Medio	2
Aclucido		AC	Muy Alto	4

Cuadro 7.5
Ponderación de las Variables en el Análisis de Susceptibilidad a los Movimientos en Masa

Variable	Característica	Obtención	Peso
Pendientes	Rangos de pendiente de los terrenos, expresado en grados (0° a 90°).	Modelo Digital de elevaciones, elaborado con SIG a partir de mapas topográficos a escala 1:100 000 con equidistancia de curvas cada 50 m (Mapa 4).	35
Litología	Se estima la inestabilidad de los terrenos en función de las características litológicas de las unidades diferenciadas (substrato rocoso y depósitos inconsolidados).	En base a los mapas geológicos a escala 1:100 000 de la carta geológica nacional (Mapa 1).	30
Geomorfología	Unidades geomorfológicas de acuerdo a su amplitud de relieve, altura relativa, pendiente y asociación morfogenética.	Interpretación de imágenes satelitales, cartas topográficas y chequeo de campo a escala 1:100 000 (Mapa 3).	25
Hidrogeología	Unidades hidrogeológicas de acuerdo a su capacidad de almacenamiento de agua.	En base a los mapas geológicos a escala 1:100 000 (Mapa 2)	10

Los grados de susceptibilidad se calcularon a partir de los valores obtenidos de las interacciones entre los cuatro mapas de factores: geomorfología, pendientes, litología e hidrogeológico, con ayuda del Sistema de Información Geográfica (ARCGIS 9.0 y sus herramientas Spatial Análisis y 3D Análisis), empleando la siguiente ecuación:

$$SMM = \frac{L(0.35) + P(0.30) + G(0.25) + H(0.10)}{4}$$

en donde:

- G : Susceptibilidad del parámetro Geomorfología
 P : Susceptibilidad del parámetro Pendiente
 L : Susceptibilidad del parámetro Litología
 H : Susceptibilidad del parámetro Hidrogeología

Los valores calculados por el software de SIG se evaluaron en forma estadística; primero se dividió en forma aritmética en cinco rangos (entre el máximo y mínimo valor obtenido) y posteriormente éstos fueron corregidos empleando la suma de las desviaciones al cuadrado, para esta operación se usó el software EXCEL.

En el cuadro 7.6 se describen las características de las cinco zonas de susceptibilidad diferenciadas.

Cuadro 7.6
Grado de Susceptibilidad

Rango de Valores	Grado de Susceptibilidad
0 – 0,085	Muy baja
0,085 – 0,37	Baja
0,37 – 0,555	Moderada
0,555 – 0,74	Alta
0,74 – 0,925	Muy alta

CATEGORÍAS DE SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA

En el Mapa 7, se han diferenciado cinco zonas con distinta susceptibilidad los cuales se describen a continuación:

- a) **Susceptibilidad Muy Baja:** Esta zona comprende gran parte del Llano Amazónico, donde los movimientos en masa son muy escasos, se pueden presentar en menor escala por la erosión fluvial de los ríos hacia los bordes de las terrazas, o en zonas intensamente deforestadas. Es característica de esta zona la pendiente baja.
- b) **Susceptibilidad Baja:** Esta zona comprende parte del Llano Amazónico, zonas de planicies y de terrazas altas. Se pueden presentar fenómenos de movimientos en masa debido a la erosión fluvial o a factores antrópicos.

c) **Susceptibilidad Media:** Existe la posibilidad de que se generen deslizamientos y derrumbes. Son zonas poco inestables, entre ellas se encuentran las colinas y lomadas. Las rocas se encuentran fracturadas y alteradas.

Cuando las laderas son modificadas por alguna obra civil, es probable que se generen fenómenos de remoción en masa, como caídas y deslizamientos.

d) **Susceptibilidad Alta:** Comprende áreas de montañas con pendiente alta, rocas meteorizadas y fracturadas; en ellas se encuentran cicatrices de deslizamientos antiguos y modernos, se pueden generar también movimientos complejos y caídas de rocas. Ocupan laderas poco estables. Esta zona

comprende parte de la Faja Subandina y de la Cordillera Occidental.

e) **Susceptibilidad Muy Alta:** Corresponde a zonas de montañas, de pendientes moderadas a fuertes, con rocas fracturadas a muy fracturadas, meteorizadas.

Existe una alta posibilidad de que ocurran fenómenos de movimientos en masa. En estas zonas se encuentran evidencias de deslizamientos antiguos y avalanchas de roca, de mayor magnitud que los actuales. En la actualidad, los fenómenos de movimiento en masa se están acelerando por la intensa deforestación y construcción de obras civiles (vías de acceso).

Grado de Susceptibilidad	Descripción
Alta ⁵	<p>Terrenos que corresponden a la llanura de inundación periódica a ocasional de los ríos principales, tenemos los ríos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Huallaga: extremo sur de la región – Tocache – Desembocadura del río Mishillo; Campanilla – Juanjuí – Bellavista – San Rafael – Picota – Pucacaca – Pilluana y Huimbayoc – Chipurana – Papaplaya – El Porvenir. • Mayo: Pardo Miguel – San Fernando – Yuracyacu – Moyobamba, y Shapaja – Chazuta. • Cumbaza: Banda Shilcayo – Juan Guerra – Desembocadura al río Mayo. • Río Biabo: Bajo Biavo, Alto Biavo. • Río Saposoa: Saposoa – Piscoyacu – El Eslabón – Sacanche – Tingo de Saposoa. • Río Sisa: Santa Rosa – San Pablo – San Rafael. • Río Cainarache: Cainarache – Barranquita – desembocadura río Huallaga. <p>Incluyen zonas urbanas y asentamientos urbanos ubicados dentro de las áreas de inundación normal a excepcional, terrenos de cultivo y vías de comunicación.</p>
Moderada ⁶	<p>Terrenos bajos adyacentes a la llanura de inundación, terrazas; paleocauces o cauces antiguos de los ríos Huallaga, Mayo, Cumbaza, y Biabo; valles fluviales de ríos secundarios como el Yuracyacu, Romero, Huacayacu, etc. Terrenos levemente inclinados, mal drenados inundadas en períodos excepcionales o por elevación de nivel freático, principalmente en las cabeceras de valles.</p>
Baja	<p>Sectores muy escasos, presenta topografía plano-ondulada y terrazas altas aguas; cabeceras de los valles tributarios al río Biabo y vertientes inferiores de suave pendiente en el valle del Huallaga (cuadrángulo de Uchiza).</p> <p>Pueden deberse también a inundaciones de carácter pluvial, en áreas planas con deficiencia de drenaje.</p>
Nula	<p>Montañas y colinas, vertiente de laderas inclinadas y cóncavas; terrazas antiguas elevadas.</p>

⁵ En estas áreas se presentan además procesos de erosión fluvial o de riberas.

⁶ En el mapa de susceptibilidad aparecen algunos valores de susceptibilidad media en las partes altas. Esto se debe al grado de precisión del mapa de pendientes de acuerdo a la equidistancia entre las curvas de nivel y la escala de mapa utilizadas. Estas áreas al parecer planas pueden ser susceptibles a inundación por aguas pluviales.

CAPÍTULO VIII

SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES Y EROSIONES FLUVIALES

GENERALIDADES

La llanura aluvial no es un ente estático y fijo sino más bien todo lo contrario. Algunos autores argumentan que la frecuencia con que la llanura de inundación es anegada por el agua no se relaciona exclusivamente con la frecuencia de caudales, sino que también está relacionada con los cambios que se producen en la capacidad máxima del propio canal. La estabilidad frente a la ocurrencia de procesos tales como el desplazamiento y el corte de meandros son factores de evidente peligrosidad fluvial. Estas variaciones en la geometría del canal son características de los momentos de crecida, que es cuando el caudal supera los umbrales de energía necesarios para modificar el estado de equilibrio. Todos estos cambios sólo se pueden plantear y analizar desde una perspectiva geomorfológica (Schumm 1981, Chorley et al. 1984, Garzón Heydt 1985, Salazar y Martín-Serrano 2006).

Los estudios que han tratado de relacionar distintos periodos de retorno del caudal y el grado o porcentaje de inundación de la llanura no han logrado encontrar relaciones simples entre ambos (Lewin & Mantón 1975). Es por ello que es preciso recurrir a definiciones simples del concepto de llanura de inundación, tal como «la superficie aluvial adyacente a un canal que es inundada con frecuencia» (Chorley et al. 1984).

Una zona inundable es aquella susceptible de sufrir una inundación, y ésta según el Diccionario de la Real Academia, consiste en «cubrir de agua el terreno y a veces las poblaciones», sin establecer límite temporal alguno, refiriéndose por lo tanto a cualquier inundación, incluso la máxima posible.

Tal y como argumenta Ayala (2002), la aplicación exclusiva de criterios hidrológico-numéricos a la delimitación de áreas inundables es difícil de aplicar porque los errores pueden ser muy grandes, ya que las leyes estadísticas amplifican cualquier pequeña discrepancia en los datos, especialmente la torrencial.

Otra posibilidad para realizar los mapas de susceptibilidad a inundaciones es tomar en cuenta el método de análisis geomorfológico, este ofrece una visión basada en evidencias reales, las cuales permiten zonificar la llanura aluvial según la diferente actividad a la que están sometidas y, en consecuencia, según la frecuencia relativa de las avenidas. Además tiene aspectos que

escapan al análisis exclusivamente hidrológico-hidráulico, como los efectos de carga sólida así como la posibilidad del cambio de trazado del cauce principal, característica inherente no solo de canales torrenciales, sino también en los trazados meandriformes que muestran un bajo grado de encajonamiento en los depósitos aluviales. Si a este análisis le añadimos una exhaustiva recopilación de datos de inundaciones históricas que permitirá realizar las validaciones, los resultados adquieren una elevada factibilidad, sobre todo en aquellas unidades sometidas a altas frecuencias de inundación, precisamente las que poseen mayor interés en la gestión del riesgo (Marquínez J, et al 2006). La geomorfología controla teóricamente, el flujo de agua, y además existe el hecho de que la actual configuración de las formas del terreno y la distribución actual de los sedimentos fluviales, han sido originadas por los mismos ríos que provocarán inundaciones en el futuro.

Los métodos hidrológico-hidráulicos permiten la estimación de caudales para periodos de retorno concretos, cuando se dispone de una topografía detallada, la delimitación de la extensión, calado, velocidad y velocidad de la lámina de agua (Marquínez J, Lastra, J. y Fernández, E, 2006).

Este análisis geomorfológico de formas del terreno y sistema fluvial, debe ser reforzado con información sobre registros históricos de antiguas inundaciones e información topográfica. Considerando las características topográficas (pendiente) y unidades geomorfológicas (llanura inundable) de la región, el término de susceptibilidad a las inundaciones se aplica a los terrenos propensos a sufrir anegamiento, encharcamiento o inundación, como producto del desborde de ríos (IDEAM, 2001).

Para nuestro caso, la confección del mapa de susceptibilidad a inundaciones se ha tomado la geomorfología, donde se ha limitado la llanura de inundación, comprobada con las observaciones de campo y datos históricos de antiguas inundaciones; el otro factor usado en el análisis, es la información topográfica (base topográfica con equidistancia de curvas de nivel cada 50 m).

Por otro lado, es necesario que se reglamente el uso de tierras inundables, los gobiernos locales y los municipios deberían tener la obligación de contar con estos mapas de susceptibilidad que les servirán para la planificación y para velar por la seguridad física

de los habitantes. En otros países los mapas de susceptibilidad son muy importantes y se usan en distintos contextos, como la implementación de seguros contra inundaciones.

Uno de los principales peligros que afectan al territorio de la región son las inundaciones, generalmente combinadas a los procesos de erosión fluvial. Estas se producen por desborde de los ríos de orden mayor, como es el caso del río Mayo y sus tributarios como los ríos Naranjillo, Soritor, Tonchima, Yuracyacu, Romero, Indoche, y Cumbaza. Caso del Huallaga y sus tributarios como los ríos Bonanza, Sisa, Biabo, Huayabamba, Mishollo, Challhuayacu, Tocache, Espino, Chontayacu, etc. De las zonas críticas diferenciadas, se tiene que un 50,4 % de éstas son por inundaciones, las que se dan por crecidas intempestivas de los ríos y afectan a poblaciones.

MÉTODO DE ANÁLISIS Y ELECCIÓN DE VARIABLES

El análisis de la susceptibilidad a las inundaciones se basa principalmente en la caracterización geomorfológica, apoyada en la interpretación de imágenes satelitales y trabajo de campo, y en general en la utilización de los mapas geomorfológico y pendiente.

Las variables usadas, la forma de obtención de cada mapa así como los pesos asignados a cada factor (mapa) se presenta en el cuadro 8.1

Los pesos asignados a las unidades diferenciadas en cada mapa (polígonos) en relación a las inundaciones se presentan en los cuadros 8.2 y 8.3.

Cuadro 8.1
Ponderación de las Variables en el Análisis de Susceptibilidad a las Inundaciones

Variable	Descripción	Obtención	Peso
Pendiente	Rangos de pendiente de los terrenos, expresado en grados (0° a 90°).	Modelo Digital de elevaciones, elaborado con SIG a partir de mapas topográficos a escala 1:100 000, con equidistancia de curvas cada 50 m (Mapa 4).	40
Geomorfología	Unidades geomorfológicas de acuerdo a su amplitud de relieve, altura relativa, pendiente y asociación morfogénica.	Interpretación de imágenes satelitales y fotos aéreas, cartas topográficas y chequeo de campo a escala 1:100 000 (Mapa 3).	60

Cuadro 8.2
Unidades Geomorfológicas y Susceptibilidad a las Inundaciones

Unidad Geomorfológica		Susceptibilidad	
		Grado	Calificación
Montañas		Nula	0
Colinas y lomadas		Nula	0
Piedemontes	Detritos de vertiente	Nula	0
	Abanico proluvial/aluvial	Baja	1
	Abanico deluvio-coluvial	Baja	1
	Depósitos de deslizamiento	Nula	0
	Depósitos glacio-fluviales	Baja	1
Planicies y depresiones	Llanura o planicie inundable	Alta	5
	Planicie aluvial alta o terraza alta / fondo de valle fluvial	Media	3
	Planicie alta disectada/planicie antigua	Nula	1
	Planicie alta	Media	3
	Lagunas / valle glaciario con lagunas	Media	3
	Islas	Media	3

Cuadro 8.3
Pendientes y Susceptibilidad a las Inundaciones

Pendientes	Calificación	Susceptibilidad
0° a 1°	5	Muy Alta
1° a 5°	3	Alta
5° a 15°	0	Nula
15° a 25°	0	Nula
25° a 45°	0	Nula
>45°	0	Nula

GRADOS DE SUSCEPTIBILIDAD

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

$$SI = SGMI (0,60) * SPI(0,40)$$

En donde:

SGMI: Susceptibilidad del parámetro Geomorfología a las inundaciones.

SPI: Susceptibilidad del parámetro Pendiente a las inundaciones.

La caracterización de los diferentes rangos de susceptibilidad a las inundaciones (ver Mapa 8), se describe y detallan en el cuadro 8.4.

Cuadro 8.4
Susceptibilidad a las Inundaciones – Región San Martín

Grado de Susceptibilidad	Descripción
Alta ¹	<p>Terrenos que corresponden a la llanura de inundación periódica a ocasional de los ríos principales en las cuencas de los ríos:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Huallaga: extremo sur de la región – Tocache – Desembocadura del río Mishillo; Campanilla – Juanjuí – Bellavista – San Rafael – Picota – Pucacaca – Pilluana y Huimbayoc – Chipurana – Papaplaya – El Porvenir. · Mayo: Pardo Miguel – San Fernando – Yuracyacu – Moyobamba, y Shapaja – Chazuta. · Cumbaza: Banda Shilcayo – Juan Guerra – Desembocadura al río Mayo. · Río Biabo: Bajo Biavo – Alto Biavo. · Río Saposoa: Saposoa – Piscoyacu – El Eslabón – Sacanche – Tingo de Saposoa. · Río Sisa: Santa Rosa – San Pablo – San Rafael. · Río Cainarache: Cainarache – Barranquita – desembocadura río Huallaga. <p>Incluyen zonas urbanas y asentamientos urbanos ubicados dentro de las áreas de inundación normal a excepcional, terrenos de cultivo y vías de comunicación.</p>
Moderada ²	<p>Terrenos bajos adyacentes a la llanura de inundación, terrazas; paleocauces o cauces antiguos de los ríos Huallaga, Mayo, Cumbaza, y Biabo; valles fluviales de ríos secundarios como el Yuracyacu, Romero, Huacayacu, etc. Terrenos levemente inclinados, mal drenados inundadas en períodos excepcionales o por elevación de nivel freático, principalmente en las cabeceras de valles.</p>
Baja	<p>Sectores muy escasos, presenta topografía plano-ondulada y terrazas altas aguas; cabeceras de los valles tributarios al río Biabo y vertientes inferiores de suave pendiente en el valle del Huallaga (cuadrángulo de Uchiza). Pueden deberse también a inundaciones de carácter pluvial, en áreas planas con deficiencia de drenaje.</p>
Nula	<p>Montañas y colinas, vertiente de laderas inclinadas y cóncavas; terrazas antiguas elevadas.</p>

¹ En estas áreas se presentan además 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 a la equidistancia entre las curvas de nivel y la escala de mapa utilizadas. Estas áreas al parecer planas pueden ser susceptibles a inundación por aguas pluviales.

PÁGINA EN BLANCO

CAPÍTULO IX

ALTERNATIVAS DE MANEJO DE PROBLEMAS GEODINÁMICOS

GENERALIDADES

En este capítulo se hace una evaluación de los factores que influyen en la inestabilidad de las laderas. Estos factores pueden ser naturales o antrópicos, a continuación se detallan:

Factores naturales: Son las condiciones intrínsecas del terreno, como la litología (suelo o formaciones superficiales, substrato), pendiente, precipitaciones pluviales, y sismicidad.

- La litología en la región San Martín es muy variada. Las unidades litológicas en donde se presentan la mayor cantidad de problemas de movimientos en masa son: conglomerados, areniscas, lodolitas y limoarcillitas, caracterizados por presentar un substrato poco consolidado y alterado; y en las que presentan areniscas, limoarcillitas y lodolitas, que se encuentren muy fracturadas; ambas unidades son de muy mala calidad.
- Los depósitos superficiales como los coluviales y residuales que cubren las laderas con ángulos de 5° a 35°, se presentan poco compactados. Estos son susceptibles a la generación de fenómenos de movimiento en masa, cuando se realizan cortes de talud para la construcción de caminos. Existen también depósitos de tipo proluvial, los cuales son afectados por derrumbes y deslizamientos, originados por la erosión y socavamiento producido al pie de los valles o cauces que los cortan.
- Las pendientes naturales del terreno pueden ser: terrenos llanos (0-1°), pendiente con inclinación suave (1°-5°) correspondiente a fondos de valles, terrazas y terrenos planos ondulados; laderas con pendiente suave a moderada (5°-15°) en lomadas, pendiente moderada (15°-25°) en colinas, pendiente fuerte (25°-45°) en colinas y montañas; y pendientes muy altas (>45°) en laderas de montañas, acantilados y escarpas de valles. Las zonas donde se han presentado la mayor cantidad de movimientos en masa son las laderas con pendientes mayores de 25°.
- Lluvias de gran intensidad (sean de corta duración y moderada intensidad o de larga duración) se infiltran ocasionando el incremento de la presión intersticial, y el peso unitario de los materiales embebidos de agua, e incrementan el grado de

inestabilidad de los materiales de las laderas. La región se caracteriza por ser de tipo lluviosa, según los datos del SENAMHI se presentan entre 1000 a 2365 mm anuales, cuando se presentan lluvias muy intensas los terrenos pierden estabilidad y se generan fenómenos por movimientos en masa, como también inundaciones.

- Las aguas de escorrentía que discurren por las quebradas erosionan sus márgenes, las desestabilizan y ocasionan su colapso, y a su vez incrementan la cantidad de material suelto en los lechos de quebradas y valles, los cuales pueden formar flujos de detritos que pueden ocasionar daños a las obras civiles o poblaciones.

Factores antrópicos: Estos se encuentran estrechamente relacionados a las actividades realizadas por el hombre en el área de estudio, y son la agricultura, el pastoreo, la ocupación antrópica, la construcción de carreteras, etc.

- Cuando se construyen viviendas o se habilitan áreas para terrenos de cultivo se modifica y pierde el perfil del suelo, la vegetación y el drenaje superficial.
- La deforestación, originada por la demanda de áreas de terreno de cultivo y la extracción de madera; ha ocasionado pérdida de la cobertura natural de los suelos, que ha traído como consecuencia un incremento de los fenómenos de movimiento en masa y la pérdida de suelos superficiales.
- La construcción de carreteras origina que se modifiquen los perfiles de las laderas, muchas veces desestabilizándola.
- Durante la construcción de carreteras, campamentos, oficinas, etc., se modifica y/o se pierde el perfil del suelo, la vegetación y el drenaje superficial.

MEDIDAS DE MANEJO PARA LA REGIÓN

Las medidas propuestas están dirigidas, en forma general, para toda la región y se orientan con la finalidad de minimizar los problemas de deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, procesos de erosiones de laderas, y también para evitar la generación de nuevos deslizamientos, derrumbes o caídas de rocas.

Medidas en Taludes

Para este acápite se ha tomado como base los trabajos del Instituto Geominero de España —presentados en 1987 en el Manual de Ingeniería de Taludes—, y del INGEMMET —Estudio de Riesgos Geológicos del Perú. Franja N° 1.

La aplicación de medidas correctivas puede realizarse en:

- 1) Taludes en construcción.
- 2) Laderas con pendientes moderadas a fuertes, y es necesario la aplicación de medidas correctivas para su estabilización.
- 3) Estabilizar fenómenos de rotura (deslizamientos y derrumbes), en aquellos que es posible a nivel de construcción. Por lo tanto, 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 a fin de obtener una nueva configuración que resulte estable. Esta modificación busca lograr al menos uno de los dos efectos siguientes:

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

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

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

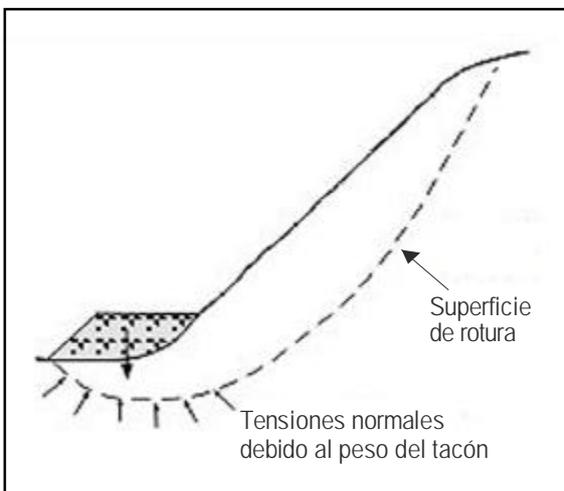


Figura 9.1 Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno.

- Eliminar la masa inestable o potencialmente inestable. Esta es una solución drástica que se aplica en casos extremos, comprobando que la nueva configuración no es inestable.
- Eliminación del material de la parte superior de la masa potencialmente deslizante (descabezamiento), siendo esta área donde el peso del material contribuye más al deslizamiento y menos a la resistencia del mismo, dado que en la parte superior de la superficie del deslizamiento es donde ésta tiene su 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 (Figuras 9.1 y 9.2). Puede efectuarse combinado con el descabezamiento del talud o como medida independiente.

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 ángulo de rozamiento, el deslizamiento puede producirse por el pie y es más ventajoso construir la escollera encima del pie del talud, es posible 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, ésta se comporta además como un elemento resistente propiamente dicho.

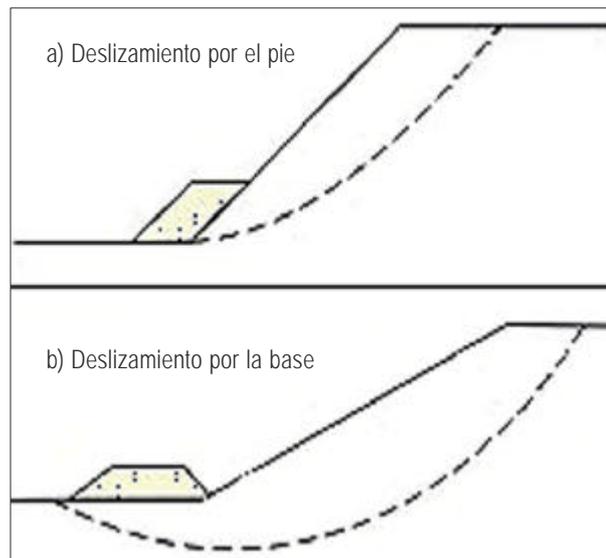


Figura 9.2 Deslizamientos por el pie y la base.

Algo que debe tomarse en cuenta constantemente es que la base del relleno debe ser siempre drenante pues, en caso contrario, su efecto estabilizador puede verse disminuido, especialmente si el relleno se apoya sobre material arcilloso.

Puede ser necesario colocar un material con funciones de filtro entre el relleno drenante y el material del talud, para ello puede recurrirse al empleo de membranas geotextiles.

- Tratamiento de taludes con escalonamiento (bermas; Figura 9.3), es una medida que puede emplearse tanto cuando un talud está comprometido por un deslizamiento, o desde antes que se produzca y 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 ellas zanjas de drenaje para evacuar las aguas de escorrentía, disminuyen 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.

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:

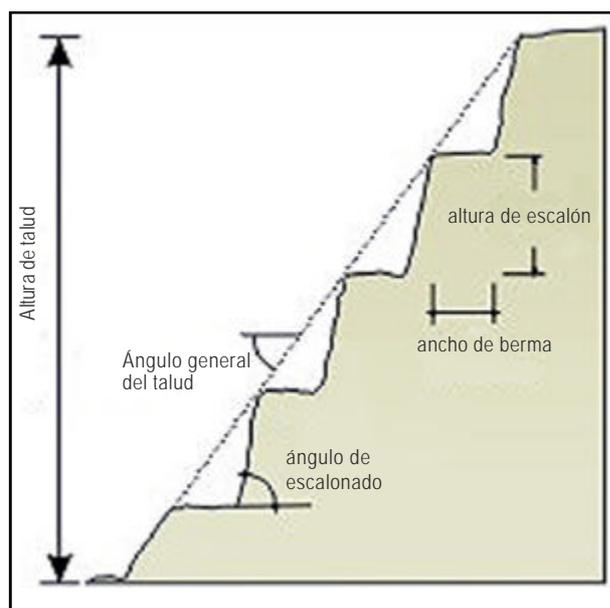


Figura 9.3 Esquema de un talud con bermas intermedias.

Drenaje superficial: Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, evitándose su infiltración (Figura 9.4).

Las aguas de escorrentía se evacúan por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al talud. Éstas 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. Es necesario recalcar que estas obras deben ser constantemente mantenidas.

Drenaje profundo: La finalidad es deprimir el nivel freático con las consiguientes disminuciones de las presiones intersticiales. Para su uso es necesario conocer previamente las características hidrogeológicas del terreno (Figura 9.5).

Se clasifican en los siguientes grupos:

- 1) Drenes horizontales: Perforados desde la superficie del talud, llamados también drenes californianos. Consisten en taladros de pequeño diámetro, aproximadamente horizontales (5-10°), que parten de la superficie del talud y que están generalmente contenidos en una sección transversal del mismo (Figuras 9.5 y 9.6).

Sus ventajas son:

- Su instalación es rápida y sencilla.
- El drenaje se realiza por gravedad.

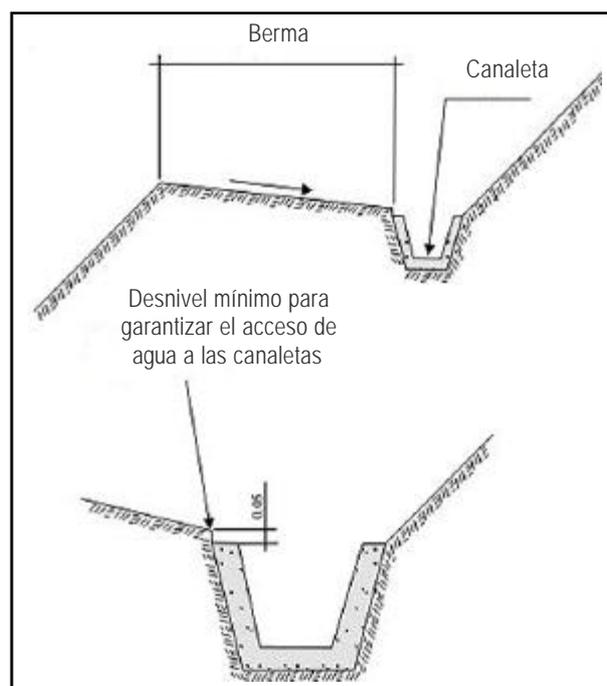


Figura 9.4 Detalles de una canaleta de drenaje superficial.

- Requieren poco mantenimiento.
- Es un sistema flexible que puede readaptarse a la geología del área.

Sus desventajas son:

- Su área de influencia es limitada y menor que en otros métodos de drenaje profundo.
- La seguridad del talud hasta su instalación puede ser precaria.

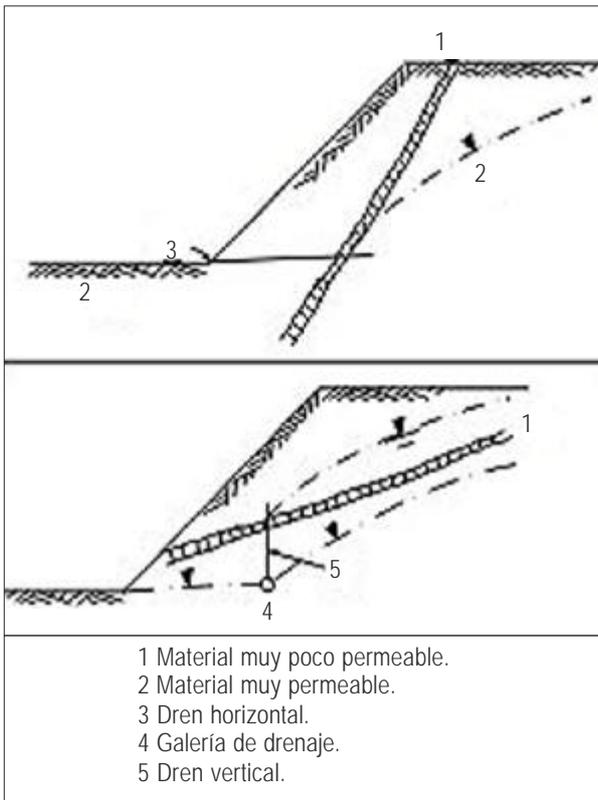


Figura 9.5 Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos (Canmet, 1977).

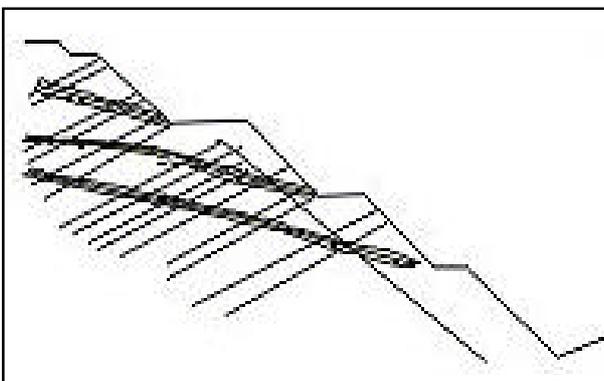


Figura 9.6 Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos (López García, 1984).

- 2) Galerías de drenaje: ubicadas generalmente paralelas al talud y a bastante profundidad.

Son galerías excavadas en el terreno a una distancia considerable de la superficie del mismo. Constituye un sistema bastante efectivo; pero muy caro, por lo que su uso sólo es recomendable en situaciones críticas y en taludes de gran altura. Para aumentar su radio de acción es necesario instalar drenes perforados desde la galería, aumentando así su radio de acción y la efectividad del sistema de drenaje (Figuras 9.7 y 9.8).

Sus ventajas son:

- Tienen mayor capacidad drenante debido a su gran sección transversal.

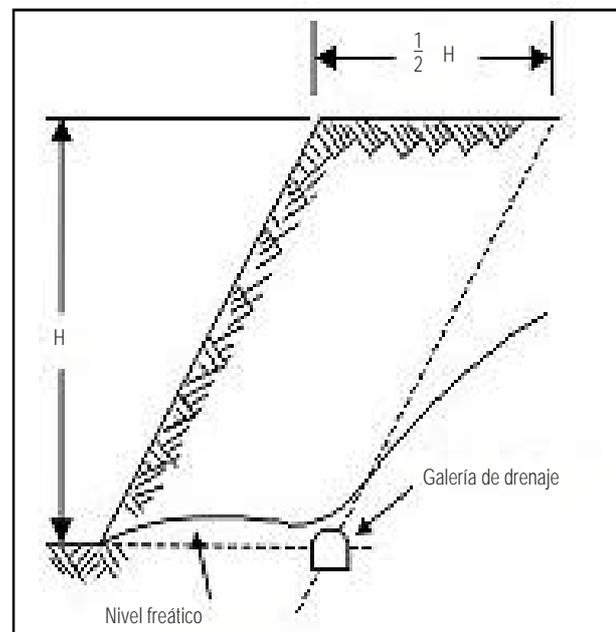


Figura 9.7 Posición óptima de una galería de drenaje (Hoek y Bray, 1977. Cortesía de Inst. Of. Min. and Met.).

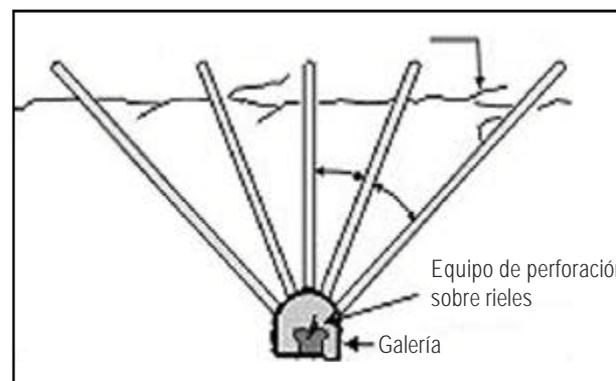


Figura 9.8 Drenaje de superficie de deslizamiento desde una galería de drenaje (Canmet, 1977).

- 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.

3) Zanjas con relleno drenante: Dispuestas en la superficie del talud o al pie de él. Consisten en zanjas rellenas de material drenante, excavadas en el talud o más allá del pie del mismo y cuya acción drenante se limita a profundidades pequeñas (Figura 9.9).

Pueden ser de dos tipos:

Zanjas de talud: Son las que siguen la línea de máxima pendiente del talud y son aplicables cuando los deslizamientos están situados a poca profundidad (Figura 9.10).

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

Son útiles los drenes en forma de «espina de pescado» (Figura 9.11), combinación de una zanja drenante según la línea de máxima pendiente y zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas críticas debe tener buena vigilancia.

c) Corrección por elementos resistentes

Anclajes: Los anclajes son armaduras metálicas, alojadas en taladros perforados desde el talud y cementadas (Figura 9.12), que se emplean como medida estabilizadora de taludes tanto en roca como en terreno suelto. La longitud de los anclajes varía entre 10 y 100 m, y el diámetro de la perforación entre 75 y 125 mm.

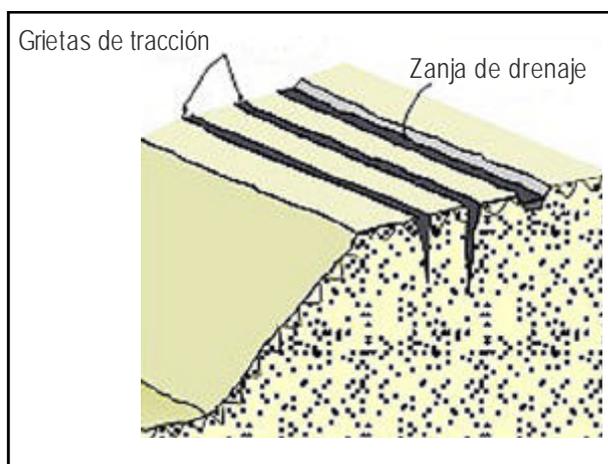


Figura 9.9 Drenaje de superficie de deslizamiento desde una galería de drenaje (Canmet, 1977).

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

- Proporcionan una fuerza contraria al movimiento de la masa deslizante.
- Producen un incremento de las tensiones normales en la superficie de rotura existente o potencial, lo que provoca un aumento de la resistencia al deslizamiento en dicha superficie.

En un anclaje se distinguen tres partes fundamentales:

- Zona de anclaje: Es la parte solidaria al terreno, encargada de transferir los esfuerzos al mismo.
- Zona libre: Es la parte en que la armadura se encuentra independizada del terreno que la rodea, de forma que pueda deformarse con total libertad al ponerse en tensión.
- Cabeza: Es la zona de unión de la armadura con la placa de apoyo.

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

La elección del tipo de anclaje (activo, pasivo o mixto; bulones o cables) debe regirse de acuerdo a criterios técnicos. Es importante elegir adecuadamente la situación de la zona de anclaje para lo cual debe tenerse en cuenta que debe estar incluida en terreno estable o, lo que es lo mismo, toda su longitud debe quedar por detrás de la posible superficie de rotura.

La separación entre anclajes recomendable por razones constructivas es entre 2 y 5 m.

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

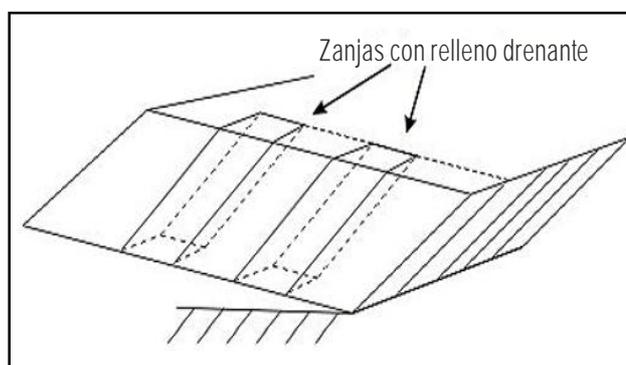


Figura 9.10 Zanjas de talud.

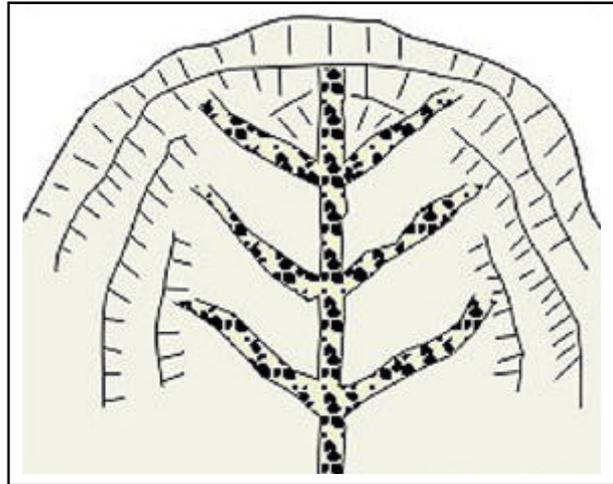


Figura 9.11 Dren tipo Espina de Pescado.

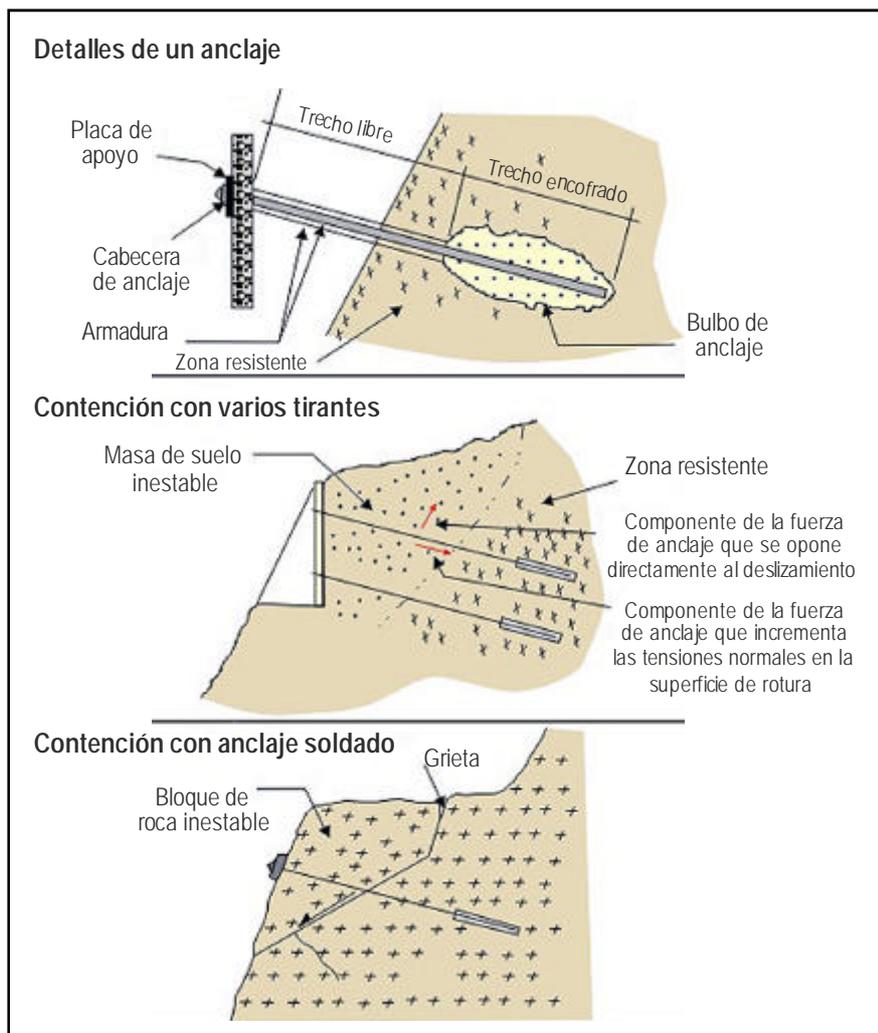


Figura 9.12 Detalles de un anclaje y ejemplos de aplicación.

Muros: Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (Figura 9.13).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (Figura 9.14). 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 sólo 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 puede ser casi obligado. Este es un caso frecuente en la construcción de vías de transporte. En ocasiones, como en el caso de un desmonte en una ladera, puede resultar más económica la construcción de un muro frente al coste de sobre excavación requerido si aquél no se realiza. La construcción de un muro es generalmente una operación cara. A pesar de ello, los muros se emplean con frecuencia pues en muchos casos son la única solución viable.

Los muros se pueden clasificar en tres grupos (Figura 9.15):

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.

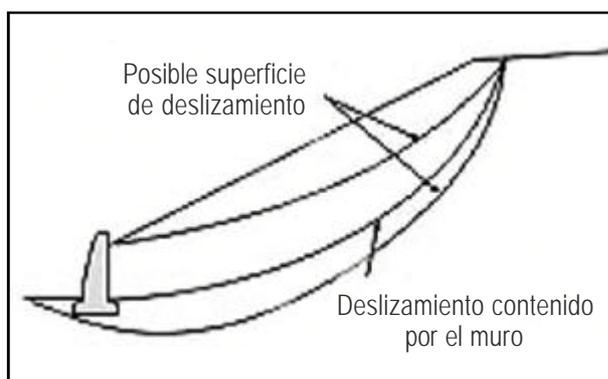


Figura 9.13 Contención de un deslizamiento mediante un muro.

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 cimientto.
- Ausencia de tracciones en la base del muro.
- Resistencia estructural: Se ha de comprobar que las tensiones máximas en el muro no sobrepasen los valores admisibles.

Tipos de muros

Muros de gravedad: Son los muros más antiguos, son elementos pasivos en los que el peso propio es la acción estabilizadora fundamental (Figuras 9.16, 9.17 y 9.18).

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

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

a) Muros en L: Son aquellos en los que la pantalla vertical actúa como viga en voladizo y contrarrestan el momento volcador del empuje del terreno, principalmente, con el momento estabilizador de las tierras situadas sobre el talón (Figuras 10.19 y 10.20).

La relación H/B (H= Altura, B= Base) está comprendida generalmente entre 1,5 y 2 y la longitud de zarpa B suele ser 1/3

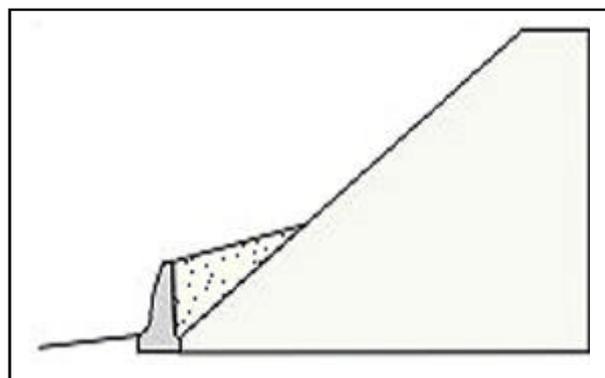


Figura 9.14 Relleno estabilizador sostenido por el muro.

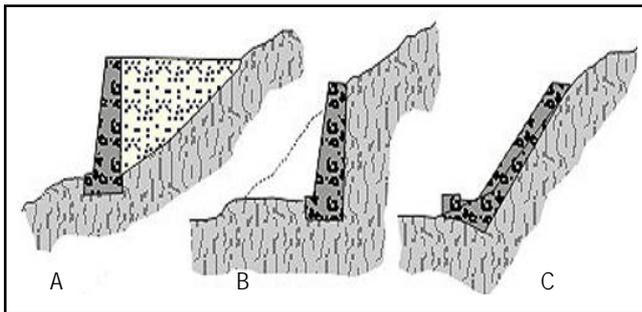


Figura 9.15 Tipos de muros: A) Sostenimiento, B) Contención, C) Revestimiento.

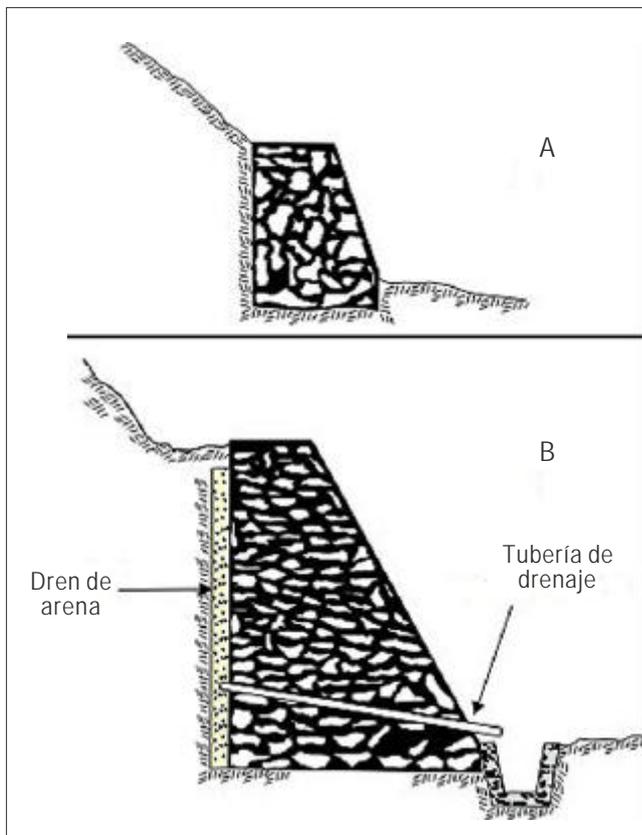


Figura 9.16 Muros de gravedad: A) de piedra seca, B) de piedra argamасada.

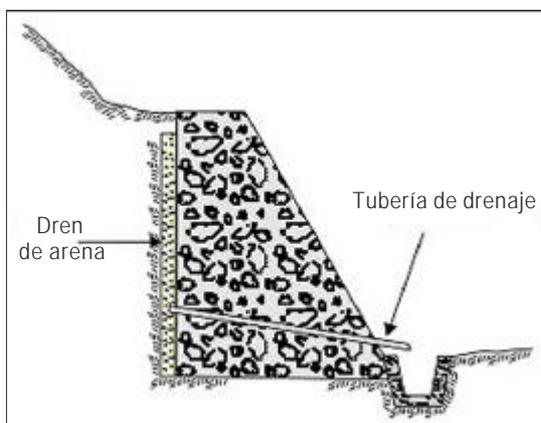


Figura 9.17 Muro de gravedad concreto ciclópeo.

de B. La presión sobre el cimiento es menor que en los muros de gravedad, por lo que son adecuados para cimentaciones malas. Los esfuerzos sobre cada una de las partes del muro (pantalla vertical, talón y zarpa) se calculan suponiendo que se comportan como vigas en voladizo.

b) Muros de gaviones: Los gaviones son elementos con forma de prisma rectangular que consisten en un relleno granular constituido por fragmentos de roca no degradable (caliza, andesita, granitos, etc.), retenido por una malla de alambre metálico galvanizado (Figuras 9.21 y 9.22).

Los muros de gaviones trabajan fundamentalmente por gravedad. Generalmente, se colocan en alturas bajas, aunque algunas veces se colocan en alturas medianas (hasta 25 m de alto y 10 m de ancho) y funcionan satisfactoriamente. La relación entre la altura del muro y el ancho de la base del mismo es muy variable, y suele estar comprendida entre 1,7 a 2,4.

Las ventajas que presenta son:

- Instalación rápida y sencilla.
- Son estructuras flexibles que admiten asentamientos diferenciales del terreno.
- No tienen problemas de drenaje ya que son muy permeables.
- Los empujes sobre el muro, su estabilidad al vuelco y deslizamiento se calculan de igual forma que en el caso de un muro de gravedad.

Pilotes: Las pantallas de pilotes (Figura 9.23) consisten en alineaciones de estos elementos, siendo el espacio entre dos adyacentes lo suficientemente pequeño como para conseguir un sostenimiento relativamente continuo.

Su empleo en taludes tiene dos vertientes 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, donde se instalan cerca del pie del talud y presentan las ventajas—frente a los muros de contención—de requerir muy poca excavación y de no afectar 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.

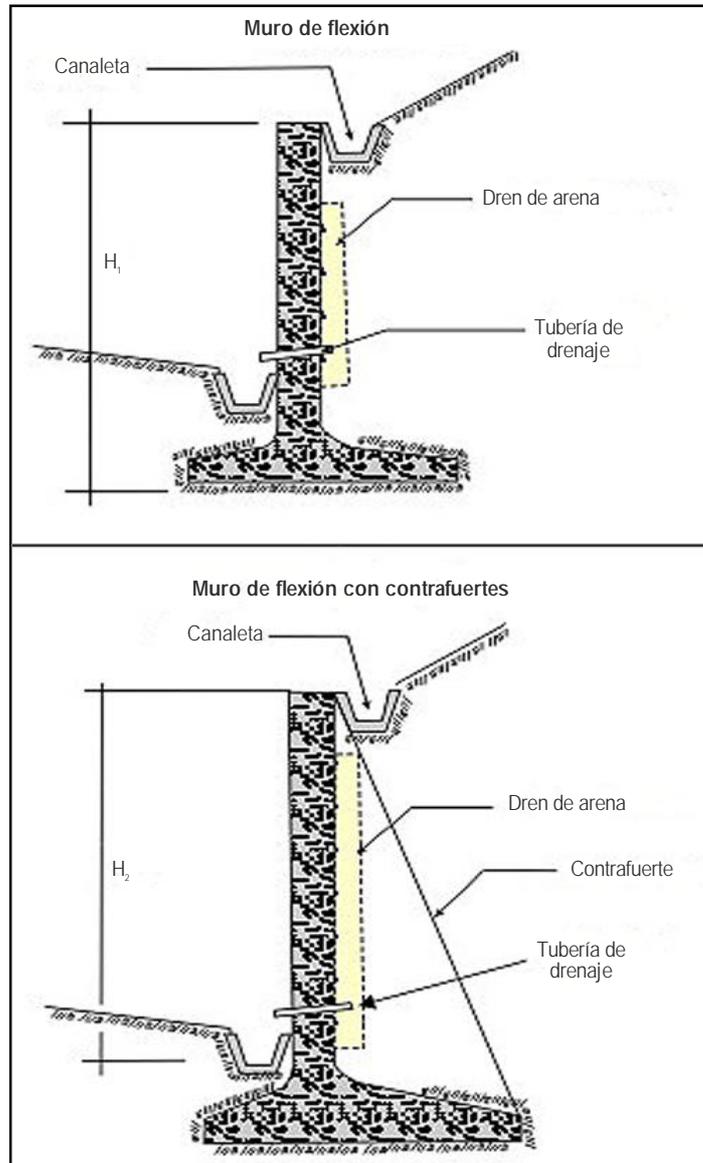


Figura 9.20 Muros de concreto armado tipo flexión.

9.24). A diferencia de éstas, los muros pantalla constituyen elementos continuos. Como medida estabilizadora de taludes tiene su máxima aplicación frente a las pantallas de pilotes cuando el material inestable y el sustrato son de fácil excavación.

Para construir un muro pantalla se excava una trinchera sin entibación, cuyas paredes se mantienen estables gracias a la utilización de lodos bentónicos 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 rellenoando la excavación, desplazando al mismo tiempo al lodo.

El tamaño del muro depende de las características de la maquinaria y puede alcanzar una profundidad hasta de 40 m. Existen fundamentalmente dos técnicas para la ejecución de la excavación: la excavación con cuchara bivalva y la perforación con circulación inversa.

d) Correcciones Superficiales

Las medidas de corrección superficiales se aplican en la superficie de un talud, con una acción que afecta sólo a las capas más superficiales del terreno y tienen fundamentalmente los siguientes fines:

- Evitar o reducir la erosión y meteorización de la superficie del talud.

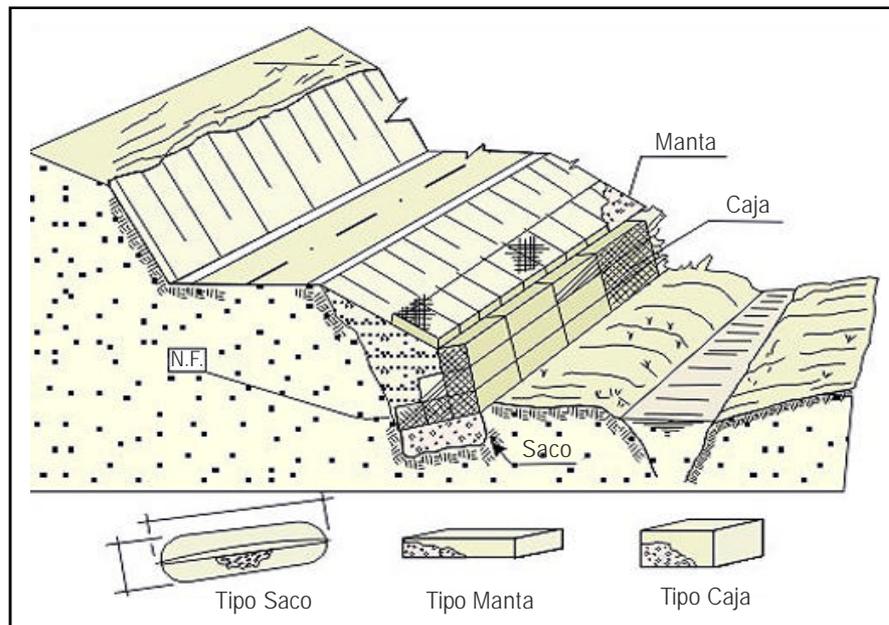


Figura 9.21 Gaviones.

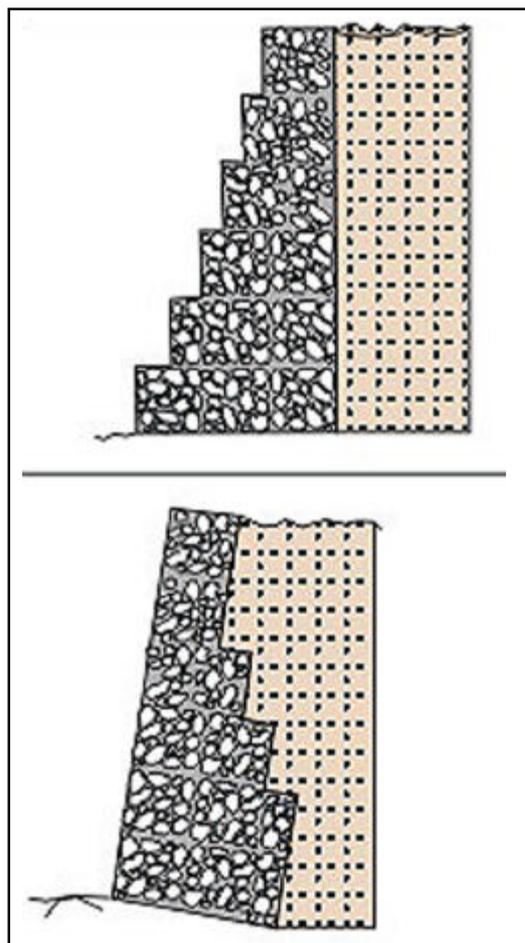


Figura 9.22 Muros de gaviones.

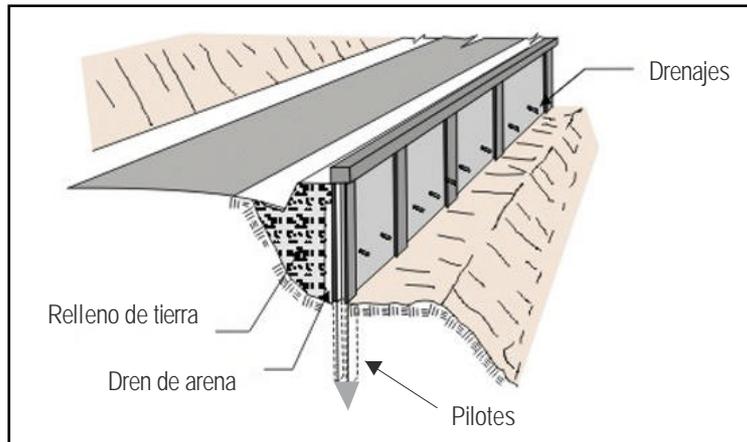


Figura 9.23 Ejemplo de muros con pilote.

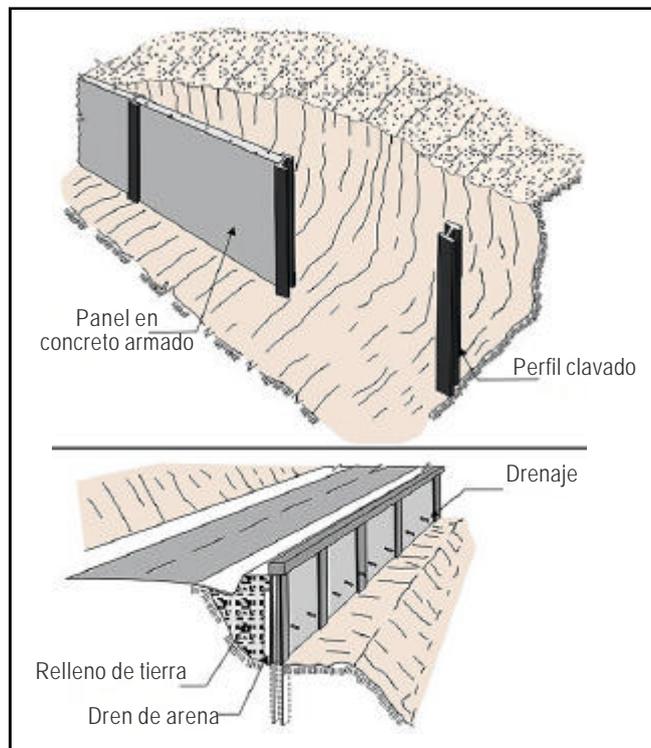


Figura 9.24 Ejemplo de muros con pantalla.

- 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:

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.

Sembrado de taludes

Mantener una cobertura vegetal en un talud produce indudables efectos beneficiosos, entre los cuales destacan los siguientes:

- Las plantaciones evitan la erosión superficial tanto hídrica como eólica, que puede ocasionar la ruina del talud en el largo plazo.
- La absorción de agua por las raíces de las plantas produce un drenaje de las capas superficiales del terreno.
- Las raíces de las plantas aumentan la resistencia al esfuerzo cortante en la zona del suelo que ocupan.

Para sembrar en taludes se emplean hierbas, arbustos y árboles, privilegiando especies capaces de adaptarse a las condiciones a las que van a estar sometidos (climas, tipo de suelo, presencia de agua, etc.); suelen convenir especies de raíces profundas y de alto grado de transpiración, lo que indica un mayor consumo de agua. Generalmente la colonización vegetal de un talud se hace por etapas, comenzando por la hierba y terminando por los árboles.

Es conveniente no dejar un talud muy plano, sino con salientes que sirvan de soporte, así cuando más tendido sea un talud resultará más fácil que retenga la humedad. Para mantener una cubierta vegetal es más favorable un terraplén que un desmonte.

Los suelos arenosos y areno-arcillosos son ventajosos para un rápido crecimiento de la hierba. Las arcillas duras son inadecuadas a menos que se añadan aditivos o se are el terreno. Cuando la proporción de limo más arcilla es superior al 20% se puede esperar un crecimiento satisfactorio, pero si es inferior al 5% el establecimiento y mantenimiento de la hierba resultarán difíciles.

MEDIDAS 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 cabe destacar:

- El desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (Figuras 9.25, 9.26, 9.27, 9.28 y 9.29).
- Zanjias de infiltración articuladas de acuerdo a las condiciones climáticas de la región.
- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ellas (Figuras 9.24 y 9.28), y de esta manera asegurar su estabilidad, así como la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas.

Medidas para el manejo de zonas de cárcavas

- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzarán versus la pendiente y profundidad de los suelos. Se recomienda que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de las zanjias de infiltración siguiendo las curvas de nivel con el objetivo de captar el agua y controlar la erosión.
- Evitar el sobrepastoreo que produzca deterioro y destrucción de 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 evitando la quema de pajonales.

MEDIDAS PARA INUNDACIONES

Deben consistir en:

- Una línea principal de defensa que proteja toda la zona.
- Líneas locales de defensa que protejan diversas partes de la zona si queda destruida la línea principal de defensa.

Las estructuras de las líneas de defensa de protección contra las inundaciones deben consistir en:

- 1) Diques de defensa (malecones) o terraplenes, construidos para proteger el terreno situado detrás. Deberá proveerse de una altura adecuada en el margen, para que las condiciones de cimentación sean eficientes, con el fin de compensar un exceso de asiento del terraplén.
- 2) Muros de encauzamiento de avenidas, muelles y terraplenes construidos para proteger los asentamientos humanos.
- 3) Compuertas de seguridad para las crecidas y un sistema de canales para que el agua de la inundación se encauce hacia los embalses provisionales.
- 4) Un sistema de canales, pozos y alcantarillado, con su equipo correspondiente, que influya en el nivel de la capa acuífera subterránea (napa freática).

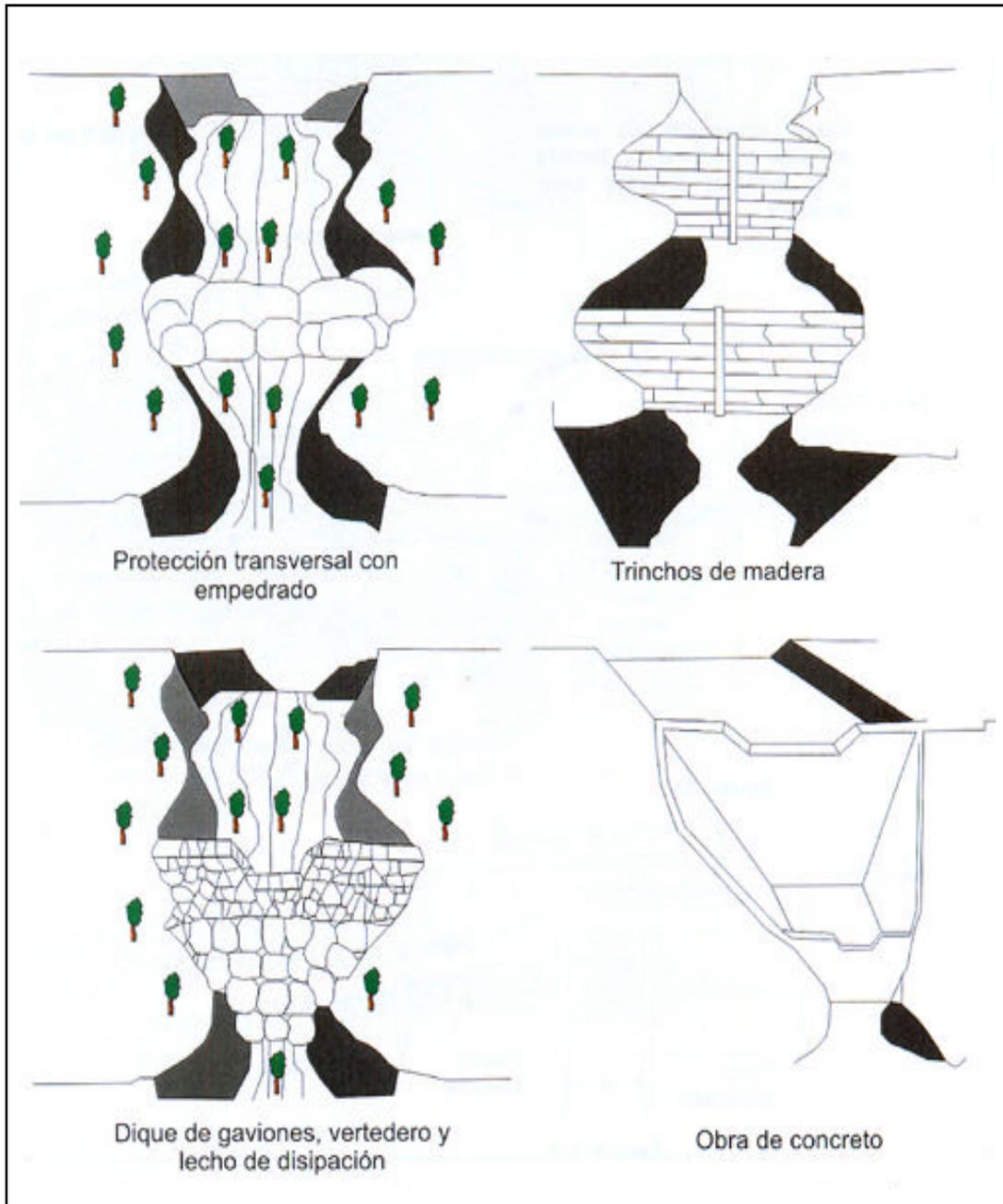


Figura 9.25 Obras hidráulicas transversales para cárcavas, fijación de sedimentos y protección de desagüeros naturales.

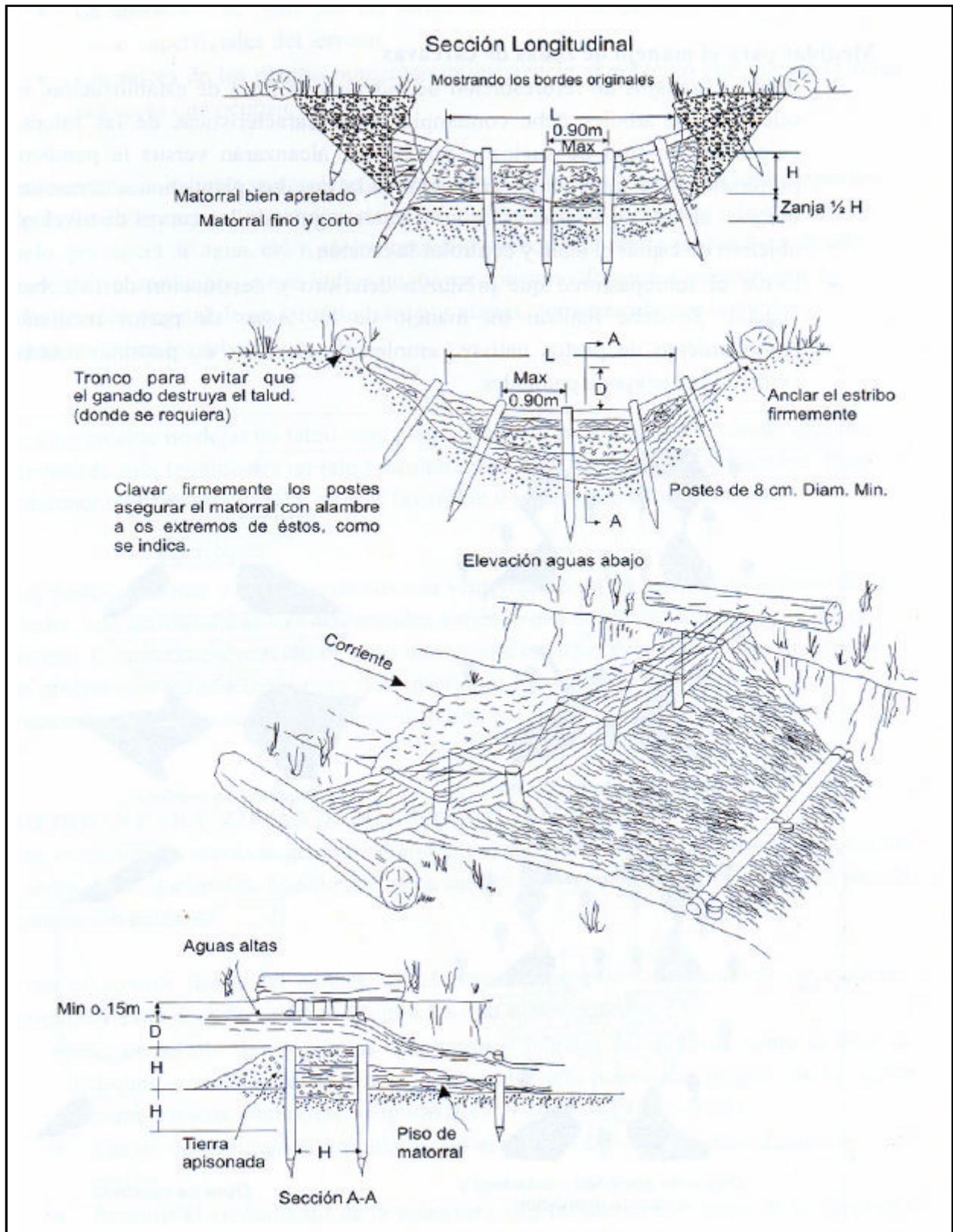


Figura 9.26 Trincho de matorral (tipo doble hilera de postes). Adaptado Valderrama de et al., 1964.

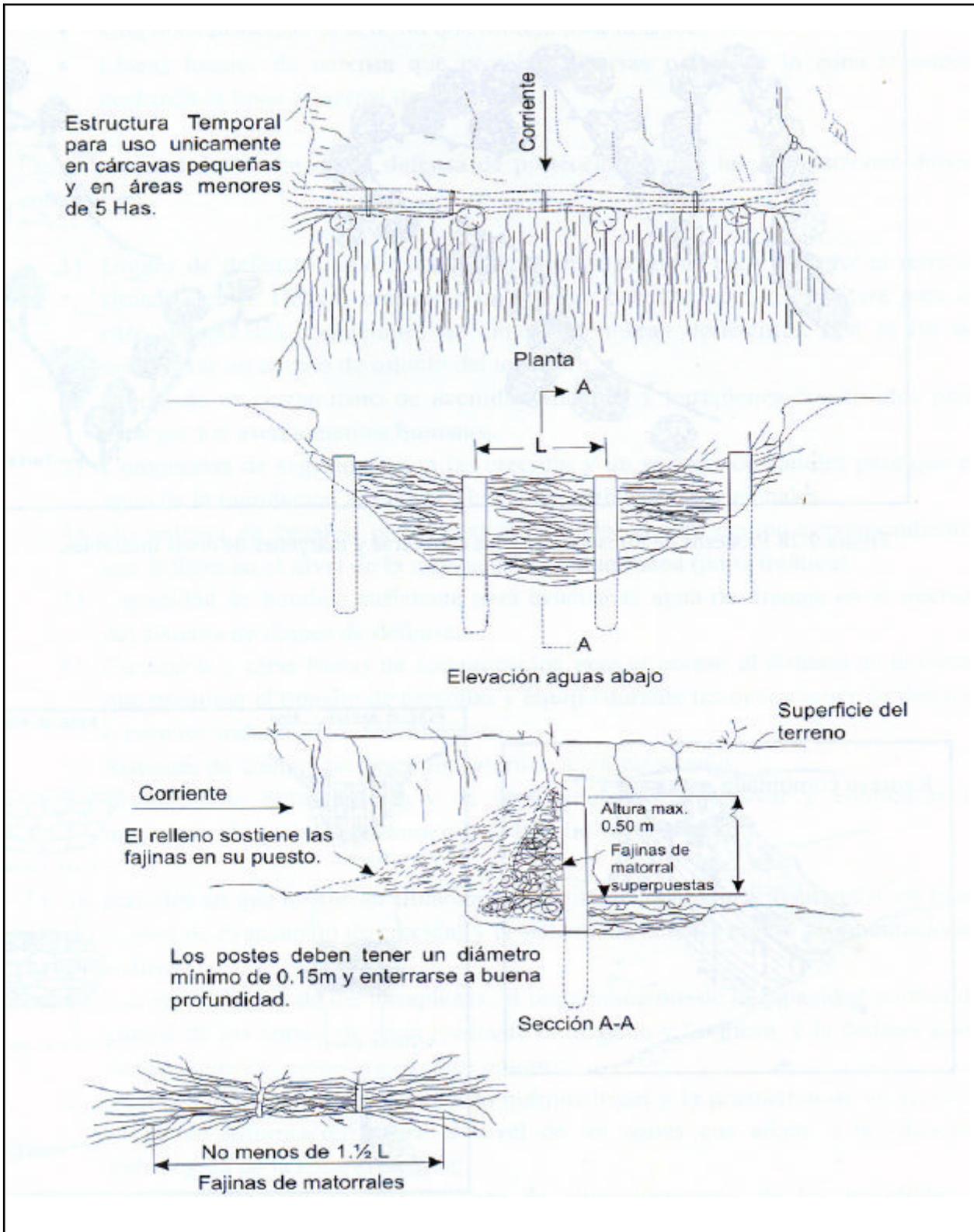


Figura 9.27 Trincho de matorral (tipo una hilera de postes). Adaptado Valderrama de et al., 1964.

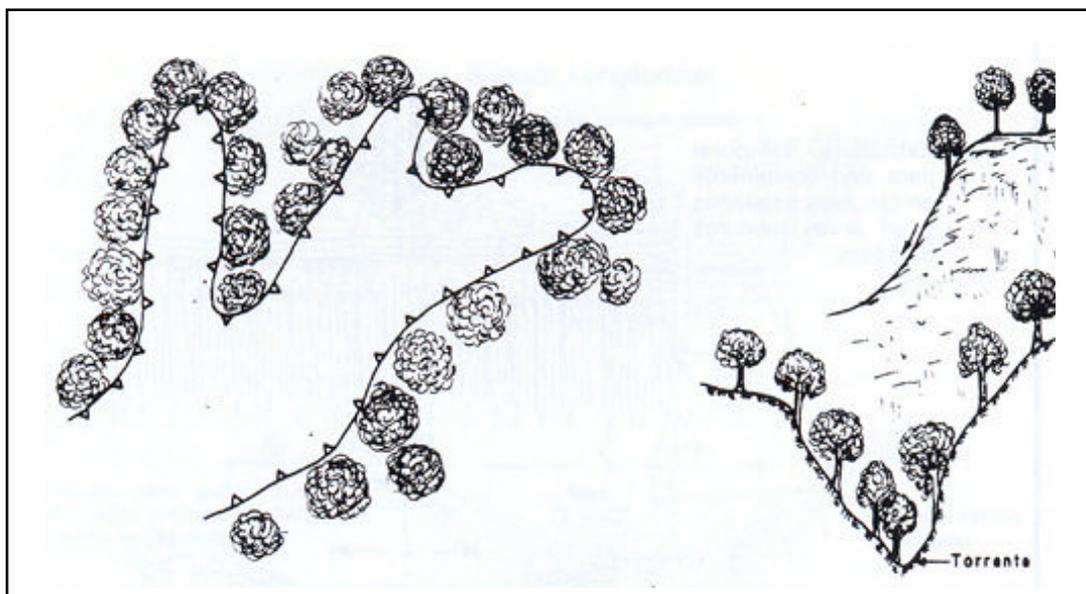


Figura 9.28 Procesos de forestación en las cabeceras y márgenes de áreas inestables.

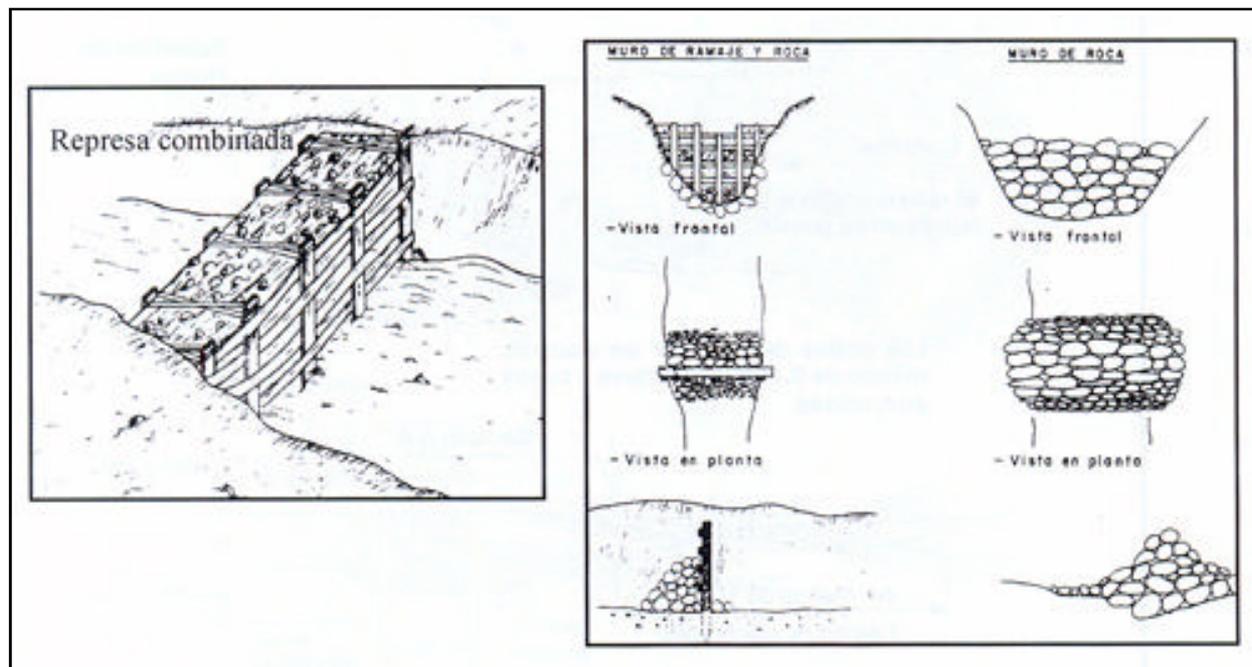


Figura 9.29 Tipos de presas escalonadas para la protección de fondo de cárcavas y huaycos incipientes.

- 5) Capacidad de bombeo suficiente para evacuar el agua de drenaje en el interior del sistema de diques de defensa.
- 6) Carreteras y otras líneas de comunicación para el acceso al sistema de defensa, que permitan el tránsito de personas y equipo durante las operaciones de defensa o para los trabajos de mantenimiento.
- 7) Sistemas de comunicaciones por internet, teléfono y radio.
- 8) Instalaciones hidrométricas y de otra índole para observar y comunicar la aproximación y el desplazamiento de las olas de inundación.

En los períodos, en que no surjan situaciones de emergencia deberá mantenerse en buen estado la zona de evacuación de crecidas y el sistema de defensa contra las inundaciones lo que incluye:

- 1) Las reparaciones de los terraplenes, el mantenimiento de la capacidad normal de caudal de los cursos de agua mediante el dragado y limpieza, y la conservación de las esclusas compuertas y otros equipos.
- 2) El mantenimiento de las estaciones hidrométricas y la prestación de un servicio diario de información sobre el nivel de las aguas que afecte a la situación hidrológica de la zona protegida.
- 3) El mantenimiento de instalaciones de almacenamiento de los materiales y equipos a utilizarse en una emergencia.
- 4) Construir las viviendas en zonas seguras y no en las riberas de los ríos y quebradas, planicies o valles tradicionalmente inundables.
- 5) Conservar limpio el cauce de los ríos, evitando el arrojado de basura o materiales que puedan generar represamientos.
- 6) Es recomendable efectuar trabajos de forestación o reforestación en las orillas de los ríos, incluyendo especies de rápido crecimiento que se extiendan por el suelo y den solidez a las riberas.
- 7) Tener un cuidado especial para evitar la abertura de brechas en los sistemas de defensa existentes durante la construcción de nuevas obras de infraestructura u asentamientos poblacionales.

USO DE VEGETACIÓN

El efecto de la vegetación sobre la estabilidad de los taludes ha sido muy debatido en los últimos años; el estado del uso actual deja muchas dudas e inquietudes y la cuantificación de los efectos de estabilización de las plantas sobre el suelo, no ha tenido una explicación universalmente aceptada. Sin embargo la experiencia

ha demostrado el efecto positivo de la vegetación, para evitar problemas de erosión, reptación y fallas superficiales (Suárez Díaz, 1998).

Para poder analizar los fenómenos del efecto de la vegetación sobre el suelo se requiere investigar las características específicas de la vegetación en el ambiente natural que se esté estudiando.

Entre los factores se sugiere analizar los siguientes: volumen y densidad de follaje, tamaño, ángulo de inclinación y aspereza de las hojas, altura total de la cobertura vegetal, presencia de varias capas diferentes de cobertura vegetal, tipo, forma, profundidad, diámetro, densidad, cubrimiento y resistencia del sistema de raíces.

El tipo de vegetación, tanto en el talud como en el área arriba del talud es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales. En primer lugar tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y además, da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces.

Como controlador de infiltraciones tiene un efecto directo sobre el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir.

Factores:

1. Intercepta la lluvia.
2. Aumenta la capacidad de infiltración.
3. Extrae la humedad del suelo.
4. Grietas por desecación.
5. Raíces refuerzan el suelo, aumentando resistencia al cortante.
6. Anclan el suelo superficial a mantos más profundos.
7. Aumentan el peso sobre el talud.
8. transmiten al suelo fuerza del viento.
9. Retienen las partículas del suelo disminuyendo susceptibilidad a la erosión.

La deforestación puede afectar la estabilidad de un talud de varias formas:

1. disminuyen las tensiones capilares de la humedad superficial
2. se elimina el factor de refuerzo de las raíces
3. se facilita la infiltración masiva de agua.

La quema de la vegetación aumenta la inestabilidad de los taludes, especialmente si esto ocurre en área de coluviones en los cuales la vegetación ejerce un papel preponderante en la estabilidad, especialmente por la eliminación del refuerzo de las raíces y por la exposición a la erosión acelerada.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La región San Martín con características particulares de geografía, climas variados en su entorno, complejidad geológico-estructural y características geomorfológicas variadas, presenta una frecuencia **alta** de peligros geológicos, en comparación a otras áreas del país, marcada por la ocurrencia de inundaciones y erosiones fluviales en los valles interandinos y en su transición a la selva baja, procesos asociados de movimientos en masa en las laderas (deslizamientos, huaycos y derrumbes), ligados a la actividad climática (lluvias) y sísmica. La ocupación y crecimiento paulatino de las ciudades en los valles y laderas, por el hombre, aumentan en muchos casos la frecuencia en la recurrencia de eventos de carácter desastroso.
2. El trabajo de inventario de peligros (788 ocurrencias), muestra una mayor ocurrencia de deslizamientos rotacionales (38,45%), seguido de las inundaciones fluviales (15,61%), derrumbes (11,80%), erosión de laderas (7,87 %), deslizamiento traslacional (5,46 %), flujo (5,46%), erosión fluvial (4,95 %), avalancha de rocas (3,30%), caídas de rocas (2,66 %), movimiento complejo (2,54 %), reptaciones de suelo (1,40 %), inundación pluvial (0,38 %) y hundimiento (0,13%).
3. Se ha reconocido muchos eventos de deslizamientos y flujos de detritos antiguos, que represaron los valles de los ríos Huallaga y Mayo, con dimensiones considerables en algunos casos, que controlan la morfología actual de estos valles.
4. Las rocas que más predominan son las sedimentarias con el 68,02 % del área total de la región, predominado los conglomerados, areniscas, lodolitas y limoarcillitas. Los depósitos inconsolidados (fluviales, aluviales, coluvio-deluviales) comprenden el 11,62 %. Las rocas metamórficas ocupan el 7,28% representado por los esquistos; las rocas volcánico-sedimentarias comprenden el 6,45%, y las rocas intrusivas ocupan el 6,63%. En las rocas sedimentarias es donde presentan la mayor cantidad de movimientos en masa.
5. Las principales unidades hidrogeológicas que se han reconocido en la región San Martín son: acuíferos (65,74 %), acuitardo (34,02 %) y acuícluido (0,24 %), de estas unidades donde se presentan la mayor cantidad de fenómenos de movimiento en masa son los acuíferos. En la unidad de acuitardos se presentan reptaciones de suelos y erosiones de ladera.
6. En el análisis de susceptibilidad a los movimientos en masa el peso de los factores condicionantes considerados son: pendientes (35 %), litología (30 %), geomorfología (25 %), e hidrogeología (10 %). El mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa, nos muestra un alto y muy alto grado de susceptibilidad en el sector central y oeste de la región y en los límites con las regiones Amazonas y La Libertad. Su distribución mayor está sobre las franjas alineadas de la Faja Subandina con dirección NO-SE, sectores de Pilluana a Shapaja, valle del río Biabo, y algunos sectores deforestados como Cuñunbuque, Zapatero, Shatoja, Cainarachi, etc. Los peligros geológicos inventariados se ubican en las zonas de muy alta y alta susceptibilidad a los movimientos en masa, lo cual valida el mapa.
7. Las unidades de muy alta y alta susceptibilidad a los movimientos en masa son: litología (conglomerados, areniscas y lodolitas; areniscas, limoarcillitas y lodolitas; domos de sal; y secuencias volcánica-sedimentarias); pendientes (25° a 45°); geomorfología (abanicos proluviales y deluvio-coluviales, depósitos de deslizamiento, detritos de vertiente y montañas con pendiente moderada a fuerte); unidades hidrogeológicas (acuicluido, acuífero fisurado sedimentario excelente, acuífero fisurado volcánico sedimentario regular).
8. El mapa de susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial, nos muestra que las áreas de Alta Susceptibilidad corresponden a la llanura de inundación periódica a ocasional de los ríos principales en las cuencas de los ríos: Huallaga (entre Juanjuí-Pajarillo-Bellavista-San Rafael-San Cristóbal-Picota-Pilluana, Papaplaya-Porvenir y Acuyacu-Tocache), Mayo (sectores comprendidos entre Pardo Miguel-San Fernando-Yuracyacu-Yantalo-Moyobamba), Cumbaza (sector de Juan Guerra), Biabo (Alto Biavo-Bajo Biavo), Sisa (sectores comprendidos entre Santa Rosa a San Rafael), Saposoa (sectores comprendidos entre Saposoa-Piscoyacu-El Eslabón-Sacanche-Tingo de Saposoa). Estas áreas incluyen zonas urbanas y asentamientos urbanos ubicados dentro de las áreas de inundación normal a excepcional (Ej. áreas de Juanjuí,

Bellavista, San Rafael, Picota, Papaplaya, Juan Guerra, etc.), terrenos de cultivo, vías de comunicación entre esta tenemos tramos de la carretera Fernando Belaunde Terry (Marginal).

9. En la región últimamente las inundaciones son más frecuentes, las cuales han afectado las poblaciones que se encuentran ubicadas en las riberas de los ríos, como las localidades de Juanjuí, Bellavista, Picota, Pilluana. Estos problemas es por la falta de planificación y ordenamiento del territorio y por la expansión urbana, produciéndose la ocupación de áreas susceptibles a los peligros.
10. Se han reconocido un total de 125 zonas críticas, de las cuales 63 corresponden a peligros geohidrológicos (inundaciones y erosiones fluviales), 60 a movimientos en masa (flujos, derrumbes, caídas de rocas, movimientos complejos) y 2 a otros tipos de peligros. Entre las más importantes son las inundaciones que se han dado por desbordamientos de los ríos Huallaga, Mayo y de sus afluentes; los derrumbes del sector de Pilluana y los deslizamientos que se han reactivado en el tramo de carretera Fernando Belaunde Terry.
11. El estudio de la sismicidad en la región de San Martín indica que se han producido sismos con intensidades máximas de entre VI hasta X (en Angaisa) en la escala Modificada de Mercalli y con magnitudes hasta 6.5 Ms en la escala de Richter.
12. Del análisis de la curva de Peligro Anual (curva de probabilidad de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud), para Rioja se producirá una aceleración de 625 gal con una probabilidad de 0,002%, siendo el periodo medio de retorno del sismo que produce dicha aceleración, de 900 años; Aceleraciones del orden de 348 gal se producirían con un porcentaje de 0,05% con periodos de retorno de 50 años (Figura 6.10).
13. Según el Factor detonante de sismicidad, para un 10% de excedencia y para 20 años a esta cuenca le correspondería la categoría de Alta (A) a muy alta (AA); se esperan aceleraciones que oscilan entre 225 > a >405 gales; para 50 años le corresponden la categoría de Muy Alta (AA) y se esperan aceleraciones que varían de 275 a 485 gales y para 100 años correspondería Muy Alta (AA), con aceleraciones que varía de entre 360 a 545 gales.
14. La ciudad de Moyobamba y en general toda la región de San Martín se encuentra emplazada sobre suelos residuales de naturaleza arcillo-arenosa de color marrón rojizo los cuales no se comportan homogéneamente ante las aceleraciones dinámicas.
15. El sismo de mayo de 1990 que afectó con mayor intensidad a Rioja y a Soritor, está asociado al sistema de fallas Rioja – Pucatanbo y del año 1991 al sistema de fallas Chazuta – Angaisa, ambos sistemas de fallas activas corresponden al sistema de fallas de Altomayo.
16. Los mapas de susceptibilidad servirán para que las autoridades regionales y locales puedan mejorar la planificación urbanística y mejorar la calidad de vida del poblador de la región.
17. La zona de expansión urbana de las ciudades de Moyobamba y Tarapoto, debería estar orientada hacia el área de lomadas, y no hacia la llanura inundable.
18. La deforestación es un factor importante en la formación ó reactivación de fenómenos de movimiento en masa, y más aun esto contribuye a la pérdida de suelos, es por ello que se debe implementar un programa de reforestación en toda la región San Martín, y educar a los pobladores rurales para evitar la quema de vegetación.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR, V. & MENDOZA, D. (2002) - *Aproximación a un modelo de susceptibilidad a movimientos de masa en el eje cafetero, Colombia*. Tesis Ingeniero Civil, Universidad del Valle, Facultad de Ingeniería, Cali, 214 p.
- ALLENDE, T. (1996) - Geología del cuadrángulo de San Pedro de Chonta. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 68, 220 p.
- ALVA, J. (1999) - Banco de datos de mapas de isosistas en el Perú (en línea). Lima: CISMID, 5 p. (consulta: febrero 2008) Disponible en: <http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/redacis/redacis03_a.pdf> y <<http://www.cismid.uni.org/redacis/index.php>>
- ARISTIZÁBAL, E & YOKOTA, S. (2006) - Geomorfología aplicada a la ocurrencia de deslizamientos en el Valle de Aburra. *Dyna* (en línea), 149: 5-16. (consulta: enero 2008). Disponible en: <<http://dyna.unalmed.edu.co/ediciones/149/articulos/EA100505/EA100505.pdf>>.
- ATLAS REGIONAL DEL PERÚ (2004) - *San Martín: Geografía – Historia – Cultura – Turismo*. Lima: PEISA, QUEBECOR, t. 23, 45 p.
- AYALA, F.J. (2002) - El sofisma de la imprevisibilidad de las inundaciones y la responsabilidad social de los expertos. Un análisis del caso español y sus alternativas. *Boletín Asociación de Geógrafos Españoles*, (33): 79-92.
- AYALA, F.J. & ANDREU, F., dirs. (2006) - *Manual de ingeniería de taludes*. 1. ed. 2. reimp. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 456 p.
- CAHILL, T.A. & ISACKS, B.L. (1991) - Seismicity and shape of the subducted. Nazca plate. *Journal of Geophysical Research*, 97(B12): 17503-17529.
- CASAVARDE, L. & VARGAS, J. (1980) - *Zonificación sísmica del Perú*. Lima: Pont. Univ. Católica del Perú, 32 p., PUC Serie Difusión, trabajo presentado en el II Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismo Resistente, Lima, 1980.
- CERRÓN, F.; ATENCIO, E. & QUISPE, L. (1997) - Geología de los cuadrángulos de Río Biabo, Manco Capac y Vencedor. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 97, 155 p.
- CHORLEY, R.J.; SCHUMM, S.A. & SUGDEN, D.E. (1985) - *Geomorphology*. London and New York: Methuen, 605p.
- CORPORACIÓN PERUANA DE AEROPUERTOS Y AVIACIÓN COMERCIAL (2007) - *Infraestructura de aeropuertos y/o aeródromos administrados por CORPAC S.A.* (en línea). (Consulta: 12 abril 2007). Disponible en: <http://www.corpac.gob.pe/informacion_aeroportuaria/caracteristicas.asp>
- CUSTODIO, E. & LLAMAS, M. (1996) - *Hidrología subterránea*. Barcelona: Omega, 2 t.
- DÁVILA, J. (2006) - *Diccionario geológico bilingüe español-ingles*. Lima: [s.e.], 696 p.
- DE LA CRUZ, J.; LARA, M. & RAYMUNDO, T. (1998) - Geología de los cuadrángulos de Cahuapanas y Nueva Cajamarca. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 115, 125 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.
- DUQUE, E. & ESCOBAR, C. (2001) - *Manual de geología para ingenieros* (en línea). Disponible en <<http://www.geocities.com/manualgeo>>
- FABREGAT, V. (2000): Contenidos de la cartografía hidrogeológica. *Boletín Geológico y Minero*, 111(esp.): 117-123 p.
- GARZÓN (1985) - Las avenidas como fenómeno geológico. En: Ayala, F.J., ed. *Geología y prevención de daños por inundaciones*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, p. 5-53.
- 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: enero 2008). Disponible en: <<http://www.ideam.gov.co/publica/RioMagdalena/geomagdalena2.pdf>>

INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (2004) - *Catálogo sísmico preliminar para el período 1900-2004: sismología, datos de intensidades sísmicas* (CD-ROM). Lima: Instituto Geofísico del Perú, Centro Nacional de Datos Geofísicos.

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (2000) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N° 1. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ing. Geológica*, 23, 330 p.

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL – (2004) - *Mapa de peligros de la ciudad de Bellavista, informe final* (en línea). Lima: INDECI, 287 p. (consulta: enero 2008), Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles. Disponible en: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_San_Martin/bellavista/bellavista.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL – (2004) - *Mapa de peligros de la ciudad de Juanjui, informe final* (en línea). Lima: INDECI, 169 p. (consulta: enero 2008), Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles. Disponible en: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_San_Martin/mariscal_caceres/juanjui.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL – (2004) - *Mapa de peligros de la ciudad de Lamas, informe final* (en línea). Lima: INDECI, 190 p. (consulta: enero 2008), Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles. Disponible en: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_San_Martin/lamas/lamas_mp.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL – (2004) - *Mapa de peligros de la ciudad de Moyobamba, informe final* (en línea). Lima: INDECI, 149 p. (consulta: enero 2008), Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles. Disponible en: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_San_Martin/moyobamba/moyobamba_pus.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL – (2004) - *Mapa de peligros de la ciudad de Nueva Cajamarca, informe final* (en línea). Lima: INDECI, 220 p. (consulta: enero 2008), Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles. Disponible en: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_San_Martin/rioja/nuevacajamarca.pdf>

<http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_San_Martin/rioja/nuevacajamarca.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL – (2004) - *Mapa de peligros de la ciudad de Rioja, informe final* (en línea). Lima: INDECI, 203 p. (consulta: enero 2008), Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles. Disponible en: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_San_Martin/rioja/yuracyacu.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL – (2004) - *Mapa de peligros de la ciudad de San Hilarión, informe final* (en línea). Lima: INDECI, 153 p. (consulta: enero 2008), Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles. Disponible en: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_San_Martin/picota/sanhilarion.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL – (2004) - *Mapa de peligros de la ciudad de Tarapoto, Morales y La Banda de Shilcayo, informe final* (en línea). Lima: INDECI, 251 p. (consulta: enero 2008), Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles. Disponible en: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_San_Martin/san_martin/tarapoto_otros.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL – (2004) - *Mapa de peligros de la ciudad de Yuracyacu, informe final* (en línea). Lima: INDECI, 207 p. (consulta: enero 2008), Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles. Disponible en: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_San_Martin/rioja/yuracyacu.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (2005) – *Plan de usos del suelo y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Tarapoto*. Lima: INDECI, 167 p. (consulta: diciembre 2007). Proyecto INDECI PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles. Disponible en: <http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_San_Martin/san_martin/tarapoto.pdf>

INSTITUTO NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (1995-2006) - *Estadísticas de emergencias* (en línea). Lima: INDECI. (consulta: mayo 2007). Disponible en: <http://www.indeci.gob.pe/estadisticas/banco_datos.htm>

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (2005) - *Banco de información distrital* (en línea). Lima: INEI. (consulta: mayo 2007). Disponible en: <http://www.inei.gob.pe/banco_datos/>

- www.inei.gob.pe>; <<http://www.desa.inei.gob.pe/mapas/bid/>>
- IRIGARAY C., & CHACÓN J. (2003) - Métodos de análisis de la susceptibilidad a los movimientos de laderas mediante S.I.G. En: Ayala, F & Corominas, J., eds. *Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG. Fundamentos y aplicaciones en España*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, Medio Ambiente, 4, p. 21-36.
- KUROIWA, J. (2002) - *Reducción de desastres: viviendo en armonía con la naturaleza*. Lima: Quebecor World Perú, 429 p.
- LARA, J. & ALVA, J. (1992) - *Microzonificación sísmica de la ciudad de Moyabamba* (en línea). Lima: CISMID, 22 p. (consulta: febrero 2008). Ponencia presentada en el IX Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Ica, del 14 al 20 de Setiembre de 1992. Disponible en: <http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/redacis/redacis23_a.pdf>
- LEUREYRO, J.; MACHARÉ, J. & SEBRIER, 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.
- MARQUÍNEZ, J.; LASTRA J. & FERNÁNDEZ E. (2006) - Metodología utilizada para cartografiar la peligrosidad de inundaciones en las cuencas del norte. En: Díez, A.; Lain, L. & Llorente, M., eds. *Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones: métodos, experiencias y aplicación*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, Medio ambiente. Riesgos geológicos 7. p. 125-141.
- MARTÍNEZ, W.; VALDIVIA, E. & CUYUBAMBA, V. (1998) - Geología de los cuadrángulos de Aucayacu, Río Santa Ana y Tingo María. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 112, 204 p.
- MCGUIRE, R.K. (1976) - Fortran computer program for seismic risk analysis. *U.S. Geological Survey, Open-File Report 76-67*, 90 p. También disponible en: <<http://pubs.er.usgs.gov/usgspubs/ofr/ofr7667>>
- MORA, S. & VAHRSON, W.G. (1993) - Determinación a priori de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos. *Revista Tecnología ICE*, 3(1): 32-42
- SALAZAR, A. & MARTÍN-SERRANO, A. (2004) - Los procesos geodinámicos en la cartografía geomorfológica a escala 1:50,000 del IGME. En: Benito, G. & Díez Herrero, A., eds. *Contribuciones recientes sobre geomorfología*. Madrid: CSIC-Centro de Ciencias Medioambientales, p. 31-39.
- SALAZAR, A. & MARTÍN-SERRANO, A. (2006) - La normalización del mapa geomorfológico de España a escala 1:50,000. Su utilidad para la elaboración de mapas de peligrosidad por inundaciones. En: Díez, A.; Lain, L. & Llorente, M., eds. *Mapas de peligrosidad de avenidas e inundaciones: métodos, experiencias y aplicación*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, Medio ambiente. Riesgos geológicos 7. p. 169-182.
- SAN MARTIN. GOBIERNO REGIONAL & INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONÍA PERUANA (2005) - Región San Martín: Propuesta de zonificación ecológica económica como base para el ordenamiento territorial, resumen (en línea). Tarapoto: Gobierno Regional de San Martín, 44 p. (consulta: diciembre 2007). Disponible en: <http://www.iiap.org.pe/avances/poa/2005/ZEE_Resumen.pdf>
- 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, 400 p.
- SÁNCHEZ, A. & HERRERA, I. (1998) - Geología de los cuadrángulos de Moyobamba, Saposoa y Juanjui. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 122, 271 p.
- SÁNCHEZ, J. & JACAY, J. (1997) - Geología de los cuadrángulos de Huayabamba y Río Jelache. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 87, 226 p.
- SÁNCHEZ, J.; ÁLVAREZ, D.; LAGOS, A. & HUAMÁN N. (1997) - Geología de los cuadrángulos de Balsapuerto y Yurimaguas. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 103, 203 p.
- SÁNCHEZ, J., ALVAREZ, D., LAGOS, A. (1998) - Geología de los Cuadrángulos de Juscusbamba y Pólvora. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 119, 262 p.
- SCHUMM, S. (1981) - Evolution and response of the fluvial system, sedimentological implicatons. En: Etheridge, F.G. & Flores, R.M., eds., *Recent and ancient non-marine depositional environments: models for exploration*. Tulsa, OK: Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication, 31 p. 19-29.

- SÉBRIER, M., et al. (1982) - *Observaciones acerca de la neotectónica del Perú*. Lima: Instituto Geofísico del Perú, 107 p.
- SILGADO, E. (1978) - Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974). *Instituto de Geología y Minería, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ing. Geológica*, 3, 130p.
- SISTEMA NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (2005) – *Plan regional de prevención y atención de desastres: San Martín* (en línea). Lima: INDECI, 2 t. (consulta: enero 2008). Disponible en: <http://www.indeci.gob.pe/planes_proy_prg/p_estrategicos/nivel_reg/prpad_sanmartin.pdf>
- STRUCKMEIER, W.F. & MARGAT, J. (1995) - *Hydrogeological maps: a guide and a standard legend*. Hannover: Verlag Heinz Heise, International Contributions to Hydrogeology, 193 p.
- SUÁREZ, J. (1998) - *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga: Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Universidad Industrial de Santander, 548 p.
- TAVERA, H. & BUFORN, E. (1998) - Sismicidad y sismotectónica de Perú. En: Udías, A. & Buforn, E., eds. *Sismicidad y sismotectónica de América del Centro y Sur*. Madrid: Univ. Complutense, Física de la Tierra, 10, p. 187-219.
- TAVERA, H. & BUFORN, E. (2001) - Source mechanism of earthquakes in Perú. *Journal of Seismology*, 5(4): 519-539
- 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.
- VÍLCHEZ, M. (2005) - *Inspección de los efectos en el medio ambiente y movimientos en masa causados por el sismo del 25 de setiembre de 2005 en las localidades de Moyobamba, Lamas y Tarapoto*, informe técnico. Lima: INGEMMET, Dirección de Geología Ambiental, 35 p.
- VILLOTA, H. (2005) - *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. 2. ed. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 210 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.
- ZÁRATE, H.; GALDOS, J. & TICONA, P. (1997) - Geología de los cuadrángulos de San Rafael, Río Cushabatay e Inahuaya. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 100, 191 p.
- ZAVALA, B. & VÍLCHEZ, M. (2006) - Riesgos geológicos en la Región Huánuco. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ing. Geológica*, 34, 174 p.