



PERÚ

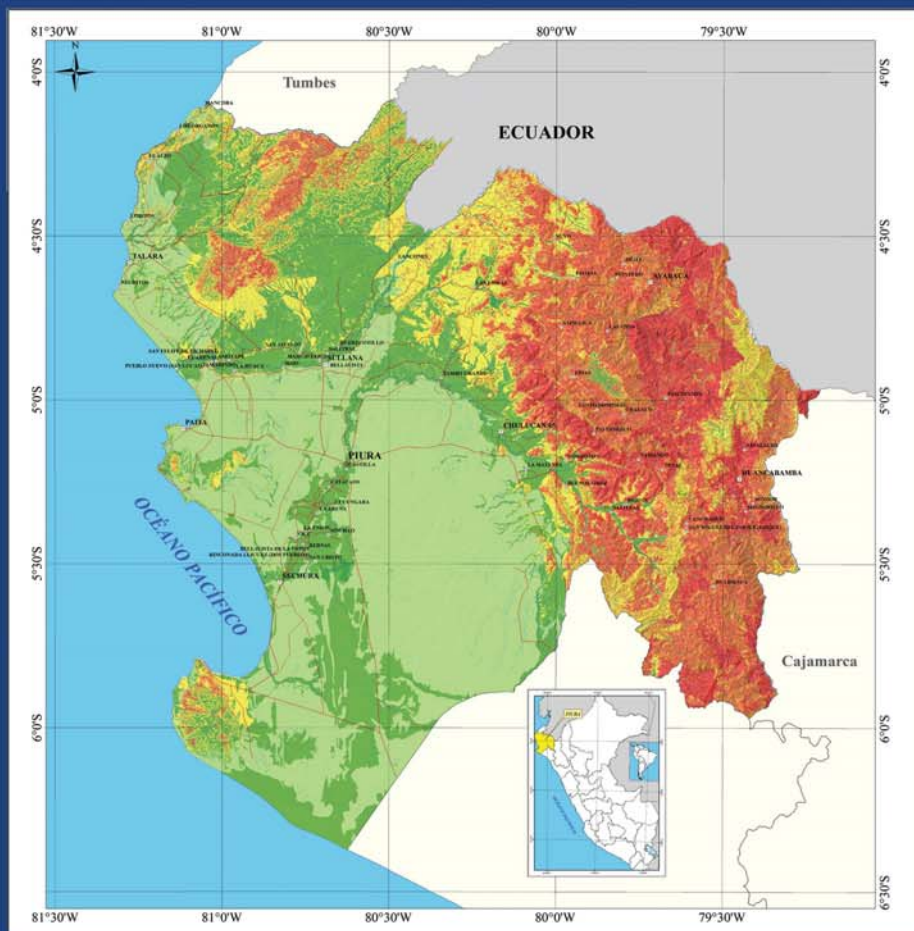
Ministerio
de Energía y Minas

Instituto Geológico Minero
y Metalúrgico - INGEMMET



Riesgo Geológico en la Región Piura

Boletín N° 52 Serie C
Geodinámica e Ingeniería Geológica



Por:

Manuel Vílchez Mata

Griselda Luque Poma

Malena Rosado Seminario

Lima, Perú
2013



PERÚ

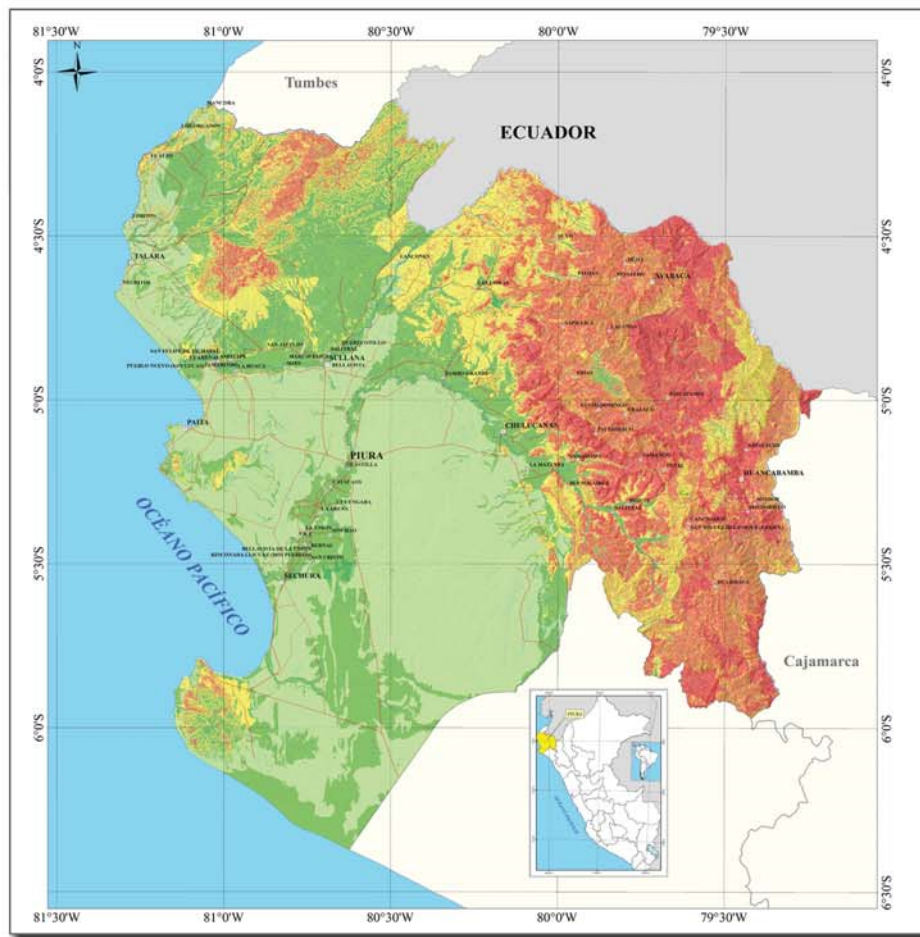
Ministerio
de Energía y Minas

Instituto Geológico Minero
y Metalúrgico - INGEMMET



Riesgo Geológico en la Región Piura

Boletín N° 52 Serie C
Geodinámica e Ingeniería Geológica



Por:

Manuel Vílchez Mata

Griselda Luque Poma

Malena Rosado Seminario

Lima, Perú
2013

SERIE C: GEODINÁMICA E INGENIERÍA GEOLÓGICA,
N° 52, 2013

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú
N° 2013-13656

Razón Social: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
(INGEMMET)

Domicilio: Av. Canadá N° 1470, San Borja, Lima, Perú
Primera Edición, INGEMMET 2013

Se terminó de imprimir el 20 de septiembre del año 2013 en los
talleres de INGEMMET, Av. Canadá N° 1470, San Borja, Lima

© **INGEMMET**

Derechos Reservados. Prohibida su reproducción

Presidenta del Consejo Directivo: Susana Vilca
Secretaria General: Elizabeth Ramos

Comité Editor: Susana Vilca, Lionel Fidel, Víctor Carlotto,
Jorge Chira, Marden Rojas

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 y José Suarez
Corrección gramatical y de estilo: María del Carmen La Torre
Diagramación: Zoila Solis

Portada: Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la
región Piura

Referencia bibliográfica

Vilchez, M., Luque, G. & Rosado, M. (2013) - Estudio de riesgo
geológico en la región Piura. *INGEMMET, Boletín, Serie C:
Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 52, 250 p., 9 mapas.

Contenido

RESUMEN	1
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO II	
ASPECTOS GENERALES DE LA REGIÓN PIURA	7
CAPÍTULO III	
CONTEXTO LITOLÓGICO	33
CAPÍTULO IV	
ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS	49
Por: Fluquer Peña Laureano	49
CAPÍTULO V	
ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	59
CAPÍTULO VI	79
PELIGROS NATURALES	79
CAPÍTULO VII	
SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIONES Y EROSIÓN FLUVIAL	229
CAPÍTULO VIII	
ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE PROBLEMAS GEODINÁMICOS	241
CONCLUSIONES	261
BIBLIOGRAFÍA	265

RESUMEN

La región Piura, ubicada en la zona norte del Perú, ocupa zonas comprendidas entre la pampa costanera y la cordillera occidental, en la cual destacan tres valles o ríos principales, los ríos Piura y Chira en la vertiente Pacífica y el río Huancabamba en la vertiente Atlántica. El río Piura limitado por montañas abruptas en sus cuencas media y alta, discurre en su tramo final por una zona de planicie; el río Chira es una cuenca binacional, cuya cuenca alta pertenece al Ecuador y la cuenca media y baja al Perú; el río Huancabamba es un valle interandino, en esta región se ubica una importante población del país.

Se extiende desde cotas a nivel del mar en la faja litoral, hasta los 3942 msnm en las cabeceras de las cuencas del río Chira y Huancabamba; geográficamente sus coordenadas se ubican entre los 4° 04' 50" y 6° 30' de latitud sur y 79° 13' 35" y 81° 19' 35" de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Tiene una extensión territorial de 35 892.49 km², equivalente al 2.8 % del territorio nacional, y según el XI Censo Nacional de Población y VI de vivienda de 2007, su población es de 1 676 315 habitantes, distribuida en ocho provincias y 64 distritos. Los poblados más importantes son: Piura, Sullana, Paita, Sechura, Talara, Huancabamba, Frías, Pacaipampa, Huarmaca, Morropón, Chulucanas, Suyo, Ayabaca, entre otros. La población económicamente activa es de 530 530 habitantes. La densidad poblacional de la región Piura es de 46.6 hab/km².

Como resultado del inventario y cartografía de peligros a escala 1: 50 000, la interpretación de fotografías aéreas de los años 1962 y 1963, imágenes satelitales Landsat e imágenes satelitales Google Earth, se identificaron 1343 ocurrencias de peligros que presentaron una mayor frecuencia los flujos de detritos, derrumbes, erosión de laderas, deslizamiento rotacional, flujo de lodo, erosión fluvial e inundación fluvial.

En la infraestructura de la región, destacan la carretera Panamericana Norte, que viene de Lambayeque y continúa a Tumbes, la antigua panamericana norte que pasa por las localidades de Olmos, Morropón, Chulucanas y Piura, carreteras de penetración hacia Ayabaca, Huancabamba, Huarmaca y otros distritos más alejados, carretera que conecta Paimas y Suyo. Se tiene infraestructura hídrica muy importante como las represas de Poechos, San Lorenzo, Ejidos, la presa derivadora Sullana, los

canales Miguel Checa y Daniel Escobar. Además se tiene cuatro aeropuertos, cuatro muelles importantes, ocho centrales hidroeléctricas y nueve centrales térmicas.

La frecuencia de peligros en la región, teniendo en cuenta la variabilidad del clima, donde se presenta cada cierto tiempo el fenómeno de El Niño, la complejidad geológica-geomorfológica y la sismicidad alta, está marcada por la ocurrencia de inundaciones y erosión fluvial, movimientos en masa y sismos, en ese orden. Los registros históricos descritos en los reportes en el país por el INDECI, además de la información periodística, muestran que hubo inundaciones que ocasionaron graves daños a la infraestructura agrícola y vial en los años 1971/72, 1982/83, 1997/98 y 2001; así mismo, ocurrieron fenómenos de movimientos en masa tipo flujos de detritos, flujos de lodo, deslizamientos y derrumbes. Sísmicamente, la región ha sido afectada por sismos con intensidades de hasta IX en la escala modificada de Mercalli y con magnitudes de hasta 7.8 Ms en la escala de Richter.

El análisis de las 1343 ocurrencias de peligros geológicos y geohidrológicos inventariados en la base de datos revela que los flujos de detritos ocupan el primer lugar con 25.32 %, le siguen los derrumbes con 15.41 %, erosión de laderas con 14.89 %, deslizamiento rotacional con 13.10 %, flujo de lodo con 7.82 %, erosión fluvial con 6.33 %, inundación fluvial con 4.17 %, deslizamiento traslacional con 3.14 %, movimientos complejos con 2.61 %, arenamientos con 1.86 %, avalancha de rocas con 1.71 %, reptación de suelos con 1.56 %, caída de rocas con 1.41 %, flujo de tierra con 0.30 %, erosión marina con 0.22 %e inundación marina con 0.15 %.

Se prepararon los mapas temáticos para cada factor condicionante a los movimientos en masa y se ponderaron por separado con los siguientes valores: litología 35%, pendientes 25 %, geomorfología 15 %, hidrogeología 15 %, cobertura vegetal y uso del suelo 10 %. El mapa de susceptibilidad se elaboró utilizando el método de ponderación de factores, denominado también método heurístico, indirecto-cualitativo. De esta forma, se ha efectuado para la zona una estimación de la susceptibilidad a los movimientos en masa representada en cinco categorías: muy baja susceptibilidad, baja susceptibilidad, moderada susceptibilidad, alta susceptibilidad y muy alta susceptibilidad. Paralelamente se analizó la susceptibilidad a

las inundaciones, utilizando como factores de análisis la geomorfología y la pendiente de los terrenos.

Las zonas de muy alta susceptibilidad, en donde todas las condiciones del terreno son muy favorables para generar movimientos en masa están relacionados a áreas donde ocurrieron deslizamientos en el pasado o han ocurrido deslizamientos recientes. Se producen en zonas donde el substrato rocoso es de mala calidad, es decir, donde se presentan rocas volcánicas tipo andesitas, rocas volcano-sedimentarias conformadas por intercalaciones de andesitas, areniscas, lutitas y limolitas, rocas intrusivas como granitos y granodioritas alterados, y depósitos de vertiente tipo coluvio-deluviales; laderas con pendientes entre 15° y 45°, morfologías de montañas y colinas; terrenos con cobertura vegetal tipo páramo, matorrales y bosques húmedos. Dentro de esta zona, se encuentran las localidades de Huancabamba, Bigote, Frías, Lagunas, Sondor, Sondorillo, Yamango y Tunal.

Las zonas de alta susceptibilidad, donde la mayoría de condiciones del terreno son favorables para que se generen movimientos en masa, están vinculadas a condiciones del substrato rocoso conformado por rocas volcánico-sedimentarias (areniscas, lutitas, andesitas), rocas intrusivas (granodiorita, granito, tonalita) y rocas volcánicas (andesitas), las cuales se encuentran muy fracturadas y alteradas a suelos arcillo-limosos, limo-arcillosos y areno-limosos; morfologías de montañas, colinas y planicies. Los terrenos presentan pendientes que varían de 15° - 45°. La vegetación es de tipo páramo, matorrales y bosques húmedos. Destacan en esta zona las laderas de los cerros Amotapes, Illescas, laderas de montañas donde se ubican las localidades de Canchaque, Sicches, Ayabaca, Montero, Buenos Aires, Sapillica y Huarmaca.

Se analizó también la susceptibilidad a las inundaciones y erosión fluvial, empleando para ello los mapas de geomorfología y pendientes. Las zonas de alta susceptibilidad corresponden a las llanuras de inundación ocasional a excepcional en la cuenca media-baja de los ríos Chira y Piura; inundaciones y erosión fluvial con precipitaciones pluviales periódicas y excepcionales a lo largo de valles de los ríos Quiroz, Chipillico, Chignia, Huancabamba y Olmos; se producen inundaciones también a lo largo de la planicie alta denominada meseta andina y relieve depresionado en la costa; se

incluyen zonas urbanas y asentamientos urbanos ubicados dentro de las áreas de inundación normal a excepcional, terrenos de cultivo y vías de comunicación. Las zonas de moderada susceptibilidad a las inundaciones corresponden a los terrenos bajos adyacentes a la llanura de inundación, conformada por terrazas, en el valle del río Quiroz en su cuenca media; erosión fluvial con precipitaciones pluviales excepcionales en quebradas y valles de zonas plano onduladas y montañosas (río Samán y quebradas de régimen excepcional en la cuenca baja). Inundaciones en terrenos plano-ondulados donde se ubican poblados importantes (Sullana, Las Lomas, etc.). Procesos de inundación pluvial en un inicio, luego por concentración de escorrentía se forman cursos de agua a través de terrenos planos ondulados de la planicie costera y terrazas antiguas levantadas.

En este estudio se determinó la existencia de 48 zonas críticas relacionadas a peligros geológicos y geohidrológicos, entre las que destacan: valle del río Piura entre las localidades de Catacaos- puente Independencia-fundo La Joya; puente Salitral; puente Carrasquillo; Castilla; puente Sechura; carretera Olmos-Pucará. Valle del río Chira entre las localidades de Amotape-Vichayal; Amotape-Tamarindo-La Huaca; Salitral-Sullana. Sausal en Ayabaca, carretera Olmos-Pucará; Panamericana Norte km 85+000 al km 90+001; Panamericana Norte entre el km 109+000 al km 111+901; Panamericana Norte entre la quebrada El Verde y el distrito de Los Órganos; Panamericana Norte entre los Órganos y Máncora; Talara; carretera Talara-Negritos; Panamericana Norte entre la Brea y el desvío Talara-Tumbes; Panamericana Norte km 1067 al km 1075; carretera Amotape-Talara; Panamericana Norte km 1046 al km 1058; entre la Quebrada Samán y Quebrada Charanal; carretera a Huancabamba-Sondor-Tacapo; poblado de Huancabamba; carretera Huancabamba-Sondorillo-Huarmaca; carretera San Miguel del Faique-Huarmaca.

Finalmente, se emiten las conclusiones y recomendaciones generales. Es bueno resaltar que los mapas temáticos, elaborados con ayuda del SIG, son importantes como herramienta de prevención, pues proporcionan una base importante para la planificación, que contribuyan a solucionar la problemática de los peligros naturales en la región.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

PRESENTACIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) en el marco del cumplimiento de sus funciones, entre las cuales se encuentran efectuar el estudio de los peligros geológicos que afectan el territorio nacional y cómo afectan a los centros poblados y obras de infraestructura, así como también realizar estudios hidrogeológicos y brindar apoyo a las comunidades en estos temas; realizó el estudio «Riesgos Geológicos en la Región Piura», que mediante los diferentes temas tratados busca generar información geocientífica que sirva para futuros proyectos de planificación a desarrollarse en esta región.

La región Piura destaca por la existencia de importantes obras de infraestructura como las presas de Poechos y Ejidos; por la actividad minera representadas por la minera Brasileña Vale do Rio Doce, que exportara fosfatos para la elaboración de fertilizantes y la minera Río Blanco Copper; que explotará cobre; por la extracción de petróleo en las zonas de Talara, Lobitos, El Alto, Zorritos, etc., así como, por la presencia de áreas geoturísticas como la del Parque Nacional Cerros de Amotape y el Coto de Caza El Angolo, que las convierten en áreas de gran crecimiento poblacional y económico.

Esta región debido a sus características geológicas, geográficas y climáticas, es afectada con cierta periodicidad por la generación de procesos que ocasionan desastres y afectan en diferentes grados a poblaciones, vías de comunicación e infraestructura; en suma a su economía; siendo considerados los movimientos en masa, como una de las causas mas comunes de la ocurrencia de dichos desastres.

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

ANTECEDENTES

Se han realizado varios trabajos de investigación en la región Piura, los cuales han tratado temáticas como geología, minería, petróleo, geodinámica, contaminación ambiental, ordenamiento ambiental entre otros. Los más notables son los realizados por el Proyecto Binacional Catamayo-Chira, Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN, actualmente ANA), el INGEMMET y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

Así por ejemplo en la «Zonificación ecológica económica (ZEE) Cuenca Binacional Catamayo-Chira» efectuado por el Proyecto Binacional Catamayo-Chira, el año 2005, aportó importantes elementos de análisis para la toma de decisiones frente al manejo integral de la cuenca, lo que constituyó una parte fundamental para el proceso de elaboración del «Plan de ordenamiento manejo y desarrollo de la cuenca Catamayo-Chira y el «Estudio geodinámico de la cuenca del río Piura», efectuado por el INGEMMET en el año 1994 y que estudió la ocurrencia y la zonificación de áreas afectadas por movimientos en masa, erosión fluvial e inundaciones en la cuenca del río Piura. Asimismo, el «Estudio geoambiental de la cuenca del río Catamayo-Chira» (Vilchez et al., 2006) evaluó la susceptibilidad a los movimientos en masa, peligros geohidrológicos y otros peligros geológicos en ambas cuencas; además de aportar un análisis de la línea de base ambiental, de los recursos y potencialidades de dichas cuencas.

Por otro lado, la base de datos sobre peligros de geodinámica externa «GEOEXDAT» preparada por la Dirección de Geotecnia del INGEMMET en 1997, utilizando información de estudios técnicos diversos, tesis de universidades, información del ministerio de transportes y comunicaciones, reportes periodísticos, etc., contó con 39 ocurrencias de peligros geológicos y geohidrológicos en la región Piura.

Los reportes elaborados por INDECI dan cuenta de 93 emergencias por peligros geológicos y geohidrológicos en Piura, entre los años 1990 y 2010. Como ejemplos de datos relevantes sobre desastres ocurridos por fenómenos naturales, se pueden mencionar procesos de erosión fluvial e inundaciones en las márgenes de los ríos Chira y Piura, que afectaron áreas urbanas, terrenos de cultivo, carreteras, puentes e infraestructura de riesgo;

asociados estos principalmente al fenómeno de El Niño de 1997-98.

Es importante mencionar que dentro de la región, se desarrollan importantes proyectos, entre los cuales destaca el Proyecto Especial Chira-Piura (PECHP), que desarrolla infraestructura de riego en la región Piura, para mejorar el riego en 86 859 has de tierras de cultivo y la incorporación de otras 23 550 has, la construcción de dos CC. HH., con una potencia instalada total de 29 MW.

ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO

El alcance principal de este estudio es la evaluación de la susceptibilidad a los peligros geológicos y geohidrológicos en la región Piura. Esta información es básica y muy útil, en los trabajos de prevención de desastres por fenómenos naturales y en los de ordenamiento territorial.

La información hidrometeorológica ha sido limitada, pero se consideró suficiente para el análisis de precipitaciones y caudales, parámetros importantes en el cálculo de la amenaza por inundaciones y por movimientos en masa.

Otro limitante ha sido la poca disponibilidad de fotografías aéreas actualizadas por contarse solo con algunas de los años 1961, 1962 y 1963.

Asimismo, se ha considerado como una restricción la problemática social en la zona alto andina de Huancabamba-Piura, donde no fue posible acceder a algunos sectores de la misma para realizar los trabajos de campo requeridos en el estudio, ya que los pobladores rechazan en sus localidades la presencia de cualquier profesional foráneo que quiera realizar estudios.

PARTICIPACIÓN

En el presente estudio participaron los siguientes profesionales de las Direcciones de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) del INGEMMET:

Participaron: Manuel Vilchez, Griselda Luque y Malena Rosado en el inventario y evaluación de movimientos en masa; Fluquer Peña encargado del estudio hidrogeológico y Walter Pari, encargado del estudio de peligro sísmico.

Todos estos trabajos se han realizado con el apoyo de Cesar Egocheaga y Samuel Lu, de la Dirección de Sistemas de Información del INGEMMET.

OBJETIVOS

El objetivo general del estudio es contribuir al desarrollo sostenible de la región Piura; y al mejoramiento de las condiciones de vida de

sus habitantes, brindando a las autoridades y a la población información de base y temática, sobre los problemas que los afectan.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Contribuir al conocimiento de los peligros geológicos en la región Piura.
- Complementar el cartografiado e inventariar los peligros geológicos, geohidrológicos y otros peligros naturales, en la región Piura, trabajo iniciado con el estudio de la cuenca Catamayo-Chira.
- Establecer zonas críticas que puedan ser afectadas por peligros naturales.
- Establecer las medidas a tomar para la prevención de los mismos.

METODOLOGÍA

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

Gabinete I:

Los trabajos de gabinete I o preliminares consistieron en:

- Recopilación y evaluación de información bibliográfica; topográfica, hidrometeorológica, geológica, sísmica, hidrogeológica, uso de suelo, información sobre obras de infraestructura y registro histórico de desastres naturales.
- Generación de la cartografía básica: composición del mapa topográfico base utilizando hojas topográficas del Instituto Geográfico Nacional.
- Preparación de Modelo digital de terreno (MDT) mediante el uso de un SIG.
- Generación de mapas preliminares para su respectiva comprobación de campo.
- Interpretación de Imágenes satelitales a escala 1:50 000 e imagen Google Earth.
- Análisis e interpretación de fotografías aéreas.
- Composición del mapa litológico-estructural a escala 1: 250 000 a partir de la cartografía geológica actualizada por INGEMMET al 2009.
- Interpretación y cartografiado de peligros geológicos, de imágenes satelitales Landsat (TM y ETM), imágenes Google Earth y fotografías áreas de las regiones.
- Preparación de la base de datos de inventario de Peligros Geológicos.

Campo:

Los trabajos de campo se han efectuado en dos comisiones a la región Piura en el año 2009, haciendo un total de 50 días de trabajo de campo. En dichas salidas se realizaron las siguientes actividades:

- Inventario, caracterización y cartografiado de los peligros geológicos, geo- hidrológicos y otros peligros naturales en hojas a escala 1:50000.
- Evaluación preliminar de la seguridad física de centros poblados, obras de ingeniería no lineal y zonas críticas.
- Caracterización de unidades litológicas y unidades geomorfológicas en campo.
- Comunicación con comunidades (difusión del estudio y sensibilización a la población y autoridades sobre la temática de prevención de desastres.

Gabinete II:

Los trabajos de gabinete II o finales han radicado en:

- Procesamiento y depuración de datos en base a la confrontación de la información obtenida en los trabajos de gabinete I y campo.

- Elaboración y preparación de una base de datos de peligros geológicos, geo-hidrológicos, que permita su incorporación a los SIG.
- Elaboración de mapas temáticos finales de factores (geomorfología, litología, pendientes, cobertura vegetal, hidrogeología), composición del mapa de inventario.
- Integración de mapas temáticos a los SIG y análisis de susceptibilidad a los movimientos en masa e inundaciones.
- Determinación de zonas críticas.
- Análisis del peligro sísmico.
- Preparación y redacción del informe final.

AGRADECIMIENTOS

En representación del INGEMMET queremos agradecer a los gobiernos locales y regionales de la región Piura, a las instituciones publicas (INDECI, ANA, entre otras) y a todos los profesionales que realizaron estudios anteriores en la región, cuya información ha sido valiosa en la elaboración de este trabajo.

CAPÍTULO II

ASPECTOS GENERALES DE LA REGIÓN PIURA

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La historia de Piura se remonta a los 6 mil años antes de nuestra era, cuando un pueblo de pescadores y recolectores poblaron las zonas costeras. Con el tiempo estos grupos humanos se fueron constituyendo en naciones civilizadas que poblaron la costa (Los Tallanes, considerados los mejores navegantes del antiguo Perú), la zona central (Vicús, famosos por su fina cerámica) y las serranías (cultura Huancabamba), quienes antes de la conquista española fueron sojuzgados por las tropas incaicas, luego de cruentas y sanguinarias guerras.

En Piura se desarrolló la cultura Vicús (100 a 700 d. C.), conocida originalmente como Sechura, cuya cerámica tenía como característica su gran plasticidad.

Sus tumbas profundas y sus rasgos de forma y decoración la vinculan con las culturas regionales del Ecuador y Colombia, pero a su vez, su constante asociación y semejanza con la cerámica Mochica, establece un vínculo muy fuerte con las culturas Lambayeque y Trujillo. Desde luego, los antecedentes de Vicús se remontan al período formativo, donde pueblos como el de Ñañañique, muestran una cultura muy semejante. Después de Vicús y luego de un largo proceso de desarrollo, se forjó la cultura Piura, cuyos últimos representantes fueron conocidos con el nombre de Tallanes. En esta etapa surgió el urbanismo con centros importantes como Narihualá.

Los Tallanes o Yungas fueron los primeros pobladores de Piura, procedieron de la sierra durante una época no precisada y vivieron en behetrías, que fueron poblaciones sin organización ni jefe único, fueron sometidos por los Chimú, que les permitieron conservar su organización y su lengua. Se presume que cuando los Chimú estuvieron acosados por los quechuas, los Tallanes lograron una suerte de autonomía. Siglos después fueron conquistados durante el gobierno de Inca Yupanqui o Túpac Inca Yupanqui, unos cuarenta años antes de la llegada de los españoles. Existen dos tesis que tratan de explicar los orígenes de los Tallanes: Julio C. Tello (1937) afirma que la cultura bajó de la sierra a la costa. Max Uhle (1890) sostiene que la corriente cultural llegó a la costa por vía marítima, desde América Central y luego ascendió a la sierra. La tesis más aceptada es la de Julio C. Tello que explica el origen serrano de los Tallanes.

Garcilazo de La Vega (1591), dice que Huancabamba era muy grande y estaba muy poblado por diferentes naciones que hablaban distintos idiomas y se gobernaban independientemente. Guerreaban entre sí y se sometía a los vencidos a los más duros castigos.

En igual situación se encontraban los Ayahuancas (Ayabaca), con lo que los incas tuvieron que pelear duramente para conquistarlos.

Después de una larga y dura guerra, en la que los Incas perdieron más de ocho mil hombres, estos pueblos decidieron rendirse. Pero una vez incorporados al imperio, se convirtieron en provincias progresistas dedicadas a la agricultura.

Así estaban cuando llegó Pizarro y sus soldados para emprender la conquista del Tawantinsuyo. Como se sabe sus primeros contactos con los naturales de Tumbes en su tercer viaje fueron hostiles y obligaron a los conquistadores a buscar lugares más propicios para ponerse a cubierta de sorpresas por parte de los indígenas. Viendo Pizarro que Tumbes no era el lugar apropiado que buscaban para establecer su base de operaciones, al frente de sus hombres decidió seguir viaje al sur en busca del lugar ideal para establecerse.

Lo encuentran en el valle de Tangarará a orillas del río Chira. Fue aquí donde Pizarro fundó la primera ciudad de América del Sur, San Miguel de Piura (1532), que durante la Colonia mudó su sede huyendo de los rigores del clima (quizá debido a la aparición de un fenómeno de El Niño) y de los piratas que asolaron las costas del norte peruano. Por aquel entonces, el puerto de Paita competía en importancia con el Callao debido a que frente a sus costas las aguas de la corriente de Humboldt (que va de sur a norte paralelo a la costa) se internan en el océano Pacífico, haciendo muy difícil la navegación de los barcos a vela.

Aproximadamente en 1571, la mayoría de piuranos se trasladaron al puerto de San Francisco de Buena Esperanza de Paita, debido a que el clima en Montes de los Padres molestaba a la población. Con la incursión del pirata inglés Cavendish (de enero a mayo de 1587), quien se apoderó del gran botín (25 libras de plata y 5500 libras de metales finos) y arruinó la ciudad, incendiando la iglesia y las casas, los pobladores se fueron a vivir al valle de Catacaos, junto a la represa de Tacalá. Entonces la ciudad supo mantenerse

en el Chilcal de Tacalá, encontrando el elemento que la caracterizó siempre, el río Piura. Durante la época de la colonia, la vida transcurrió en paz y tranquilidad, llegando a ser paso obligado hacia Lima, ya que por aquel entonces, el Puerto de Paita ofrecía las mejores ventajas para los barcos que venían de la metrópoli.

En 1820, con las incursiones de los almirantes Brown y Cochrane de la expedición libertadora de don José de San Martín, la población piurana se suma a la causa libertadora, y el 4 de Enero de 1821 el pueblo proclama la independencia en el atrio de la Iglesia San Francisco. La proclamación fue encabezada por los próceres José de Lama, Tomás Cortés, Baltasar Taboada, los hermanos Seminario y otros. De igual forma, la división Piura de 1000 hombres contribuyó victoriosamente en la independencia de Ecuador, tomando parte en la batalla de Pichincha, el 24 de mayo de 1822: y fue Catacaos la primera ciudad que en 1826 rechazó la Constitución Vitalicia impuesta por Simón Bolívar, acto que fue reconocido en todo el Perú y que le mereció el título de Heroica Villa.

El 30 de enero de 1837, fue elevada a la categoría de Provincia Litoral. Durante los primeros años de la vida republicana, los piuranos toman partido por los diferentes movimientos políticos que se dan en aquella época, llegando a ser escenario de reñidas luchas por uno u otro caudillo.

En 1861, se crea el departamento de Piura con tres provincias: Piura, Paita y Ayabaca. El 14 de enero de 1865, Huancabamba se convierte en la cuarta provincia de Piura.

En noviembre de 2002, mediante la Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, Ley N° 27867, se crea el Gobierno Regional Piura cuyo ámbito es el departamento de Piura.

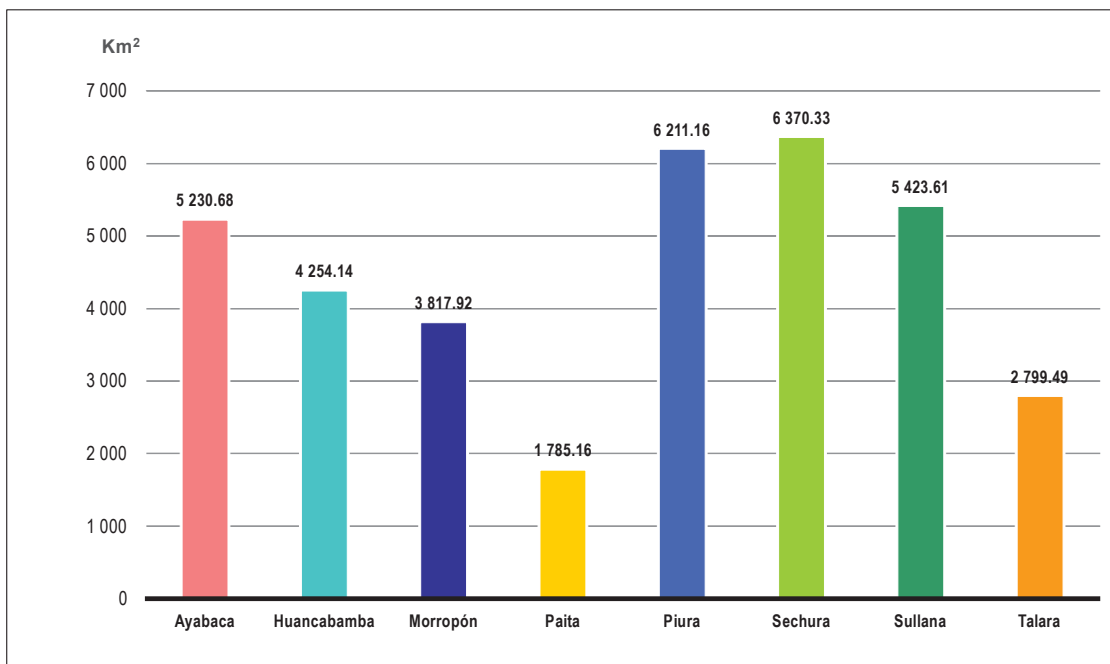
UBICACIÓN

La región Piura se encuentra ubicada en el litoral Norte del territorio peruano y al sur de la línea ecuatorial. Geográficamente, sus coordenadas se ubican entre los 4° 04' 50" y 6° 30' de la latitud sur y 79° 13' 35" y 81° 19' 35" de longitud oeste del meridiano de Greenwich, figura 2.1.

Limita por el norte con el departamento de Tumbes y la República del Ecuador; por el este con Cajamarca y la República del Ecuador; por el sur con el departamento de Lambayeque y por el oeste con el océano Pacífico. Tiene una extensión territorial de 35 892.49 km², equivalente al 2.8 % del territorio nacional. Sus altitudes varían entre el nivel del mar y sobre los 3942 msnm. La región está dividida en 8 provincias y 64 distritos, (gráfico 2.1).

El estudio de la región comprende 22 hojas topográficas del IGN a escala 1:100 000, correspondiente a los cuadrángulos de Lobitos, Quebrada Seca, Las Playas, La Tina, Talara, Sullana, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Paita, Piura, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Bayovar, Sechura, La Redonda, Olmos, Pomahuaca, Punta La Negra, Lobos de Tierra y Salinas.

Gráfico 2.1
Extensión de las provincias de la región Piura



Fuente: INEI, 2007



Figura 2.1 Mapa de ubicación de la región Piura

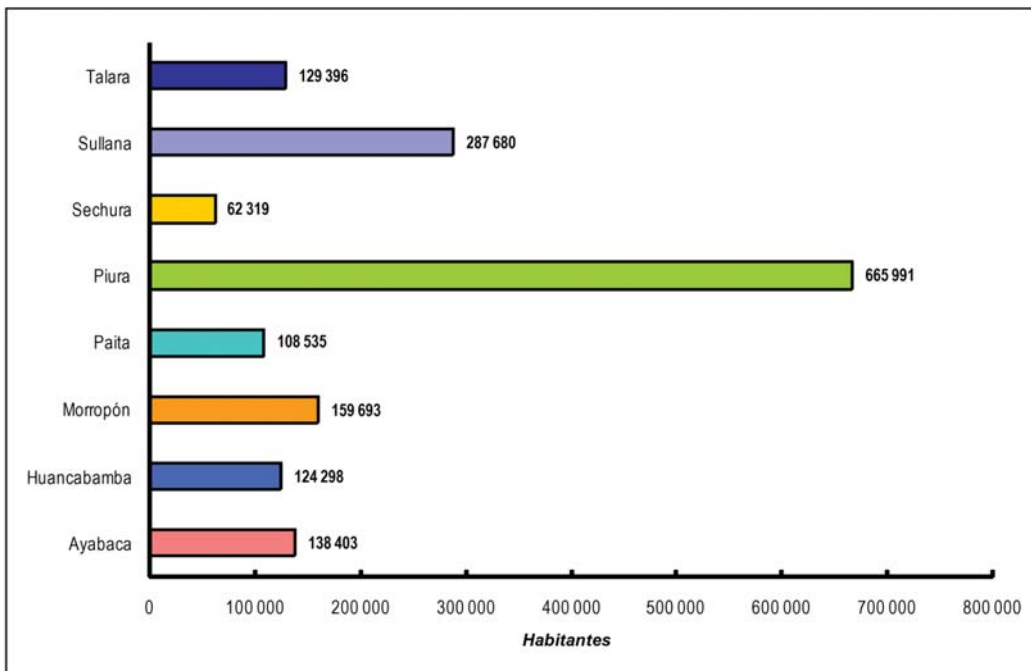
CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN

Piura es la segunda región más poblada del Perú, solo superada por Lima, y uno de los diez con más de un millón de habitantes. Según el XI Censo Nacional de Población y VI de vivienda del 2007 (CPV 2007), en Piura residen 1 676 315 habitantes. Con respecto al censo de 1993, la población piurana se incrementó en

18.9 %, tasa inferior al promedio del país (24.3 %), cuadro 2.1 y gráfico 2.2.

La provincia más habitada es Piura, donde se ubica la capital, que alberga al 38.3 % de la población. Le siguen Sullana (17.2 %) y Morropón (9.5 %).

Gráfico 2.2



Fuente: INEI, CPV - 2007

Cuadro 2.1
Provincias y distritos de la región Piura

Región	Provincia	Distrito
Piura	Ayabaca	Ayabaca, Frías, Jilifí, Lagunas, Montero, Pacaipampa, Paimas, Sapillica, Sicchez y Suyo.
	Huancabamba	Huancabamba, Canchaque, El Carmen de la Frontera, Huarmaca, Lalaquiz, San Miguel del Faique, Sónдор y Sondorillo.
	Morropón	Chulucanas, Buenos Aires, Chalaco, La Matanza, Morropón, Salitral, San Juan de Bigote, Santa Catalina de Mossa, Santo Domingo y Tamango.
	Paita	Paita, Amotape, El Arenal, Colán, La Huaca, Tamarindo y Vichayal.
	Piura	Piura, Castilla, Catacaos, Cura Mori, El Tallán, La Arena, La Unión, Las Lomas y Tambogrande.
	Sechura	Sechura, Bellavista de la Unión, Bernal, Cristo Nos Valga, Rinconada Llicuar y Vice.
	Sullana	Sullana, Bellavista, Ignacio Escudero, Lancones, Marcavelica, Miguel Checa, Querecotillo y Salitral.
	Talara	Pariñas, El Alto, La Brea, Lobitos, Los Órganos y Mancora.

La densidad poblacional de la región Piura es de 46.6 hab/km², la cuarta más alta de todo el Perú, cuadro 2.2.

La pirámide de población para la región Piura, de acuerdo al XI Censo Nacional de Población y VI de vivienda (CPV 2007) pone de manifiesto una estructura demográfica juvenil, donde el mayor

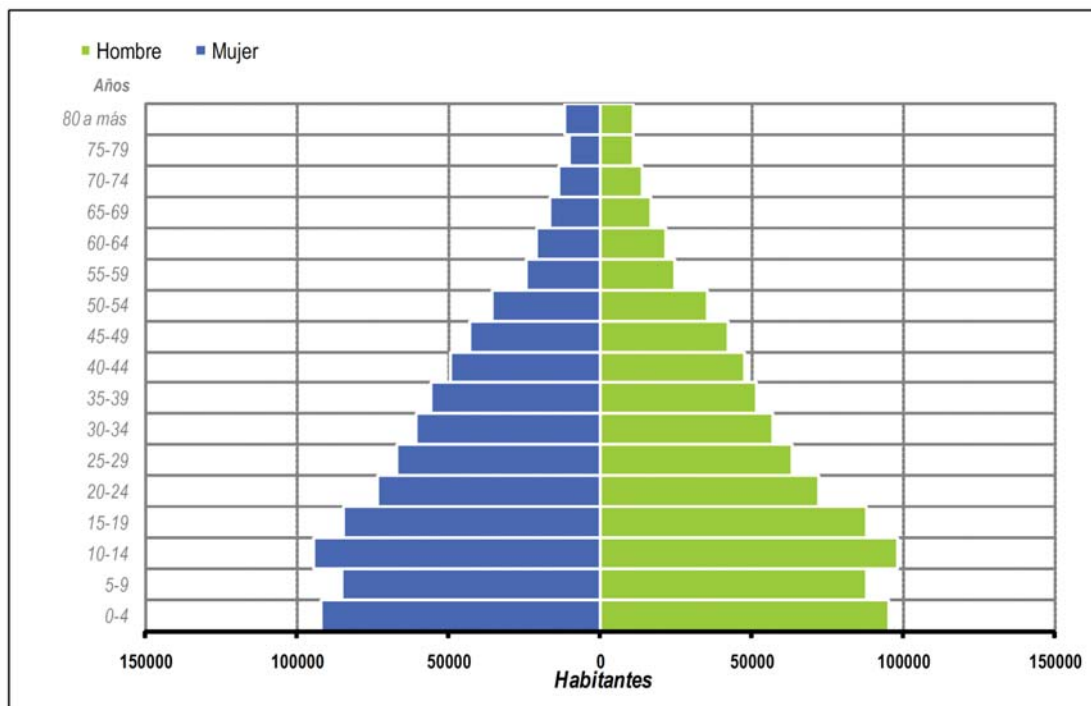
peso de la población se encuentra por debajo de los 34 años que corresponde al 66.8 %, mientras que el 33 % tiene menos de 14 años (gráfico 2.3). Los piuranos mayores de edad (18 años) que poseen su Documento Nacional de Identidad (DNI) son 965 960 (95.2 % de la población en edad de votar), en tanto que 48 793 no cuentan con DNI.

Cuadro 2.2
Distribución de la población a nivel de provincias de la región Piura

Región	Provincias	Capital	Población	km ²	Densid pb. Hab/km ²
Piura	Total		1 676 315	35 895.49	46.7
	Ayabaca	Ayabaca	138 403	5 230.68	26.5
	Huancabamba	Huancabamba	124 298	4 254.14	29.2
	Morropón	Chulucanas	159 693	3 817.92	41.8
	Paita	Paita	108 535	1 785.16	60.8
	Piura	Piura	665 991	6 211.16	107.2
	Sechura	Sechura	62 319	6 370.33	9.8
	Sullana	Sullana	287 680	5 426.61	53
	Talara	Talara	129 396	2 799.49	46.2

Fuente: INEI, Censo Nacional de Población y Vivienda 2007.

Gráfico 2.3
Distribución de la población por sexo y edad, en la región Piura



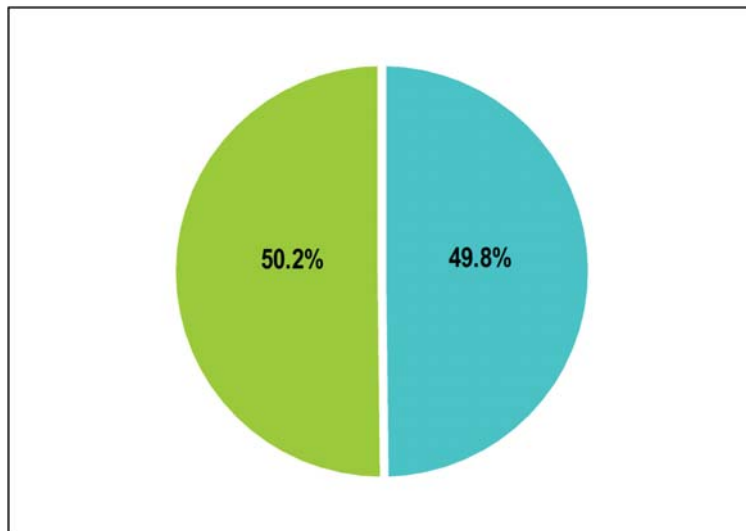
Fuente: INEI, Censo Nacional de Población y Vivienda 2007

FACTORES SOCIOECONÓMICOS

De acuerdo al XI Censo Nacional de Población y VI de vivienda (CPV 2007), según el sexo de los habitantes, se tiene para la región Piura que el 49.8 % son hombres y el 50.2% mujeres (gráfico 2.4).

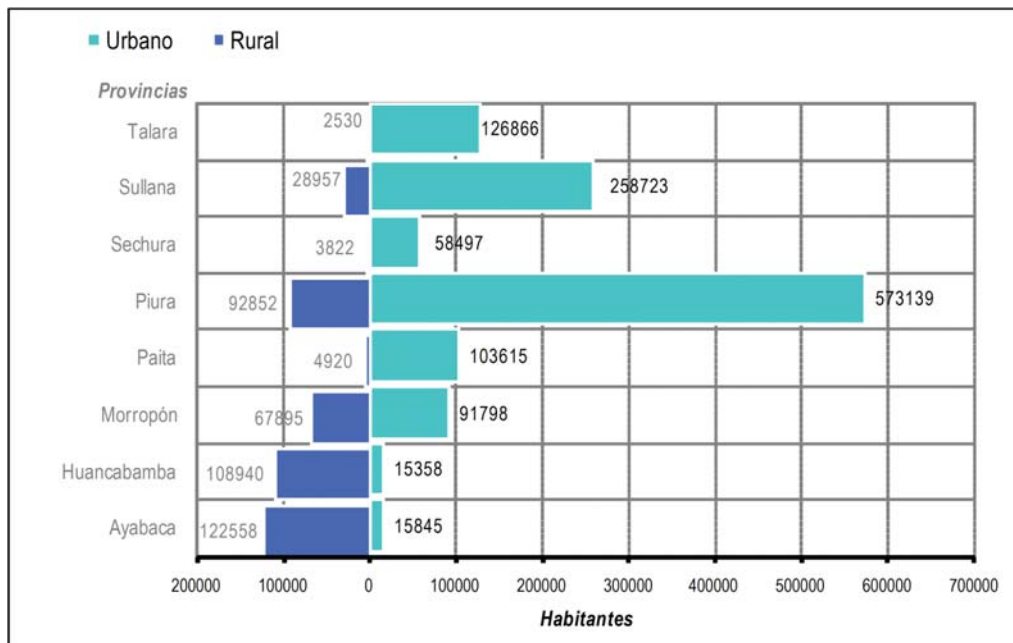
Por el área de residencia en la región Piura, el 74.2 % de la población (1 243 841 habitantes) viven en áreas urbanas, porcentaje inferior al promedio nacional (75.9 %) y el 25.8 % vive en áreas rurales, esto equivale a 432474 habitantes (gráfico 2.5).

Gráfico 2.4
Poblacional por sexo, región Piura, 2007



Fuente: INEI (CPV 2007)

Gráfico 2.5
Distribución de la población por áreas de residencia, en provincias de la región Piura, 2007



Fuente: INEI (CPV 2007)

La población económicamente activa (PEA) ocupada para la región Piura es de 530 530 habitantes, de los cuales 384 863 son hombres y 145 667 son mujeres, que equivalen al 72.55 % y 27.45% de la PEA de la región, respectivamente (cuadro 2.3).

En cuanto a niveles de analfabetismo presentados por la población en la región Piura, como se aprecia en el gráfico 2.6, elaborado con datos del CPV (INEI, 2007); la mayor parte de la población

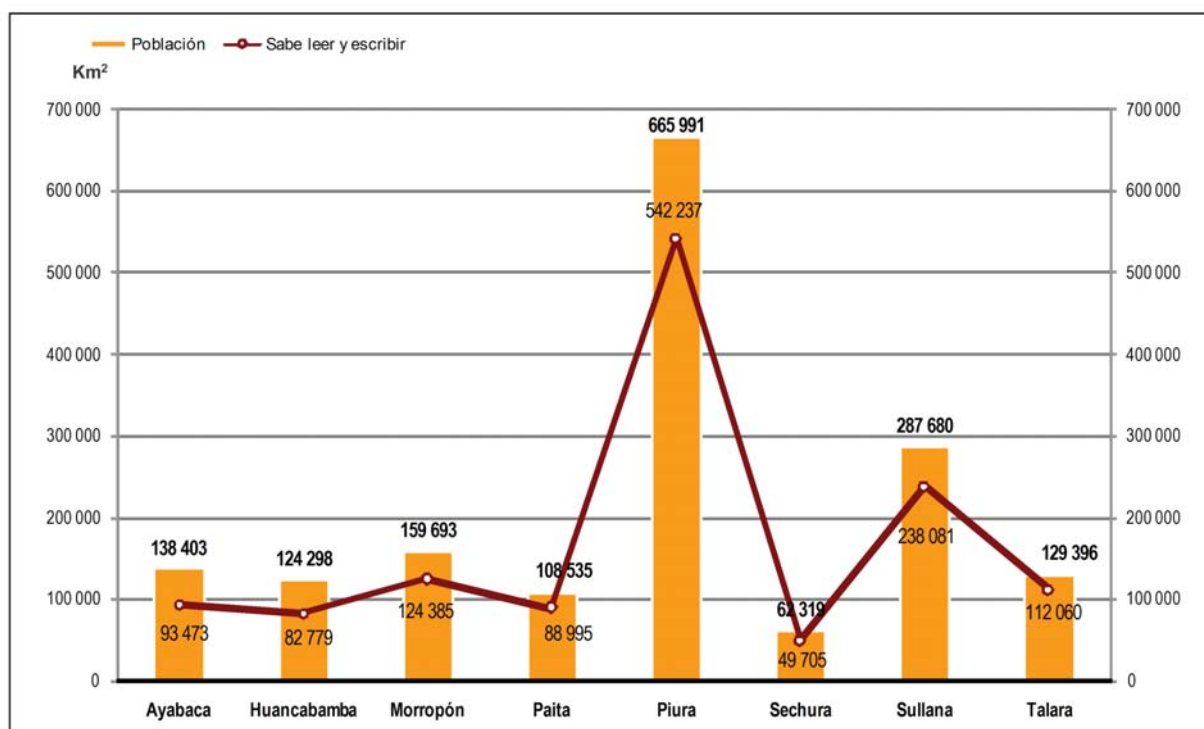
que sabe leer y escribir se encuentra en la provincia de Piura con 542 991 habitantes; mientras que la provincia con la menor cantidad de habitantes que sabe leer y escribir es Sechura. El 89.4 % de la población mayor de 4 años (1 448 914) de la región Piura sabe leer y escribir. El 10.8 % de piuranos mayores de 15 años (1 123 449) no ha completado ningún tipo de instrucción educativa, porcentaje que es superior al promedio nacional (7.4 %).

Cuadro 2.3
PEA por sexo en la región Piura

PEA	Piura		
	Hombre	Mujer	Total
PEA Ocupada	384 863	145 667	530 530
PEA Desocupada	26 579	8 242	34 821
No PEA	310 717	577 737	888 454
Total	722 159	731 646	1 453 805

Fuente: INEI (Censos Nacionales: XI de población y VI de vivienda, 2007)

Gráfico 2.6
Población que sabe leer y escribir mayor de 4 años, por provincias en la región Piura, 2007



Fuente: INEI (Censos Nacionales: XI de población y VI de vivienda, 2007)

En lo que se refiere al acceso a la vivienda, se tiene un total de 409 305 viviendas en la región Piura, de las cuales el 96.3 % son viviendas independientes, apenas el 0.9 % corresponde a

departamentos en edificios y el 0.4 % a casas en quintas o vecindades Asimismo, existe un 2.2 % de chozas, cabañas o viviendas improvisadas (cuadro 2.4).

Cuadro 2.4
Tipo de vivienda en la región Piura

Tipo de vivienda	Casos	Porcentaje %
Casa Independiente	394 241	96.3
Departamento en edificio	3 663	0.9
Vivienda en quinta	638	0.2
Vivienda en casa de vecindad	692	0.2
Chozo o cabaña	4 098	1.0
Vivienda improvisada	4 755	1.2
Local no destinado para hab. humana	273	0.1
Otro tipo particular	59	0.0
Hotel, hostel, hospedaje	383	0.1
Casa Pensión	123	0.0
Hospital Clínica	63	0.0
Cárcel, centro de readapt. social	9	0.0
Asilo	3	0.0
Aldea Infantil, Orfanato	9	0.0
Otro tipo colectiva	233	0.1
En la calle (persona sin vivienda)	63	0.0
Total	409 305	100.0

Fuente: INEI (CPV 2007)

Del total de viviendas, en la región Piura el 72.7% se encuentra en área rural y el 27.3 % en área urbana; mientras que en la región Tumbes el 89.2 % de las viviendas se ubican en área urbana y el 10.8 % en área rural (cuadro 2.5).

Con respecto a los materiales con que están construidas las viviendas en la región Piura, el 41% tiene paredes de ladrillo o bloque de cemento y el 32.5%, de adobe o tapial. Le siguen las construcciones con quincha (15.8%), madera (4.6%) y materiales como estera, piedra con barro, etc., (6.2%), cuadro 2.6.

Cuadro 2.5
Distribución de viviendas por área en las región Piura

Región	Area	Viviendas	%
Piura	Urbana	297 728	72.7
	Rural	111 577	27.3
	Total	409 305	100

Fuente: INEI (Censos Nacionales: XI de población y VI de vivienda, 2007).

Cuadro 2.6
Material de construcción usado en las viviendas de la región Piura

Material de construcción	Piura	
	Viviendas	%
Ladrillo o bloque de cemento	152 528	41.0
Adobe o tapial	121 128	32.5
Madera	17 171	7.6
Quincha	58 632	15.8
Estera	12 986	3.5
Piedra con barro	944	0.3
Piedra o sillar con cal o cemento	383	0.1
Otro	8 415	2.3
Total	372 187	100

Fuente: INEI (Censos Nacionales: XI de población y VI de vivienda, 2007).

INFRAESTRUCTURA

Servicios básicos

Los servicios básicos con los que cuentan la región Piura, se encuentran en los cuadros 2.7, 2.8, 2.9 y 2.10.

En la región Piura, la cobertura del servicio público de alumbrado eléctrico alcanza el 66.4 % de viviendas, cuadro 2.7.

Algo más de la mitad de las viviendas piuranas tiene conexión interna con la red de agua potable, equivalente esto al 53.5 %; el 4.7 %, tiene conexión, pero fuera de la vivienda; el 18.4 %, obtiene el agua de ríos, acequias o manantiales; el 14.9 % de pilones y pozos, camiones cisternas o medios similares y el 6.3 % de una vivienda vecina (cuadro 2.8).

Cuadro 2.7
Alumbrado eléctrico por tipo de vivienda en la región Piura

Tipo de vivienda	Con alumbrado eléctrico	Sin alumbrado eléctrico	Total
Casa independiente	241 985	118 905	360 890
Departamento en edificio	2 944	-	2 944
Vivienda en quinta	579	-	579
Vivienda en casa de vecindad	432	134	566
Chozas o cabañas	288	2 806	3 094
Vivienda improvisada	802	2 980	3 782
Local no destinado para hab. humana	199	74	273
Otro tipo particular	17	42	59
Total	247 246	124 941	372 187

Fuente: INEI (Censos Nacionales: XI de población y VI de vivienda, 2007)

Cuadro 2.8
Tipo de abastecimiento de agua en viviendas de la región Piura

Tipo de abastecimiento de agua	Piura	
	Viviendas	%
Red pública dentro de la vivienda (agua potable)	199 127	53.5
Red pública fuera de la vivienda	17 622	4.7
Pilón de uso público	18 908	5.1
Camión-cisterna u otro similar	14 934	4.0
Pozo	21 457	5.8
Río, acequia, manantial o similar	68 500	18.4
Vecino	23 630	6.3
Otro	8 009	2.2
Total	372 187	100

Fuente: INEI (Censos Nacionales: XI de población y VI de vivienda, 2007)

Con respecto a la red pública de alcantarillado en la región Piura, el 41.1 % de viviendas tiene conexión interna o externa, a la red pública del alcantarillado, lo que significa que cerca de la mitad debía cubrir esa necesidad por otros medios menos saludables como pozos ciegos o letrinas (21.9 %), pozos sépticos (4.8 %), río o

acequias (1.1 %). Un alarmante 31.1 % no cuenta con ninguna vía de desagüe (cuadro 2.9).

El 40.4 % hogares piuranos utilizan como combustible para cocinar la leña, mientras que el 40.3% utiliza el gas (cuadro 2.10).

Cuadro 2.9
Tipo de servicio higiénico en viviendas de la región Piura

Tipo de servicio higiénico	Piura	
	Viviendas	%
Red pública de desagüe dentro de la vivienda	144 418	38.8
Red pública de desagüe fuera de la vivienda	8 729	2.3
Pozo séptico	17 951	4.8
Pozo ciego o negro / letrina	81 347	21.9
Río, acequia o canal	4 018	1.1
No tiene	115 724	31.1
Total	372 187	100

Fuente: INEI (Censos Nacionales: XI de población y VI de vivienda, 2007).

Cuadro 2.10
Tipo de energía que usan para cocinar los hogares en la región Piura

Energía utilizada para cocinar	Piura	
	Vivienda	%
Electricidad	2 345	0.6
Gas	157 098	40.3
Kerosene	3 827	1.0
Carbón	60 004	15.4
Leña	157 501	40.4
Bosta, estiércol	95	0.0
Otro	146	0.0
No cocinan	8 669	2.2
Total	389 685	100

Fuente: INEI (Censos Nacionales: XI de población y VI de vivienda, 2007)

Red vial

La región Piura cuenta con una red vial de 4398 km, de los cuales 857 km (19.49%) pertenecen a la red nacional, 578.20 km. (13.15%) a la red departamental y 2 962.80 km (67.37%) a la red vecinal (cuadro 2.11).

En el departamento de Piura el principal medio de transporte es el terrestre, las vías que comunican a las capitales de provincias son asfaltadas, a excepción de las de Ayabaca y Huancabamba, que son afirmadas.

A través de la carretera Panamericana permite interconectar las principales ciudades del departamento de Piura con las capitales

de las regiones del norte del país, que conforman y constituye uno de los ejes de mayor dinamismo económico y poblacional del país. También permite la articulación del Perú con los países vecinos del norte: Ecuador, Colombia y Venezuela.

A través del eje transversal Paita – Piura - Olmos – Bagua – Tarapoto – Yurimaguas, y ramal Bagua - Saramirza, mantiene una estrecha articulación con los departamentos de Cajamarca, Amazonas, San Martín y Loreto, constituyendo parte del eje Amazonas Norte.

Cuadro 2.11
Red vial por tipo de red y superficie de la región Piura

Tipo de red	Longitud Total km	Tipo de superficie			
		Asfaltado km	Afirmado km	Sin afirmar km	Trocha km
Nacional	857.0	664.5	126.5	29.0	37.0
Regional	578.2	144.8	159.0	68.1	206.3
Vecinal	2 962.8	134.3	51.7	313.6	2 463.2
Total	4 398.0	943.6	337.2	410.7	2 706.5

Fuente: Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTC-2006).

Red aérea

En el transporte aéreo, la región Piura cuenta con dos (2) aeropuertos ubicados en la ciudades de Piura y Talara, además

un campo de aterrizaje en Huancabamba, que no está en funcionamiento debido a que no hay la demanda suficiente para la operación de aviones comerciales (cuadro 2.12).

Cuadro 2.12
Aeropuertos de la región Piura

Nombre	Provincia / Distrito	Dimensión pista (m)	Superficie	Tipo de avión máximo permisible	Frecuencia de vuelos	Propietario (P:)/ Explotador (E:)
Bayóvar	Sechura / Sechura	700 x 20	Arena	Avionetas	Opera eventualmente	P/E: Cía Minera Bayovar S.A.
Aeródromo de Huancabamba	Huancabamba / Huancabamba	1100 x 23	Tratam. Superf. Asfáltica Bicapa	Avionetas (12 500 lb) FOKKER 27	Actualmente no opera	P/E: Concejo Prov. Huancabamba
Piura-Capitán Guillermo Concha	Piura / Castilla	2500 x 45	Asfalto	PCN 37/F/B/X/U DC-8-62/72	03 diarios	P/E: CORPAC
Aeropuerto de Talara-Capitán Montes (*)	Talara / Pariñas	2460 x 45	Asfalto	PCN 27/F/C/X/U BOING-737-200	Opera eventualmente	P/E: CORPAC

(*) Opera solo con la FAP.

Red marítima

La infraestructura portuaria en la región Piura está conformada por los puertos de Paita, Talara, Punta Arenas, Juan Pablo Quay y Bayovar, que son básicamente de exportación y cabotaje de

desembarque. Adicionalmente, existen los muelles de Parachique, La Tortuga, Lobitos y los Órganos, que son usados mayormente para la pesca de consumo humano y/o artesanal (cuadro 2.13).

Cuadro 2.13
Instalaciones portuarias marítimas de la región Piura

Instalaciones Portuarias	Localidad	Tipo de instalación	Administrador	Tráfico relevante	Uso	Titularidad	Condición
Refinería Talara	Talara	Muelle	PETROPERU S.A.	Hidrocarburos	Privado	Pública	Operativo
Multiboyas Punta Arenas	Punta Arenas	Boyas	PETROPERU S.A.	Hidrocarburos	Privado	Pública	Operativo
T.P. Paita	Paita	Terminal Portuario	ENAPU S.A.	General	Público	Pública	Operativo
Bayóvar	Bayóvar	Muelle	PETROPERU S.A.	Hidrocarburos	Público	Pública	Operativo
Juan Pablo Quay	Bayóvar	Muelle	Juan Pablo Quay S.A.	Minerales	Privado	Privada	Operativo

Fuente: Plan Nacional de Desarrollo Portuario (SPN-MTC-2005.1)

Energía

La región Piura para el año 2008 tenía un consumo de electricidad de 838.78 GW.h; el consumo de energía eléctrica per cápita fue de 476.2 kW.h/hab (Estadística eléctrica por regiones, 2008).

Centrales hidroeléctricas

Según la información del Ministerio de Energía y Minas (MEM), hasta el 2008, la región Piura cuenta con 8 centrales hidroeléctricas (cuadro 2.14).

Cuadro 2.14
Centrales hidroeléctricas en la región Piura

Empresa	Central	Sistema	Potencia instalada (MW)	Provincia	Distrito
Electronoreste S.A.	C.H. Canchaque	SA	0.093	Huancabamba	Canchaque
	C.H. Chalaco	SA	0.160	Morropón	Chalaco
	C.H. Huancabamba	SA	0.146	Huancabamba	Huancabamba
	C.H. Quiroz	SEIN	1.660	Ayabaca	Ayabaca
	C.H. Santo Domingo	SA	0.102	Morropón	Santo domingo
	C.H. Sicacate	SEIN	0.523	Ayabaca	Ayabaca
Sindicato Energético S.A.	C.H. Curumuy	SEIN	12.60	Piura	Curumuy
	C.H. Poechos I	SEIN	16.40	Piura	Curumuy

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2008

Centrales térmicas

La región Piura cuenta con un mayor número de centrales térmicas de generación de energía eléctrica, haciendo un total de 15 centrales (cuadro 2.15).

Recursos hídricos

La disponibilidad de agua en la región Piura, respecto a su origen, proviene desde el subsuelo y de las cuencas hidrográficas de los

ríos Chira, Piura y Huancabamba. La primera constituye una cuenca binacional denominada cuenca Catamayo-Chira, la segunda corresponde a los afluentes del río Piura, que discurre al desierto de Sechura y la tercera cuenca Huancabamba, discurre hacia la vertiente del Atlántico. Por otro lado, dentro de la región se cuenta con un número importante de obras de infraestructura hídrica, que sirve para regular el uso del agua en las actividades agrícolas y energéticas (cuadro 2.16).

Cuadro 2.15
Centrales térmicas en la región Piura

Empresa	Central	Sistema	Potencia instalada (MW)	Provincia	Distrito
Alicorp S.A.	C.T. Piura	SEIN	1.810	Piura	Piura
Duke Energy Egenor S en C por A.	C.T. Paita	SEIN	7.408	Paita	Paita
	C.T. Piura	SEIN	43.592	Piura	Piura
	C.T. Sullana	SEIN	10.022	Sullana	Sullana
Electronoroeste S.A.	C.T. Canchaque	SA	0.350	Huancabamba	Canchaque
	C.T. Huancabamba	SA	0.950	Huancabamba	Huancabamba
	C.T. Huápalas	SEIN	4.425	Chulucanas	Morropón (chulucanas)
	C.T. Malacasi	SA	0.320	Morropón	Morropón
	C.T. Morropon	SA	2.389	Morropón	Morropón
	C.T. Santo domingo	SA	0.320	Morropón	Santo domingo
	C.T. Sechura	SEIN	1.972	Sechura	Sechura
Empresa Eléctrica de Piura S.A.	C.T. Malacas	SEIN	58.050	Talara	Pariñas
	C.T. Malacas 2	SEIN	101.300	Talara	Pariñas
Petroperú S.A. - Operaciones Oleoducto	C.T. Bayovar	SA	1.895	Sechura	Sechura
	C.T. Estación 9	SA	1.645	Huancabamba	Huarmaca

Cuadro 2.16
Sistema de abastecimiento regulado

Zonas	Capacidad	Zonas Abastecidas
San Lorenzo	Capacidad 258 MMC de agua, con una efectividad de 150-200 m ³ .	Abastece a los valles de San Lorenzo (Tambogrande), medio Piura.
Represa Poechos	Capacidad de 350 MMC, con un área de influencia 13 583 Km ² .	Abastece a los valles de Chira, Cieneguillo, medio y bajo Piura.
Agua del subsuelo	Existe un volumen de 100 MMC de agua, con una profundidad de 40 m. Existe un reservorio de napa freática o acuífera de 300 MMC.	Ubicados en el valle del alto Piura. Ubicados en la zona de Chulucanas, La Matanza, Bajo y Medio Piura.

MMC: Millones de Metros Cúbicos

Fuente: Gobierno Regional Piura (GRP, 2005)

a) Represa Poechos

Ubicada a 27 km de la ciudad de Sullana, en el distrito de Lancones. Es un reservorio de agua que en épocas de mayor nivel asemeja a un lago artificial que llega incluso hasta el límite con Ecuador.

Esta obra se construyó el 24 de junio de 1972 y se puso en funcionamiento en mayo de 1976. La capacidad inicial de almacenamiento era de 1000 millones de m³, en 1974 se construyó el canal de derivación de 54 km de longitud que parte desde Poechos hasta el río Piura con una capacidad de 70 m³/s. permitiendo la irrigación de 35 500 ha mediante una longitud de drenes principales, secundarios y terciarios de 465 km.

En la actualidad, debido a que la región soportó los eventos de El Niño en 1983 y 1998 la estructura sufrió una disminución de su capacidad por la sedimentación en el vaso, después de la medición de sedimentos realizada en el año 2002, se tiene que la capacidad del reservorio de Poechos ha disminuido en un 44.46%, que representan 393.5 MMC de los 885.0 MMC del volumen operativo inicial, esto significa un volumen disponible de 491.5 MMC para ese año.

Por otro lado, en este reservorio, se ha desarrollado un proyecto de piscicultura con el cultivo de especies de agua dulce, destacando la tilapia, la trucha y el paiche. También es excelente para la práctica de deportes náuticos y pesca.

b) Presa derivadora Sullana

Ubicada a 38 km de la ciudad de Piura, entre el cerro Teodomiro (compuerta principal) y la Loma de Mambré, sobre el lecho del río Chira a 800 m aguas abajo de la ciudad de Sullana. Forma un espejo de agua con vista a la ciudad de Sullana. Es una estructura de represamiento de concreto armado para permitir la captación de agua de los canales Norte y Sur.

Su construcción se realizó entre los años de 1992 y 1995, año en que inició sus operaciones para regular la demanda de agua para uso agrícola en la parte baja del valle del río Chira, mediante los

canales Norte y Sur, que están actualmente en proceso de reconstrucción.

El área de influencia de la presa derivadora Sullana en el valle del Chira es de 23 000 has, desde la ciudad de Sullana hasta la zona de «El Arenal»- Miramar, en la desembocadura de río Chira. La cota de la corona es 42.50 msnm, el nivel del aliviadero fijo 37.00 msnm y la capacidad máxima de almacenamiento de agua es 6.0 MMC en la cota 36.50 msnm.

Tiene una longitud total de coronamiento de 362 m, que consta de un aliviadero fijo, en la margen derecha que tiene alojado en su interior 4 ductos de salida del canal Norte, y un aliviadero regulable en la margen izquierda, compuesto por 8 compuertas.

c) Represa Los Cocos o San Lorenzo

Esta obra de infraestructura se ubica en el distrito de Lomas; la primera etapa de la represa de San Lorenzo empezó entre 1950 y 1953 con la construcción de la bocatoma en la localidad de Zamba a 610 msnm durante el gobierno del Sr. Manuel Prado, continuando con el General Manuel Odría, en 1951, a través de la firma «Morrindson Knudsen», con el objetivo de irrigar con las aguas del Quiroz las extensas tierras de Las Lomas, Tambogrande, Sullana y Piura.

La segunda etapa fue la construcción del dique de 57 m de alto inaugurado en 1959 y cuya capacidad inicial fue de 258 400 000 m³, con un embalse de 16 km² y la construcción de los canales Yuscay, Tablazo y Tejedores; se construyeron también 320 km de canales laterales y sublaterales con esto se logró irrigar 45 000 has de tierras eriazas, comprendidas entre los ríos Chipillico, Piura, Chira y Quiroz, permitiendo de esta manera lograr una agricultura floreciente y dinámica.

d) Canal Miguel Checa

La construcción de esta estructura se inició en 1900, es el canal principal más importante del distrito de riego del valle del Chira, es un canal excavado en tierra de sección trapezoidal, que parte de

la Represa de Poechos en forma paralela a la margen derecha del río Chira. El canal Checa tiene un ancho de 22 m y un recorrido de 78.92 km, diseñado para un caudal inicial de 19 m³/s y final de 1 m³/s, con este canal se beneficia tierras agrícolas situadas en Chocán, San Francisco, La Peña, Mambré, Pampas de Querecotillo y Salitral, Garabato, Samán y Mallares; permitiendo el desarrollo de aproximadamente 14 481 ha distribuidas en cultivos de arroz 9345 ha, plátano 2745 ha, maíz 879 ha, algodón 511 ha, frutales 507 ha y otros 494 ha.

e) Canal de Derivación Daniel Escobar

Este canal permite derivar las aguas del río Chira al río Piura. La toma de captación se encuentra ubicada en el dique izquierdo de la presa Poechos, en la cota 78.50 msnm y después de recorrer 54 km de las zonas de ínter cuenca Pelados, Chipillico, Huangalá y Cieneguillo, termina en la caída de Curumuy en el río Piura, aproximadamente a 22 km aguas arriba de la presa derivadora de los Ejidos.

Este canal irriga 6000 ha de tierras del sistema Chira (margen izquierda del río Chira entre Sullana y Poechos), y 42 000 ha de la cuenca del río Piura, es decir un total de 48 000 ha.

Actividades Económicas

Actividades Agropecuarias

El 57 % de los productores de la región Piura, poseen parcelas menores a 3 ha, que representan el 7 % de la superficie total. Por su conformidad dispone de abundantes tierras para uso agrícola; la costa posee el 42.3 % de su superficie potencial y el otro 57.7 % está en la sierra. La agricultura es una de las actividades más significativas de la región Piura donde se encuentra la mayor fuerza laboral, constituyendo la base del desarrollo. La actividad agrícola descansa principalmente en la siembra de arroz, plátano y maíz. Los productos con mayor hectareaje instalados en la región son: limón, plátano y mango. También se puede mencionar la siembra de papaya, melón, sandía, coco, tamarindo, palto, etc. (Roca Rey, 2009).

La oferta de productos agrícolas (plátano, arroz, soya, frijol y limón, principalmente) y pecuarios (carne de caprino, porcino, ovino) cubren las necesidades de la población. El resto de los productos alimenticios y agroindustriales provienen del sur así como del vecino país. La agroindustria es prácticamente incipiente en la región, se basa principalmente en la transformación primaria del pilado de arroz. La agroindustria para exportación se desarrolla por medio del cultivo de banano orgánico.

La actividad pecuaria se desarrolla en forma extensiva, con crianzas de baja calidad genética, destacando la crianza de ganados caprinos, vacunos, porcinos y ovinos.

La producción pecuaria a nivel de la región de Piura, durante el año 2000 experimentó un crecimiento de 7.4% respecto a similar período del año anterior. Los productos que mostraron mayor incremento en su producción fueron: carne de caprino 280.8%, carne de porcino 62.9%, carne de ovino 36.4%, y carne de vacuno 26.6%. Asimismo, la producción de leche se incrementó en 14.7%, determinado por el mayor rendimiento por cabeza como consecuencia de la mayor disponibilidad de pastos y el mayor uso de alimentos balanceados, de igual manera se observó una caída en la producción de huevos de -46.4%, contrariamente se registró una disminución en la producción de carne de ave en -15.2%, debido a la disminución de la población avícola de la línea de carne y postura.

Actividad Pesquera

Según INEI (2007) la región Piura, el 4.9% de la población se dedica a las actividades pesqueras, la región cuenta con una mar rico en especies hidrobiológicas, lo cual le da una particularidad a la alimentación piurana, basada en dicho recurso. El desembarque de productos pesqueros por utilización se da con el 23.9 % para consumo humano y 76.1 % para consumo indirecto. Las caletas productoras son Máncora, Los Órganos, El Ñuro, Cabo Blanco, Lobitos, Talara, Negritos, Paita y Parachique.

La actividad pesquera está concentrada en la provincia de Paita, donde se tuvo para el año 2008, un desembarque para congelado de 471.3 miles de TM, equivalentes al 77.7% del total nacional, en tanto que lo correspondiente a anchoveta para la producción de harina de pescado fue de 490.4 miles de TM (8% del total nacional), para enlatado fue de 39.6 miles de TM (21.1%) (Roca Rey , 2009).

Actividad Minera

En la región Piura, la actividad minera está circunscrita a la explotación de no metálicos en la provincia de Sullana, en donde se encuentran antiguas labores de extracción de bentonita, así como la explotación de canteras de arcilla, usados para la confección de ladrillos.

La explotación de minerales metálicos en el departamento no se ha desarrollado en toda su magnitud, debido a los problemas sociales creados por las actividades exploratorias de las compañías mineras Manhattan y Río Blanco, en Tambogrande y El Carmen de la Frontera respectivamente. Se debe resaltar la existencia de labores artesanales de extracción de oro en el distrito de Suyo, Las Lomas y Sapillica. Por otro lado, en la provincia de Sechura se tiene el yacimiento de fosfatos de Bayobar, cuya explotación permitirá la producción de fertilizantes para la agricultura.

Actividad Petrolera

Los yacimientos de hidrocarburos en las regiones Piura y Tumbes corresponde a las operaciones en tierra y en el zócalo continental; comprendidos en la cuenca Talara, la misma que limita por el norte con la cuenca Progreso, con el límite denominado Arco-Trigal-Rica Playa (Zorritos-Tumbes), por el sur con la cuenca Sechura, en el levantamiento Paita-Sullana (río Chira), por el oeste con el océano Pacífico y por el este con la cadena montañosa de los Amotapes. Cuenta con recursos de hidrocarburos (gas natural, petróleo y derivados).

Los campos de petróleo ubicados dentro de los límites de la cuenca del río Chira (Lote III), son operados por la empresa Mercantile Petroleum Oil & Gas (M.P.O.G.), desarrollando todas las actividades de la industria del petróleo, desde la exploración hasta la refinación y comercialización de los derivados. Otras empresas petroleras que operan en la zona son PETROBRAS, en Máncora; PETROUNI, en el Alto, PETROTECH, en Talara; entre otras.

Turismo

La infraestructura turística en región Piura, contaba en el año 2008 con 481 hospedajes; los visitantes alcanzaron el número de 680 156 personas, de estos el 94.8% fueron residentes del país; mientras que 35 126 son no residentes, estos proceden de Europa (28%), Ecuador (20%), Estados Unidos (13%), Chile (7%), Argentina (6%) y Canadá (5%).

CLIMA

Por su ubicación geográfica, es decir, por encontrarse al sur de la línea ecuatorial, el clima de la región Piura, debería ser del tipo tropical, esto es, cálido, húmedo, boscoso y de alta precipitación pluvial. Sin embargo, la presencia de la cordillera Andina y las corrientes marinas del Humbolt y del Niño, le dan una característica diferente, haciéndola subártico tropical, cálido y húmedo, con bajos mantos de nubosidad y fina precipitación pluvial o garúa en invierno. En la parte más próxima a la cordillera de los Andes, mantiene una temperatura media entre húmedo y frío con 15°C en promedio y en la costa con 23°C de temperatura promedio. Las temperaturas máximas llegan a 34.2°C y las mínimas a 15°C que corresponden a los meses de febrero y junio respectivamente.

La humedad promedio anual es del 66%, la presión atmosférica media anual es de 10 085.5 milibares en tanto que los vientos siguen una dirección al sur a una velocidad promedio de 3 m/s. Las precipitaciones pluviales también muestran variaciones en la costa generalmente baja dentro de los 100 y 500 msnm, oscilando en esta parte entre 10 y 200 mm; entre los 500 y 1500 msnm, las precipitaciones llegan a estar entre los 200 y 800 mm y en la zona ubicada sobre los 1500 msnm el promedio de precipitaciones pluviales es de 1550 mm. A diferencia de los andes centrales, en

Piura la humedad ambiental se incrementa, no disminuye, con la altitud. Esta particularidad se invierte progresivamente conforme se avanza hacia el interior; en los climas serranos mientras mayor es la altura, menor es la temperatura y aumenta la humedad.

Las partes más altas de la cordillera, por encima de los 3000 msnm, son extremadamente húmedas y de frío acentuado. A esta característica saltante y peculiar se le llama «inversión térmica», por ello, la zona andina de Piura es una «Sierra Tropical».

En la sierra de Piura las lluvias se presentan cada año entre los meses de diciembre a marzo. Estas lluvias si bien regeneran los pastos naturales y permiten los cultivos de secano o temporal, destruyen los caminos y aíslan las poblaciones, generando sobre adaptaciones económicas y deformaciones en sus estrategias de sobrevivencia que dificultan su desarrollo e integración a la economía regional.

En la figura 2.2, se observa las máximas precipitaciones acumuladas durante el periodo lluvioso normal, que sobrepasan los 700 mm en la sierra de la región Piura, San Antonio, Huancabamba, y Pomahuaca, en la frontera con la región Cajamarca y mínimas menores a 50 mm en el desierto de Sechura; un clima particular se observa en ambas regiones conformando el fenómeno de El Niño del 97 y 98, con precipitaciones que pueden llegar a ser extraordinarias (sobrepasa los 3000 mm), en la localidad de Frias y sierra de Chulucanas, en las ciudades de Tumbes, Zarumilla (Tumbes) y Ayabaca (Piura) las precipitaciones varía entre 2000 a 3000 mm y las mínimas se registraron en la costa de Piura, Lobos de Tierra a Talara (400-600 mm).

Fenómeno de El Niño

El fenómeno de El Niño (FEN) conocido también con el nombre científico de «El Niño - Oscilación del Sur» (ENSO) un evento meteorológico a gran escala, suceso que ocurre cada cierto período de años.

Es una interacción compleja del océano Pacífico tropical y la atmósfera global que resulta en episodios de ciclicidad variable de cambio en los patrones oceánicos y meteorológicos en diversas partes del mundo; frecuentemente con impactos significativos, tales como alteración en los hábitats marinos, en las precipitaciones, inundaciones, sequías, y cambios en patrones de tormenta.

Durante el periodo comprendido entre diciembre de 1982 y junio de 1983 se presentaron en el Perú torrenciales lluvias en el norte y sequías en el sur y entre 1997-1998, lluvias generalizadas.

El fenómeno de El Niño se puede definir de forma resumida, como la presencia de aguas anormalmente más cálidas por un período mayor de 4 meses, hundimiento de la termoclina (nivel del mar que separa las aguas superficiales de mayor temperatura y menor densidad de las aguas profundas y más densas); tiene su origen

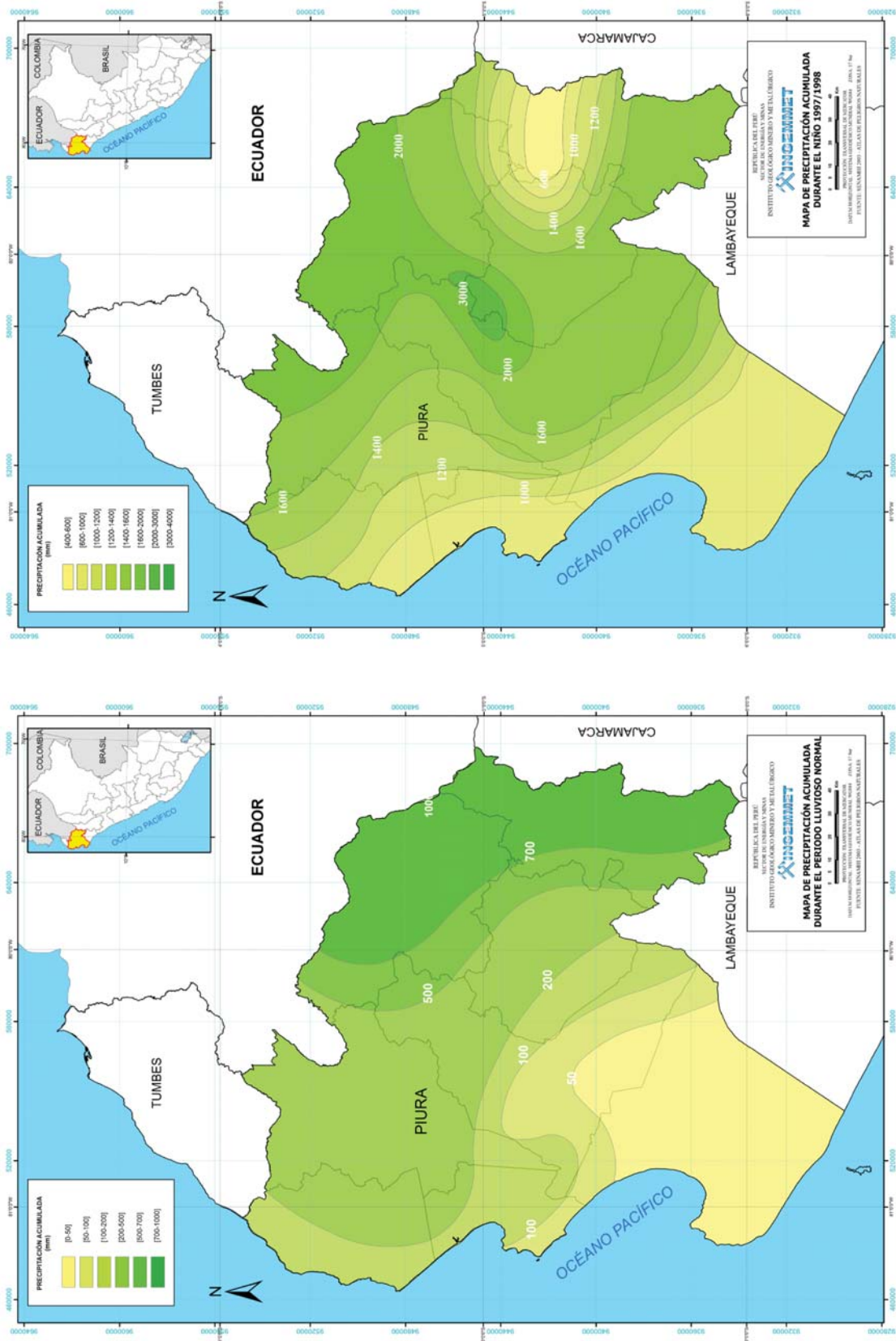


Figura 2.2 Mapa de precipitación acumulada durante el periodo lluvioso normal y con el fenómeno de El Niño 1997/1998. Fuente: SENAMHI, 2003-Atlas de peligros naturales

en el Pacífico Central Ecuatorial, debido al debilitamiento de los vientos del este o a su reemplazo por los vientos del oeste, dando lugar a un fenómeno muy intenso, esto último caracterizó al Fenómeno de 1982-83 y 1997-98, habiéndose observado además de un calentamiento muy rápido y por varios meses antes al normal inicio en eventos similares. Poco tiempo después las aguas cálidas llegaron hasta Alaska y el sur de Chile.

La presencia de estas aguas cálidas durante los fenómenos de El Niño, en la costa occidental de Sudamérica causaron grandes alteraciones en el clima, manifestándose con lluvias anormalmente torrenciales en algunas regiones del planeta y sequías en otras zonas, igualmente el sistema ecológico ha sufrido cambios bruscos.

Fenómeno de El Niño 1982-1983: las observaciones en el Pacífico Ecuatorial, entre agosto y noviembre de 1982 ya indicaban que el fenómeno podía estar presentándose. El Centro Nacional de Análisis Climático de NOAA, en Washington D.C. emitió un diagnóstico climático especial, que hacía referencia de un calentamiento anormal en la región ecuatorial.

En este documento se indica que en los meses de septiembre y octubre de 1982, las fluctuaciones climáticas a nivel global han sido bastante anómalas. Los vientos del este y sudeste en el Pacífico ecuatorial, no solo se encuentran debilitadas sino que están soplando de oeste a este, habían cambiado su dirección en 180°, situación que nunca ha sido observada en el pasado. La temperatura superficial ya había alcanzado valores alarmantes, extendiéndose hasta cerca de la costa del Ecuador y norte del Perú, observándose también la termoclina hundida a profundidades nunca registradas en las áreas del Pacífico central y oriental. De esta forma se da inicio al fenómeno que llegó a ser uno de los más intensos del siglo XX.

A principios de 1983, el nivel del mar peruano llegó a tener una altura promedio mensual superior a los 50 cm por encima del nivel en otros años. Esto hizo más vulnerable las edificaciones próximas a la costa con destrozos de consideración. La presión atmosférica en el centro del Pacífico sur y en nuestra costa disminuyó considerablemente mientras que en Indonesia aumentó.

La característica particular de este Fenómeno fue la elevación brusca de la temperatura superficial en el mar en un tiempo sumamente corto. En el mes de septiembre de 1982 se observó un calentamiento a lo largo de la costa con anomalías de 2°C. En enero de 1983 se observó temperaturas de 26°C -29°C, que se extendieron hasta la latitud 14°S, significando anomalías del orden de 7°C, como promedio.

La temperatura del mar fue el indicador que más demoró en normalizarse especialmente junto a la costa peruana, debido a la lentitud del proceso de afloramiento (surgencia de aguas

subsuperficiales: aguas frías). La distribución de temperaturas en el mes de junio de 1983 muestra ausencia de afloramiento, las anomalías en este mes fue de 6°C como promedio. En el mes de septiembre de 1983, se empieza a notar el efecto del afloramiento costero y se inicia el descenso progresivo de la temperatura superficial.

La influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) activada con el aporte energético del calentamiento del océano fue notable a partir del mes de octubre de 1982 permaneciendo en forma casi inalterable hasta el mes de abril de 1983 en una posición al sur de la línea ecuatorial y con una bifurcación creando perturbaciones semi permanentes, que dieron lugar a la presencia de nubes activas ubicadas a lo largo de toda la costa hasta los 6°S.

Durante el Fenómeno de 1983, que presentó una característica devastadora, se hizo evidente el debilitamiento del anticiclón del sur, la nueva dirección que habían tomado los vientos del Pacífico ecuatorial, como se ha visto anteriormente, incrementaron las características térmicas del mar, motivándose que nuestra costa norte, presente una atmósfera inestable que facilitó la evaporación, originando a la vez la formación de nubes tipo cúmulus que producen intensas precipitaciones. Esta nubosidad forma parte del sistema denominado «Banda Intertropical Nubosa» produciéndose en esta zona el encuentro de los vientos Alisios del sureste y noreste, dando origen a la «Zona de Convergencia Intertropical» (ZCIT). Esta situación propició las abundantes precipitaciones pluviales, típicas de una zona tropical, que duraron hasta el mes de junio de 1983.

Las lluvias que se desencadenaron en 1983 fueron el resultado de una situación anormal de gran escala que comprometió a la costa occidental de América, Indonesia, la costa oriental de Asia, el océano Pacífico, etc., pero en la distribución de las lluvias en la costa norte del Perú al parecer incidieron además factores de menor escala, locales, hay que citar las brisas originadas entre mar y tierra y las brisas producidas en las laderas de las montañas que, durante el día iniciaban un movimiento del mar hacia la tierra y de la parte baja hacia la parte alta de la montaña lo que posiblemente dio lugar a que las lluvias sean al anochecer.

En Piura, las lluvias generalmente se produjeron entre las 7 de la noche y las 7 de la mañana del día siguiente lo que ha sido notable en 1983. Estas lluvias se concentraron en la parte de la ladera hacia donde soplan vientos (Chulucanas, Morropón, etc.) relevando la importancia de las brisas cuando los Alisios se debilitan.

Fenómeno de EL NIÑO 1997-1998: El fenómeno de El Niño 1997-1998 es considerado como uno de los más catastróficos del siglo XX, que se registró a los 15 años del fenómeno similarmente

catastrófico de 1982-1983, sorprendiendo a la comunidad científica mundial y a la comunidad regional en general, puesto que se tenía la idea que el período de recurrencia de esta categoría de Niños se estimaba aproximadamente en 100 años o más.

El Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) inició con la identificación de anomalías positivas de las aguas superficiales del mar frente a las costas de Chile y Perú en noviembre de 1996. Estas aguas calientes se desplazaron hacia el norte a la zona ecuatorial, donde con el encuentro de aguas cálidas subsuperficiales se generalizó el calentamiento en mayo de 1997, condiciones que se extendieron a los siguientes meses hasta el verano de 1998, cuando El Niño desencadenó sus efectos catastróficos sobre los diferentes sectores principalmente en los departamentos de la costa de Tumbes a Ica.

En la costa norte, las temperaturas del mar alcanzaron anomalías positivas entre 6°C a 8°C; en la costa central hasta 5°C. En la costa sur se registraron anomalías entre 3°C y 4°C como consecuencia del calentamiento de las aguas superficiales frente a nuestras costas, las temperaturas del aire también se incrementaron en 5°C y 6°C. Durante el mes de julio de 1997 (invierno) las temperaturas extremas registradas en Lima, oscilaron entre 20°C y 24°C en relación a sus valores normales que oscilan entre 15.1°C y 18.6°C, dando lugar a un invierno excepcionalmente cálido de los últimos 10 años.

Durante 1997, el centro de alta presión barométrica permanente y frente a las costas de Perú y Chile, que genera los vientos alisios, también registró una intensidad menor a la normal, con un desplazamiento hacia el sur de su posición normal, acompañado de un debilitamiento de los vientos alisios en la zona ecuatorial, favoreciendo la inversión de los vientos en la zona ecuatorial, factor muy importante para el calentamiento de las aguas ecuatoriales.

Durante el verano de 1998, la ZCIT se desplazó hasta 3° de latitud sur de su posición normal, sobre la costa norte peruana, intensificando su actividad convectiva y de precipitaciones al desplazarse sobre la superficie oceánica caliente.

Durante el mismo verano, también se observó ocasionalmente una dispersión de la ZCIT en dos o tres bandas debido posiblemente al intenso calentamiento del mar.

El Niño 1997-1998 afectó a más de 20 departamentos a diferencia de El Niño del 1982-1983 que solo afectó 12 departamentos.

Según la clasificación climática de Thornthwaite, se ha diferenciado para la región Piura varios tipos de clima (figura 2.3); según este sistema, destacan las zonas por su extensión y relieve topográfico, presentan características climáticas peculiares. Se han diferenciado 8 tipos de climas, cuyas características se resumen en el cuadro 2.17.

Cuadro 2.17
Climas en la región Piura

Tipo	(msnm)	Características principales	Algunas localidades
Semicálido árido E(d)B'₁H₃	0 -100	Deficiencia de precipitación en todas las estaciones del año, con humedad relativa del 65% a 84% calificada como húmeda.	Sechura, Paita, al oeste noroeste de Piura y Talara (Piura).
Cálido árido E(d)A'H₂	100-500	Deficiencia de precipitación en todas las estaciones del año, con humedad relativa del 45% a 64% calificada como seca.	Piura, La Matanza, Catacaos, Castilla, La Arena.
Cálido árido E(d)A'H₃	500-1000	Deficiencia de precipitación en todas las estaciones del año, con humedad relativa del 65% a 84% calificada como húmeda.	Las Lomas, Chulucanas, Morropon, Buenos Aires y San Miguel del Faique (Piura).
Templado semiseco C(o,i,p)B'₂H₃	2000 - 3000	Deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa del 65% a 84% calificada como húmeda.	Huarmaca, Huancabamba, Sondor y Carmen de la Frontera.
Semifrío semiseco C(o,i,p)B'₃H₃	2000-3000	Deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa del 65% a 84% calificada como húmeda.	Alrededores de Carmen de la Frontera hasta la frontera con la región Cajamarca.
Cálido semiseco C(o,i)A'₁H₃	1000 - 2000	Deficiencia de lluvias en otoño e invierno, con humedad relativa del 65% a 84% calificada como húmeda.	Sondorillo, valle del río Huancabamba.
Semifrío lluvioso B(o,i)B'₃H₃	2000 - 3000	Deficiencia de lluvias en otoño e invierno, con humedad relativa del 65% a 84% calificada como húmeda.	Ayabaca, Lagunas, Pacaipampa.
Templado lluvioso B(i)B'₂H₃	3000 - 4000	Deficiencia de lluvias en invierno, con humedad relativa del 65% a 84% calificada como húmeda.	Al este de la región, en el límite de la región Cajamarca y el país de Ecuador.

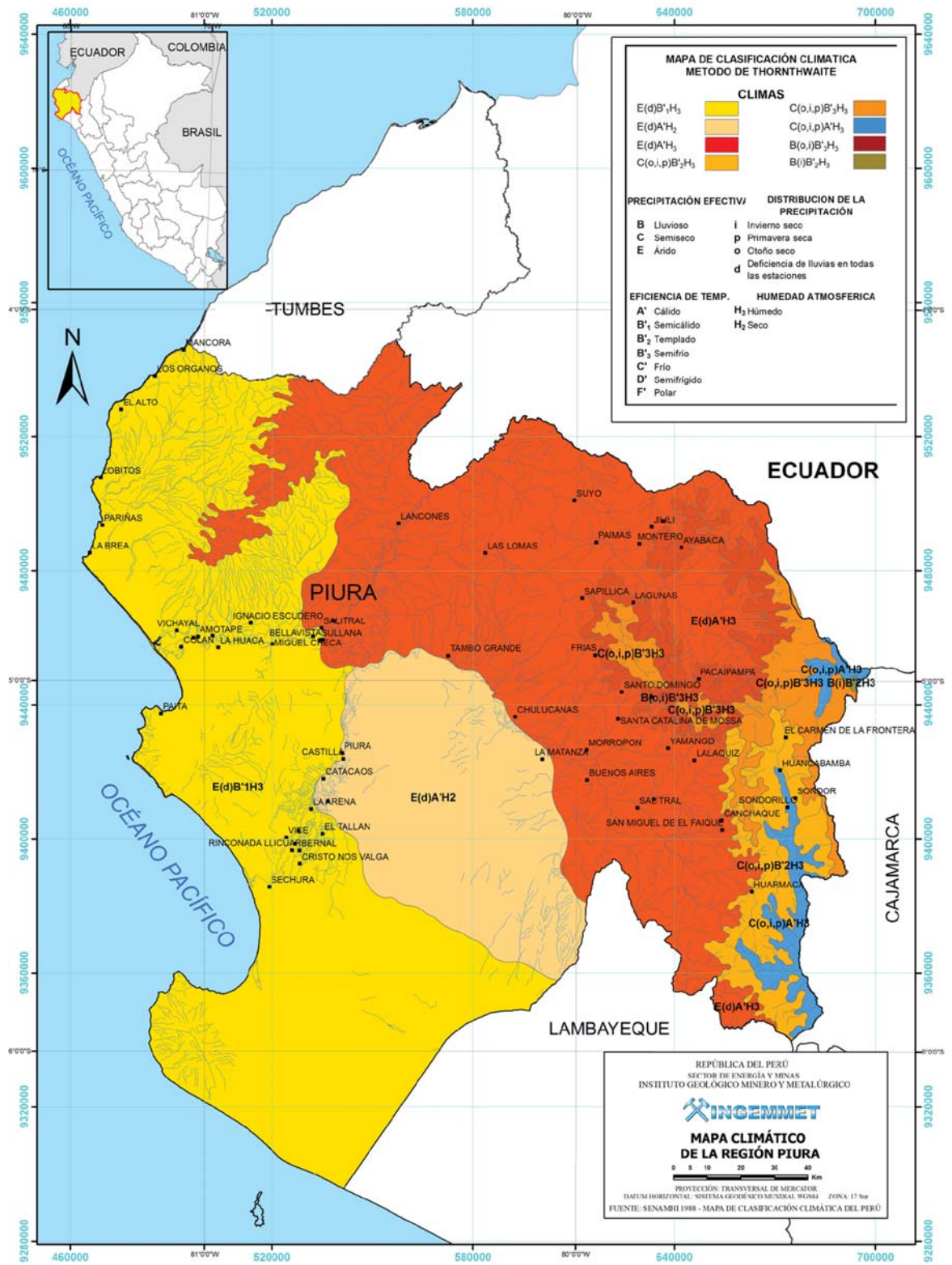


Figura 2.3 Mapa climático de la región Piura. Fuente: SENAMHI (1988)

GEOGRAFÍA

El relieve del suelo de la región Piura no es homogéneo, notándose en la planicie costera el predominio de la formación desértica sobre tablazos y pampas. La franja costera es la más ancha del Perú y alcanza 200 km desde el mar hasta los contrafuertes de la cordillera de los Andes. Entre los desiertos más relevantes se mencionan los de Pabur y Sechura ubicados en el extremo suroeste del territorio de la región y son los más cálidos y extensos del Perú y América.

Los tablazos son antiguas elevaciones de los fondos marinos, con áreas planas de 30 a 35 km de ancho, constituidos por una mezcla de arenisca y restos fosilizados de animales, cubiertos por arena y médanos movedizos, donde la acción eólica forma pronunciados montículos de unos 60 m de espesor conocidos como dunas.

La zona andina, ubicada en el extremo oriental de la región presenta elevaciones que llegan a los 3942 msnm de clima frío y profundas depresiones con clima cálido, donde se forman dos cuencas colectoras de los pequeños ríos de la región: el Quiroz y el Huancabamba.

El litoral de la región presenta una sucesión de bahías como Talara, Paita y Sechura, donde se encuentran los puertos de mayor importancia: Talara, Paita y Bayovar.

HIDROGRAFÍA

En la región Piura, se tiene dos ríos principales que pertenecen a la vertiente del océano Pacífico y sólo uno a la del Atlántico.

Entre los primeros están los ríos Chira y Piura; en la sierra de Piura se tiene al río Huancabamba, que drena sus aguas a la cuenca del río Marañón, y que junto con el Ucayali dará origen al Amazonas.

Red hidrográfica de la región Piura

Los sistemas hidrográficos de la región Piura drenan sus aguas al océano Pacífico, los ríos de esta región, se forman en los contrafuertes de la cordillera o conos de deyección, se desplazan por zonas de baja pendiente hasta perderse en las áreas desérticas, salvo en épocas de precipitación excepcional que cae en la región. Entre los principales ríos se tienen:

Río Chira

El río Chira toma este nombre, en un punto fronterizo ubicado al norte del distrito de Suyo que se denomina Toma, en donde se unen los ríos Catamayo o Santa Rosa con recorrido enteramente

en Ecuador, con el río Macará denominado también Calvas, que en gran parte hace de límite internacional con la República del Ecuador.

Al ingresar al Perú por el este de la provincia de Sullana, forma un callejón aluvial entre el tablazo al lado sur y las primeras estribaciones de la cordillera de Amotape al norte, luego pasa por Paita para desembocar en el océano Pacífico entre Bayóvar y Colán, formando una especie de delta. La superficie total es de 16 800 km², de los cuales 11 502.1 km² se encuentran en territorio peruano, tiene una longitud de 140 kilómetros, es de régimen continuo y uno de los más caudalosos de la Costa.

El río Chira, al igual que el río Tumbes, tiene agua durante todo el año. En la época de verano cuando el caudal aumenta, llega a descargar 5.000 m³/seg, a la altura del puente de Sullana. Su ancho máximo es de 120 metros y el mínimo de 90.

El río Chira recibe por la margen derecha aportes de los ríos del Alamor, que corre en su mayor parte por territorio ecuatoriano, tras de nacer en la zona de Celica; otros tributarios que en época de lluvias conducen gran caudal, son la quebrada de Samán y la de Soledad, el Jaguay de Pavas y otros. Por la margen izquierda, sus principales tributarios han sido el Quiroz y el Chipillico, que hoy son alimentadores de la represa de San Lorenzo.

Sus aguas mantienen bajo riego en el valle del Chira, unas 30 000 ha de suelos altamente productivos en los que se cultiva principalmente arroz, algodón y frutales como banano y coco.

Uno de sus afluentes el río Quiroz, ha sufrido una derivación hacia el valle de San Lorenzo, cuenca Piura, sumándose a las aguas del río Chipillico en cuyo cauce se ha construido el reservorio San Lorenzo. El valle de San Lorenzo atiende 40 000 ha fundamentalmente de frutales como mango, limón y cultivos de arroz.

Durante el evento de El Niño 1997-98, el Río Chira no alcanzó en promedio los valores de 1982-83, año en el cual las crecidas fueron progresivamente en incremento desde diciembre, llegando a un máximo de 1646 m³/s en abril para luego descender progresivamente entre mayo y julio de 1983. En dicha ocasión los caudales se incrementaron 150% respecto a los valores normales (Figura 2.4). Para el evento 1997-98, los caudales se incrementaron desde enero, subiendo vertiginosamente hasta llegar a su pico más alto en abril de 1998, alcanzando cerca de 1497 m³/s. Los mayores incrementos con respecto a 1982-83 se produjeron en los meses de marzo y abril, para descender en mayo de 1998 (Corporación Andina de Fomento, 2000).

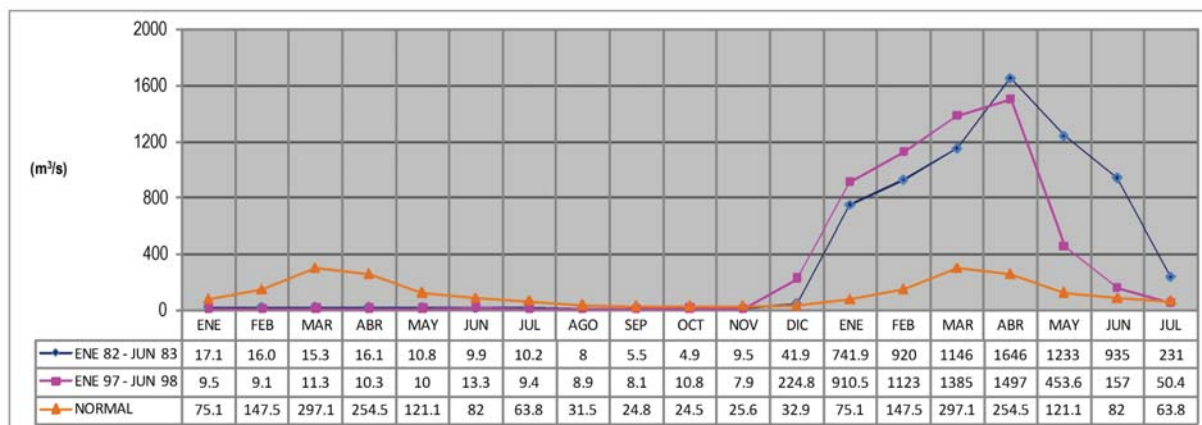


Figura 2.4 Descargas promedio mensual del río Chira (Piura) en periodo normal y durante los fenómenos de El Niño de 1982-83 y 1997-98 (m³/s)
Fuente: **MINAG** con base en información del SENAMHI (en Corporación Andina de Fomento, 2002)

Río Piura

Es una importante cuenca colectora de pequeños ríos y quebradas de la zona serrana, con 282 km. de extensión aproximadamente. La superficie total de la cuenca abarca un área de 12 220.7 km², siendo su área de recepción de 4823.4 km², hasta el punto de control hidrométrico de puente Ñácara.

Es de régimen irregular, nace en las sierras de Huancabamba con el nombre de San Martín. Al confluir con el río Chalpa forman el río Salitral, hasta llegar al poblado del mismo nombre, donde toma el nombre de río Piura, cruzando el territorio de la provincia de Morropón. A su paso irriga la región denominada Alto Piura, en donde junto con los pozos de aguas subterráneas atienden a más de 15 000 ha. Luego, ingresa a la provincia de Piura para cambiar de rumbo paulatinamente hacia el Oeste a partir del pueblo de Chulucanas atravesando la zona norte de la provincia, para desembocar en las proximidades del océano Pacífico, cerca del pueblo de Sechura, zona denominada Bajo Piura.

El río Piura tiene casi todos sus afluentes en la margen derecha, los primeros tributarios son los ríos Las Tunas y Pusalca, más al norte de la población de Salitral, tiene al río Bigote, Corral del Medio, Gallega y las quebradas de las Damas, Charanal, Yapatera, Guanábano, Paccha y San Francisco; por su margen izquierda, se tienen algunas quebradas que sólo en tiempo de precipitación excepcional aportan aguas y también son afluentes, entre ellos se tiene a las quebrada Río Seco y Los Tortolitos.

Con las aguas del río Piura más las trasvasadas del río Chira se atienden más de 45 000 ha en el valle del Medio y Bajo Piura.

Entre las lagunas que forman el río Piura cuando sus aguas no alcanzan a descargarse en el océano Pacífico se tienen a las de Ñapique Grande y Ñapique Chico, Ramón Grande y Ramón Chico, Mala Vida; estas ubicadas en la provincia de Piura; muy cerca del mar.

Durante el evento de El Niño 1997-98, en el río Piura el caudal medio según la estación hidrológica puente Sánchez Cerro, alcanzó un valor de 601.1 m³/s, caudal superior en 721 % respecto de su valor normal; también fue superior en 46% respecto del Niño 1982-83 (figura 2.5). Los caudales se incrementaron desde diciembre de 1997 hasta abril de 1998 con valores cercanos a los 1700 m³/s para descender en mayo de ese mismo año. En 1982-83 el caudal se incrementó notablemente a partir de enero del 83 prolongándose hasta mayo e inclusive junio. El caudal máximo instantáneo para el período diciembre-marzo 1997-98, fue de 4424 m³/s, registrado el 12 de marzo, mientras que en 1982-83 fue de 2478 m³/s, registrado el 30 de marzo de 1983 (Corporación Andina de Fomento, 2000).

Río Huancabamba

Llamado también río Grande, tiene aproximadamente 140 km de longitud, nace en las vertientes de la laguna el Shimbe o Siverococha. Inicia su desplazamiento con una dirección nortesur, recibiendo por la margen izquierda los aportes de numerosas quebradas, como Shumaya, Las Juntas, Mandor, Tallín, en el departamento de Piura, luego cambia a una dirección oriental hasta confluir con el río Chotano en la región Cajamarca, y dar lugar a la formación del Chamaya, afluente del río Marañón, que da origen al Amazonas.

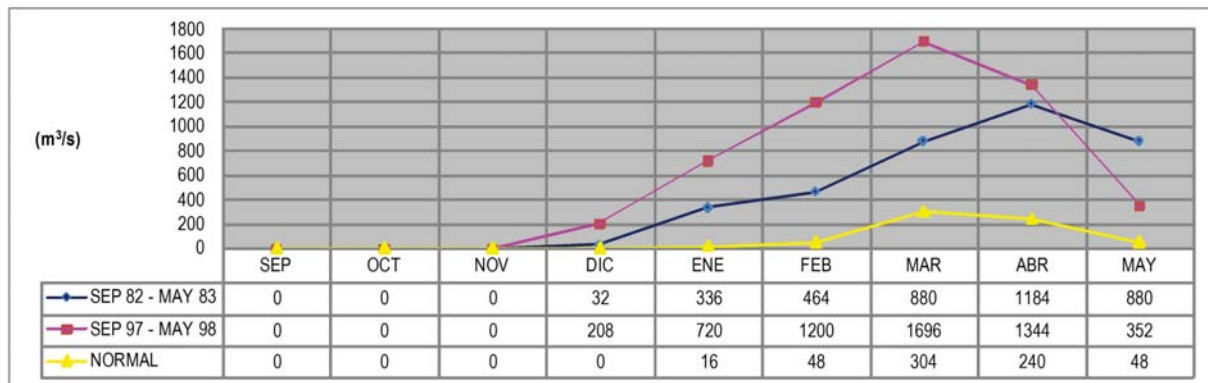


Figura 2.5 Descargas promedio mensual del río Piura (Piura) en periodo normal y durante los fenómenos de El Niño de 1982-83 y 1997-98 (m³/s)
Fuente: MINAG con base en información del SENAMHI (en Corporación Andina de Fomento, 2000)

Quebradas diversas

Además de los ríos antes mencionados, hay una gran cantidad de quebradas que vierten sus aguas al océano Pacífico como son las de Ancha, Honda y Pariñas; las mismas que durante los años Niño de 1982-83 y 1997-98, se tornaron en torrentosos ríos, que causaron grandes daños en la infraestructura vial de la región Piura.

COBERTURA VEGETAL Y USO DE SUELOS

Tomando como base el mapa forestal (Instituto Nacional de Recursos Naturales, 1996), a escala 1:1 000 000 y considerando la necesidad de información con respecto a la susceptibilidad de un área determinada a la ocurrencia de movimientos en masa en función del factor de cobertura vegetal existente, se preparó el mapa de distribución de la cobertura vegetal para la región Piura, donde se diferenciaron trece zonas con tipo de vegetación dominante considerándose las características de densidad o ausencia de vegetación (mapa 1).

En la región Piura, el uso actual del suelo que más predomina es vegetación del tipo bosque, sobresale el bosque seco en mezclas y con diferente grado de intervención. Luego siguen los bosques subhúmedos; y finalmente los matorrales que se encuentra en asociación con pastos. Por su extensión los cultivos ocupan el cuarto lugar sobresaliendo los de carácter anual, aunque también se tiene los cultivos perennes, temporales, asociados y arboricultura. Es importante mencionar las áreas erosionadas, áreas en proceso de erosión, áreas de arena y agua natural.

En conclusión, la región Piura constituye una zona donde predominan los ecosistemas naturales (bosques y matorrales), el mayor porcentaje corresponde a coberturas arbóreas y arbustivas, mientras que los porcentajes dedicados a pastizales y cultivos son

inferiores. El problema de la disponibilidad de agua no favorece el desarrollo de actividades agropecuarias, además de las dificultades que presenta la irregularidad topográfica. En menor porcentaje se encuentra el pajonal de páramo.

Las condiciones climáticas especiales que se presentan en la región Piura, ayudadas por la topografía, han dado lugar a una vegetación variada, que se distribuyen en 13 zonas:

a) *Algarrobal Ribereño (Ar)*, se localiza en el río Piura, Punta Yapato, pampa El Atascadero (Piura); este tipo de bosque se caracteriza por la homogeneidad florística, donde los árboles de algarrobo son de mayor vigor y porte, con respecto a los existentes en los otros tipos de bosques.

Es una formación arbórea característica de la costa septentrional. Desde el punto de vista fitogeográfico y ecológico. La biotemperatura media anual del algarrobal bordea los 24°C y el promedio anual de precipitación es de 200-300 mm aproximadamente. En años excepcionalmente lluviosos puede pasar los 1000 mm. El territorio es más o menos plano que asciende gradualmente hacia las vertientes occidentales andinas; sube de 100 hasta más de 300 m de altitud.

El algarrobal, toponimia que usan los naturales para designar el bosque, consiste de una comunidad arbórea rala cuyos fenotipos, en su mayoría, alcanzan de 8 a 12 m de alto. El principal biotipo es *Prosopis pallida* (H. & B. ex Willd.) H. B. K. o «algarrobo».

El algarrobal ribereño se presenta en las márgenes de las quebradas, con densidades de 200 a 250 arb/ha.

b) *Bofedal (Bo)*, se desarrollan en terrenos de topografía plana o depresionada con mal drenaje natural, donde convergen las aguas de las zonas altas ya sea por filtración o por escurrimiento. En

estas áreas donde se acumula una cantidad excesiva de humedad, se mantiene la vegetación tierna y verde casi todo el año. Ocupan pequeñas áreas del Estuario de Virrilá (Piura).

c) Bosques

En la región Piura, los bosques se subdividen en:

c1) Bosques húmedos (Bh), se extiende generalmente a través de todo el flanco oriental andino desde el pie de montaña hasta aproximadamente 3200 msnm. El relieve es montañoso con cerros escarpados y atravesados por una red de quebradas que forman muchos valles estrechos. En la cima de estas montañas es característica la presencia de una cubierta casi permanente de nubes, que provoca una frecuente garúa, por lo que son denominados bosques de neblina.

Los árboles que pertenecen a esta zona disminuyen a medida que se asciende altitudes, tornándose gradualmente en un bosque menos exuberante con árboles más delgados, retorcidos y de menor altura.

También se le encuentra en áreas con presencia de neblina, con árboles cargados de abundante musgo y cuya altura está entre 20 y 25 m. Además, hay presencia abundante de orquídeas, helechos y bromelias en zonas húmedas de montaña, que se encuentran formando parte de las estribaciones externas de la cordillera, con especies nativas como la cascarilla y romerillo, mezclado con pasto natural; pero predominado el bosque natural húmedo de montaña.

c2) Bosques subhúmedos (Bsh), se desarrolla en la zona montañosa, caracterizado por pendientes empinadas; la temperatura media anual estimada es de 24 °C y la precipitación media anual de 500 a 1000 mm. Se encuentran en un área muy reducida, mucho de ellos están siendo erosionados o destruidos por la expansión agrícola sin control, especialmente en la parte alta de los ríos Piura y Chira, la cabecera de la quebrada Suyo. En el bosque se logra diferenciar un estrato dominante de árboles altos sobre los 20 m. Las áreas deforestadas, especialmente las que se ubican en los sectores más húmedos, han sido dedicadas a la agricultura y en muchos casos han sido abandonados y luego cubiertas de vegetación secundaria.

c3) Bosques secos (Bs), se localizan casi en su totalidad y cubren el mayor porcentaje del área de la región Piura; dependiendo de la presencia vegetacional, pueden ser, ralos, muy ralos o semidenso, los cuales varían de 20 a 122 arb/ha. Entre altitudes de 125 a 1450 msnm.

Dentro de esta estratificación, se han identificado los bosques secos propiamente dichos, asociados con pastos naturales y arbustos. En los bosques secos en áreas con procesos de erosión se encuentran especies arbóreas nativas en una relación 70/30

debido a la influencia humana. El bosque típico sabana se caracteriza por una baja densidad en estrato arbóreo (algarrobo, faique), con árboles bastante distanciados entre sí, la vegetación predominante se caracteriza por presentar dos estratos bien diferenciados, el arbóreo y herbáceo.

El bosque seco ralo se localiza en el desierto costero desde el nivel del mar hasta la cota 75 msnm, comprende las pampas ubicadas entre Bayovar, Sechura, Sullana y Tambogrande; la vegetación se caracteriza por su poca diversidad florística, compuesta de elementos arbóreos de follaje siempre verde y mayormente espinosos, destacando el aramo, zapote, algarrobo y palo verde; y como especies arbustivas el overo, charamusco, vichayo y satuyo.

El bosque seco muy ralo, se localiza frente al piedemonte del macizo occidental andino entre 125 y 300 msnm, ocupa los depósitos eólicos que han sufrido erosión aluvial, situadas en la margen izquierda del río Piura entre Morropón y Ñaupe. Constituye un bosque bajo con predominio de árboles de follaje siempre verde, con una proporción de espinosas; entre las especies forestales destaca el zapote, aramo, hualtaco, algarrobo, palo santo, pasallo, palo verde y charán.

El bosque seco es semidenso, ocupa el mayor espacio, se localiza en ambos márgenes del río Piura entre 200 y 1450 msnm. La vegetación se caracteriza por su carácter caducifolio, es decir, la mayoría de las especies eliminaron completamente su follaje como una forma de contrarrestar el largo periodo de sequía. Es característico de este bosque, la salvajina, que cuelga de las ramas de los árboles, y la achupalla; a nivel de especies arbóreas se tiene al pasallo, palo santo, venturo, charán, huarango, barbasco, almendro, hualtaco, guayacán, ceibo y palo verde; también existen comunidades arbustivas como el overo, brinduy, palo negro, papelillo; así mismo coexisten otras formas de vida vegetal como: las cactáceas y el estrato herbáceo que se desarrolla dentro del bosque en el periodo de lluvias.

d) Cultivos (C), zona constituida por áreas agrícolas, entre los cultivos sobresalen los de carecer anual (arroz, maíz, maní, yuca, plátanos), también cultivos perennes (caña de azúcar), cultivos temporales asociados a pasto cultivado o pastos naturales, cultivos asociados con pasto natural y con arbustos, cultivos en áreas con procesos de erosión que corresponden a áreas en las cuales se asocian cultivos agrícolas con áreas en las cuales la sobreutilización del suelo ha ocasionado una progresiva erosión antrópica; por ejemplo, en los valles de los ríos Piura, Chira, quebradas Carrizal y Casitas.

Los cultivos agrícolas anuales están conformados por cultivos diferenciados como el arroz, especialmente, en áreas de influencia de la represa Poechos. También existen cultivos de maní, mango,

yuca y plátanos, que cubren considerables superficies aluviales, así como, los cultivos bajo riego, este último a gran escala, para exportación.

Los cultivos perennes como la caña de azúcar se cultivan en el valle del río Chira y en otras áreas más pequeñas.

Los cultivos temporales están asociados con pastos cultivados o pastos naturales. Los cultivos asociados con el pasto natural, arbustos y cultivos en áreas con procesos de erosión, corresponden a aquellas áreas en las cuales se asocian cultivos agrícolas con áreas en las cuales la sobreutilización del suelo ha ocasionado una progresiva erosión antrópica. En estas zonas, predominan cultivos estacionales sobre áreas que tienen erosión progresiva con arboricultura y arboricultura sola, arboricultura mezclada con pasto natural, con pastos cultivados, y cultivos anuales. Estos subtipos combinan el establecimiento de árboles frutales, cultivos agrícolas y pastos introducidos.

La zona de pastos cultivados con especies herbáceas se han introducido para fines pecuarios (kikuyo, pasto Ramírez, elefante, yaragua, pasto blanco). El pasto natural, que es la vegetación herbácea constituida por especies nativas de crecimiento espontáneo, no recibe cuidados especiales y son utilizados con fines de pastoreo, vida silvestre o protección; pasto natural en área denudada que cubren áreas donde hay evidentes problemas de erosión ocasionados por sobrepastoreo y sobreuso de suelo; pasto natural con áreas en proceso de erosión, son pastos degradados en suelos erosionados que configuran paisajes típicos de áreas secas que cubren las zonas bajas.

e) Desierto Costero (Dc), geográficamente se extiende a lo largo de la región costera, ocupando áreas planas u onduladas y las primeras estribaciones del flanco occidental andino, comprendido desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 1500 msnm.

El clima se caracteriza por ser árido y cálido en verano (diciembre-marzo) y con neblinas en el invierno (mayo-setiembre) provenientes del mar, las cuales se disipan al chocar contra las primeras elevaciones del contrafuerte occidental, aproximadamente entre los 700 y 1000 msnm, dando origen a la vegetación de lomas. Al margen de las lomas, es común observar en los años con fuertes neblinas, la presencia de un diminuto y efímero tapiz herbáceo de unos pocos centímetros de altura, que crece sobre la superficie de grandes planicies localizadas en la costa (zonas que carecen de cultivos, o campos sin labrar). Se localizan en la planicie costanera de la región Piura.

f) Matorral

Los bosques se subdividen en:

f1) Matorral húmedo (mh), se localiza entre los 2500 a 3400 msnm, se presentan en forma discontinua y en pequeñas áreas,

constituye formaciones vegetales de pequeño porte, que mantienen su follaje siempre verde durante el año, se encuentran especies como el «overo» *Cordia lutea*, «perlillo», la borraja del género *Ipomoea*, entre otras.

Generalmente, alcanzan alturas hasta de 4 m, formando bosquetes, especialmente, en sitios inaccesibles y con escasa influencia antrópica. Presenta densidades de 61 arb/ha aproximadamente.

f2) Matorral subhúmedo (Msh), se distribuye como una franja angosta, entre los 2900 y 3500 msnm. Las temperaturas medias anuales fluctúan de 9 a 18°C y las precipitaciones anuales de 220 a 1000 mm.

La vegetación se caracteriza por la presencia de asociaciones arbustivas siempre verdes. El desarrollo de herbáceas, especialmente de gramíneas es notable a medida que se asciende a niveles superiores de esta formación. Son plantas leñosas o semileñosas que no superan los 3 m de altura, presentan un tallo ramificado, mezclados con pasto natural, con cultivos anuales y pastos naturales en áreas con procesos de erosión.

Estos matorrales, además de cumplir con un rol ecológico, brindan beneficios directos al poblador rural, ya que proporcionan leña como energía doméstica, madera para construcción de viviendas, artesanías y productos para consumo. Por lo tanto, se debe conservar todas las áreas con vegetación natural y repoblar aquellas que están en estado de degradación; asimismo, el desarrollo de la agricultura así como el pastoreo estacional debe ser racionalizado para evitar agotamientos o pérdidas cuantitativas o cualitativas.

La zona de pequeños arbustos temporales o perennes está siendo erosionada, en su mayoría, por la expansión agrícola. Se observa deforestación muy acentuada.

f3) Matorral seco (Ms), se localiza en colinas desde la más cercana al nivel del mar hasta los 200 msnm, se distribuye desde las primeras elevaciones de la vertiente occidental tales como Bayovar y los cerros Illescas, donde predominan las cactáceas, especies herbáceas y arbustivas y algunos árboles como el vichayo, zapote y algarrobo con alturas de hasta 2 m. La temperatura media varía de 11 a 25°C y la precipitación media anual de 120 a 220 mm.

Estos matorrales cumplen un rol importante en la conservación de los suelos y en el control del régimen hídrico de las cuencas occidentales. En pequeñas áreas, se practica actividades agrícolas y pecuarias donde el pastoreo es extensivo e intensivo.

i) Páramo (Pr), se extiende aproximadamente a partir de los 3200 a 3300 msnm, el clima es variable. La temperatura media anual fluctúa de 1.5 a 6°C, que caracteriza un ambiente húmedo y frío.

Es una formación vegetal compuesto de herbáceas altoandinas de hasta 1 m de alto, que se distribuyen formando densas agrupaciones o matas mayormente de gramíneas, pajonales y pastos naturales.

En determinadas épocas del año, se realizan quemas con la finalidad de aprovechar los rebrotes y la vegetación de piso, práctica que genera procesos erosivos del suelo y de la cobertura vegetal, provocando la proliferación de algunas especies y la reducción o desaparición de otras. Se localizan en áreas muy reducidas en la región Piura, cerca de la frontera con la región Cajamarca.

j) Reservorio de agua (R), son cuerpos de agua que se encuentran estancados o de movimiento lento, pueden tener un origen natural o artificial. Se les puede dar diferentes usos recreacionales, agropecuarios, piscícola, para generación de energía, para abastecimiento de agua y riego. Algunas áreas de esta zona se encuentran ocupadas por obras hidráulicas como presas o reservorios. En la región Piura, tenemos a las represas de Poechos y San Lorenzo.

Se les puede dar diferentes usos, como pueden ser recreacionales, agropecuarios, piscícola, para generación de energía, para abastecimiento de agua y riego.

k) Zona urbana (Zu), es la porción de territorio donde actualmente se desarrollan las ciudades importantes de la región Piura, estas áreas se desarrollan sin control urbano. Incluye zonas de expansión

urbana que aún no están construidas, potencialmente urbanizables y que hoy son campos que deberían incorporarse a la ciudad sobre la base de un plan previamente elaborado, que establezca las pautas para su desarrollo urbano y prevea la forma en que se le brindarían los servicios necesarios, de manera de crear nuevas urbanizaciones habitables.

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

Son espacios reconocidos, establecidos y protegidos legalmente por el Estado (D.S. No 010-90-AG) como tales (Reserva Nacional, Zona Reservada, Bosque de Protección, Santuario Nacional, Parque Nacional, Coto de Caza), debido a su importancia para la conservación de la diversidad biológica y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y científico, así como, por su contribución al desarrollo sostenible del país.

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

Las áreas naturales protegidas de la región Piura, abarcan una superficie aproximada de 1595.77 km² (se considera el área del Parque Nacional Cerros de Amotape localizado dentro de la región Tumbes); cuadro 2.18.

Cuadro 2.18
Áreas naturales protegidas en la región Piura

ANP	Símbolo	Región	km ²	%
Coto de Caza	CC	Piura	650.00	1.81
Parque Nacional	PN	Piura y Tumbes	945.77	2.63
ANP Piura			1595.77	4.44
Superficie Piura			35 940.00	100.00

Fuente: Elaborados con datos del INRENA, 2009

Los espacios o áreas naturales protegidas dentro de la región Piura son:

Coto de caza

Son áreas destinadas al aprovechamiento de la fauna silvestre a través de la práctica regulada de la caza deportiva.

Coto de caza El Angolo

Fue establecido el 1 julio de 1975 mediante R.S No 0264-75-AG, abarca 650 km², comprende los distritos de El Alto y Marcavelica, provincias Talara y Sullana, región Piura. Localizado entre los 150 – 1550 msnm, se tienen temperaturas que varían de 20 °C a 35 °C.

Fue creado con el fin de conservar y aprovechar racionalmente especies cinegéticas de la fauna silvestre y promover la caza deportiva y el turismo social, permitiendo elevar los ingresos de la población local.

Parque Nacional

Fueron 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.

Parque Nacional Cerro de Amotape

Creado mediante D.S. No 0800-75-AG, el 22 de julio de 1975, tiene una superficie de 945.77 km², comprende los distritos San Jacinto y Lancones en la provincia de Sullana, región Piura y el distrito de Casitas, en la provincia Contralmirante Villar, en la región Tumbes. Se localiza entre los 75–1550 msnm, con temperaturas que varían de 15 °C a 32 °C.

Fue establecido con la finalidad de proteger valiosas especies forestales y de fauna silvestre características de los bosques secos del litoral norte, así como las áreas naturales de los Cerros de

Amotape que constituyen un refugio de especies de la flora y fauna amenazada de extinción a nivel nacional y regional. Además de beneficiar social y económicamente al poblador local a través del turismo.

La mayor extensión del parque nacional presenta, una topografía muy accidentada ocupando buena parte de la cordillera de Amotapes. El área protegida está en una zona de clima transicional entre el desértico de la costa peruana y el tropical subhúmedo del Ecuador. El clima es cálido y seco, más fresco hacia el este por el aumento en altitud.

CAPÍTULO III

CONTEXTO LITOLÓGICO

UNIDADES LITOLÓGICAS

El mapa litológico fue elaborado en base a los estudios de la Carta Geológica Nacional a escala 1:100 000, realizados en la región Piura, por la Dirección de Geología Regional del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), cuya información se encuentra en tres boletines (Caldas, et al., 1980; Reyes & Caldas, 1987; Palacio, 1994) y abarca los cuadrángulos de Lobitos, Quebrada Seca, Las Playas, La Tina, Talara, Sullana, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Paita, Piura, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Bayovar, Sechura, La Redonda, Olmos, Pomahuaca, Punta la Negra, Lobos de Tierra y Las Salinas; así mismo se interpretó imágenes satelitales Landsat, fotografías aéreas y se realizaron las verificaciones de campo respectivas.

Para la delimitación de las unidades litológicas se ha tomado como patrón la litología, el grado de homogeneidad de sus propiedades geotécnicas (rocas y suelos), principalmente su grado de fracturamiento, grado de meteorización y resistencia a la erosión, agrupándolas sin considerar su edad.

Es así que los principales grupos de suelos y rocas se han agrupado en dos grandes unidades de clasificación:

- Depósitos recientes
- Unidades del substrato

Depósitos Recientes

Sedimentos modernos (Unidad I)

Esta unidad agrupa a los depósitos poco o nada coherentes y consolidados con edad reciente, de extensión y grosor variable, conformados por materiales de litología heterogénea y heterométrica, depositados desde el Pleistoceno hasta la actualidad, y agrupados por su grado de compactación.

Para la región Piura se han determinado tres tipos de sedimentos modernos, que son producto de la meteorización, erosión y acumulación; presentan morfologías que van desde planas, plano-onduladas a algo inclinadas, como en el caso de las acumulaciones de piedemonte. Dentro de esta unidad se tienen las siguientes subunidades:

Material poco consolidado (Subunidad I-1)

Esta subunidad está conformada por depósitos de materiales poco consolidados de edad reciente constituida por arenas, limos, arcillas, gravas, bolos y bloques, dentro de esta subunidad destacan:

Depósitos fluviales: corresponden a la acumulación de material a lo largo de valles y en llanuras de inundación por corrientes fluviales, están constituidos por conglomerados, arenas, limo-arcillas (fotografía 3.1).

Depósitos lacustres: conformados por antiguas marismas y llanuras de inundación que se encuentran en estado de colmatación con arena eólica, las zonas más profundas están constituidas por lodos o arcillas bituminosas oscuras (gris a negras), mientras que en superficie son arenas salobres húmedas o costras de arena con caliche.

Depósitos marinos: constituidos por acumulaciones de cantos, arena y limos del borde litoral, así como, por la faja playera inundable que conforman lagunas Salinas.

Depósitos aluviales: los depósitos mejor desarrollados se encuentran en las estribaciones andinas de la cordillera occidental y en los flancos de los grandes cursos fluviales, los materiales que los constituyen son conglomerados, con una matriz arenosa o limo-arcillosa.

Depósitos glaciares: se encuentran por encima de los 3600 msnm., se le encuentra en el empalme de los cuadrángulos de San Antonio, Huancabamba y Morropón. Las morrenas forman lagunas como las Huarinas, El Shimbe, etc., los depósitos están constituidos por clastos angulosos, englobados dentro de una matriz limo-arcillosa.

Tablazo Lobitos: depósito marino cuaternario de edad Pleistocénica, se extiende desde el cuadrángulo de Paita hasta la localidad de Lobitos, ésta es un secuencia conglomerádica poco consolidada, con cantos rodados angulosos, con una matriz bioclástica o areniscosa (fotografía 3.2).

Esta subunidad puede ser afectada por deslizamientos, derrumbes y caída de rocas en los bordes de los depósitos, cuando forman acantilados; también por flujos de detritos (huaycos) o lodo, procesos de erosión fluvial e inundaciones.



Fotografía 3.1. Depósitos fluviales dentro del cauce del río Huancabamba, distrito de Huancabamba, Piura, mayo de 2009



Fotografía 3.2. Tablazo Lobitos, conformado por conglomerados y areniscas, color blanquecino, localidad de Vise, Piura, 2009

Acumulaciones de arena (Subunidad I-2)

Las acumulaciones de arena forman dunas en movimiento, dunas fósiles, cordones de dunas y mantos de arena (fotografía 3.3). Se tienen dentro de esta subunidad:

Depósitos eólicos: constituidos por acumulaciones de arena, que han sido acarreadas y depositadas por el viento, cubren los tablazos y secuencias más antiguas. La dirección de acarreo del viento es de SO a NE. Forman grandes mantos de arena, cordones de dunas y colinas, que están disectadas por una red fluvial dendrítica. Algunas dunas se encuentran fijadas por arbustos o también constituyen barcanas en movimiento, dunas gigantes y mantos de arena delgada.

Esta subunidad puede presentarse afectada por erosión de laderas a manera de surcos y cárcavas.

Materiales consolidados (Subunidad I-3)

Esta subunidad presenta materiales consolidados conformados por arenas, gravas, arcilla, limos, conglomerados lumaquéllicos-coquiníferos y areniscas arcósicas, dentro de esta subunidad destacan:

Tablazo Talara: plataforma pleistocénica más alta de la llanura desértica, en forma de una costra sedimentaria con espesor de 3 m en promedio, está constituido por conglomerados lumaquéllicos o lumaquelas poco consolidadas en matriz bioclástica o arena arcósica, también por conglomerados coquiníferos o coquinas.

Tablazo Máncora: se compone litológicamente de conglomerados, arenas finas o gruesas, bioclásticas con contenido de fragmentos de conchas lumaquelas y coquinas, que muestra concentraciones de caparzones de gasterópodos, lamelibranquios, braquiópodos y pelecípodos, dentro de una matriz areniscosa y salina (fotografía 3.4).

Esta subunidad se presenta en sectores afectada por fenómenos de erosión de laderas a manera de surcos y cárcavas, con la consecuente formación flujos de detritos y lodo, las cuales se originan con precipitaciones pluviales excepcionales.

Unidades del Substrato

Rocas Intrusivas (Unidad II)

Dentro de esta unidad litológica encontramos rocas intrusivas de tipo granitos, monzogranitos, tonalitas, granodioritas, dioritas y gabros. Las rocas plutónicas de esta región corresponden al emplazamiento batolítico en un lineamiento plutónico principal hacia el oeste que participó en la edificación y cratonización de la cordillera occidental. Dentro de esta unidad se tienen las siguientes subunidades:

Granitos y monzogranitos (Subunidad II-1)

Afloramientos de topografía moderada a fuerte, distribuidos principalmente en la zona oriental de la región, específicamente en Ayabaca y El Puerto, a manera de plutones y *stocks*. Se encuentran afectados por deslizamientos, derrumbes y procesos de erosión en cárcavas los cuales acarrearán flujos de detritos. Dentro de esta subunidad destacan:

El Granito Paltashaco: es el plutón más importante y de mayor distribución geográfica en la región, se le encuentra en las cercanías de la presa San Lorenzo, en las localidades de Pacaipampa y Ayabaca (fotografía 3.5).

Granitoides indiferenciados: presenta variaciones litológicas, afloran al sur del poblado de Ayabaca, estos cuerpos varían a tonalita y granodiorita.

El granito Higuérón: es un cuerpo intrusivo de dimensión regional, se caracteriza por presentarse muy fracturada y meteorizada a consecuencia del clima húmedo que le causa una profunda alteración de sus componentes mineralógicos; se les encuentra conformando suelos arenosos. Los peligros geológicos que se presentan en esta unidad son los deslizamientos, erosión de laderas, derrumbes a lo largo de los taludes de la carretera y flujos.

Granito de Querobamaba: está conformado por granitos que afloran en el cerro Tunal.

Monzogranito Peña Blanca: está ubicado a unos 8 km de Las Lomas y conformado principalmente por monzogranito que varía a granito. Constituye la porción más central y joven del complejo plutónico Las Lomas.

Granodioritas y tonalitas (Subunidad II-2)

Afloramientos de topografía moderada, se presenta como plutones y *stocks*; se les encuentra alterado y afectado por procesos de erosión de laderas (surcos y cárcavas), por donde discurren flujos de detritos. También se han identificado deslizamientos, movimientos complejos inactivos, de grandes dimensiones. Dentro de esta subunidad destacan:

Tonalita Altamisa: toma el nombre de la localidad de Altamisa, ubicada a unos 8 km del poblado de Chalaco, tiene coloración gris clara y es de grano medio.

Tonalita-diorita Pambarumbe: es un plutón que aflora en la localidad del mismo nombre en Morropón, al suroeste del cuadrángulo de Ayabaca, es una roca de color gris clara de grano medio (fotografía 3.6).

Granodiorita-tonalita de Suyo: es un cuerpo plutónico que se expone en los alrededores del poblado de Suyo, el cuerpo es de



Fotografía 3.3 Mantos de arena con presencia de dunas móviles y dunas detenidas por la vegetación, sector de pampa Yapato, distrito de Sechura, Piura, junio de 2009



Fotografía 3.4 Cabeceras de la quebrada El Verde, en donde se puede observar el Tablazo Máncora sobre la formación Talara. En el extremo inferior derecho de la fotografía se pueden ver los conglomerados del Tablazo Máncora, octubre de 2009



Fotografía 3.5 Granito Paltashaco, sector La Aranza, distrito y provincia de Ayabaca, Piura



Fotografía 3.6 Tonalita-diorita Pambarumbe, sector Pueblo Nuevo, corte del talud superior de la carretera Sapillica-Pueblo Nuevo, provincia de Ayabaca, Piura, agosto, de 2009

forma alargada y se prolonga un poco más al sur de la localidad de Lagunas; es una roca de grano grueso, color gris claro (fotografía 3.7).

Tonalita Canoso: aflora en el cerro Canoso, a 5 km al sureste de Poechos, es un plutón de tonalita porfídica color gris claro y de grano medio.

Granodiorita Purgatorio: toma ese nombre por su afloramiento en el cerro Purgatorio, conforma macizos elevados que se observan al lado oeste de Las Lomas.

Tonalita-granodiorita Las Lomas: se exponen en los alrededores de Las Lomas, la roca predominante es de composición tonalítica que grada a granodiorita.

Granodiorita-diorita Rumipite: se expone en los alrededores de Suyo, es un plutón de forma alargada. La granodiorita es de grano grueso y de color gris claro.

Dioritas y gabros (Subunidad II-3)

Constituyen intrusiones de dimensiones menores con relación a los anteriormente descritos, aflorando de manera aislada y dispersa. Dentro de esta subunidad destacan:

Diorita Malingas: se expone principalmente en el extremo sur del cuadrángulo de Las Lomas, en las localidades de Pie de Toro y Boca Negra.

Gabros: setienen remanentes de gabros que forman pequeños *stocks*, en la confluencia de los ríos Chira y Chipillico, en el sector de Malingas. Son rocas oscuras de grano variable.

Gabrodioritas Lancones: aflora en los alrededores del nuevo poblado de Lancones, hasta la laguna de Poechos, conforman *stocks* (fotografía 3.8). Esta es una roca verde oscuro, de grano grueso y porfiroide.

Rocas volcánicas (Unidad III)

En esta unidad se presentan algunos afloramientos muy alterados, está constituida por tufos, brechas piroclásticas, lavas andesíticas, andesitas piroclásticas, tobas andesíticas y riolíticas. Dentro de la región se tiene una buena exposición de rocas volcánicas, en la zona de colinas y montañas. En esta unidad se han diferenciado las siguientes subunidades:

Tobas, tufos, derrames lávicos (Subnidad III-1)

Se tiene buenos afloramientos en el lado oriental de la región, se encuentran afectados por deslizamientos, derrumbes, procesos de reptación de suelos, movimientos complejos y caída de rocas; también se encuentran afectados por procesos de erosión en cárcavas, por donde discurren flujos. Dentro de esta subunidad destaca:



Fotografía 3.7 Granodiorita-tonalita Suyo, sector de cerro Tondopa, corte del talud superior de la carretera El puente-Lagunas, distrito de Lagunas, provincia de Ayabaca, Piura, agosto de 2009



Fotografía 3.8 Stock de gabro que presenta patina de alteración color rojiza, sector de Lancones, Sullana-Piura

El volcánico Porculla está constituido por tobas andesíticas, riolíticas e ignimbritas (fotografía 3.9).

Lavas andesíticas (Subunidad III-2)

Se tiene poca ocurrencia de movimientos en masa, se puede apreciar algunos flujos de detritos, avalancha de rocas y deslizamientos. Dentro de esta subunidad destacan:

Volcánico Ereo: describe a una secuencia volcánica que constituye la base del grupo de rocas volcánicas mesozoicas esencialmente. Está constituido por lavas andesíticas, brechas piroclásticas, lavas félsicas y derrames básicos.

Volcánico Shimbe: aflora específicamente alrededor de las Laguna Shimbe y conforma la parte alta de la cordillera occidental. Está constituido por andesitas lávicas y meta-andesitas.

Volcánico Oyotun: su secuencia tipo aflora en el valle de Zaña, está constituido por lavas andesíticas porfíricas.

Brechas (subunidad III-3)

Se presenta afectada por deslizamientos, derrumbes, flujos de detritos, movimientos complejos, reptación y flujos de detritos. Dentro de esta subunidad destacan:

Volcánico Huaypira: esta formación de edad plio-pleistoceno está situada a lo largo de la falla Huaypira. Está constituida por brechas piroclásticas.

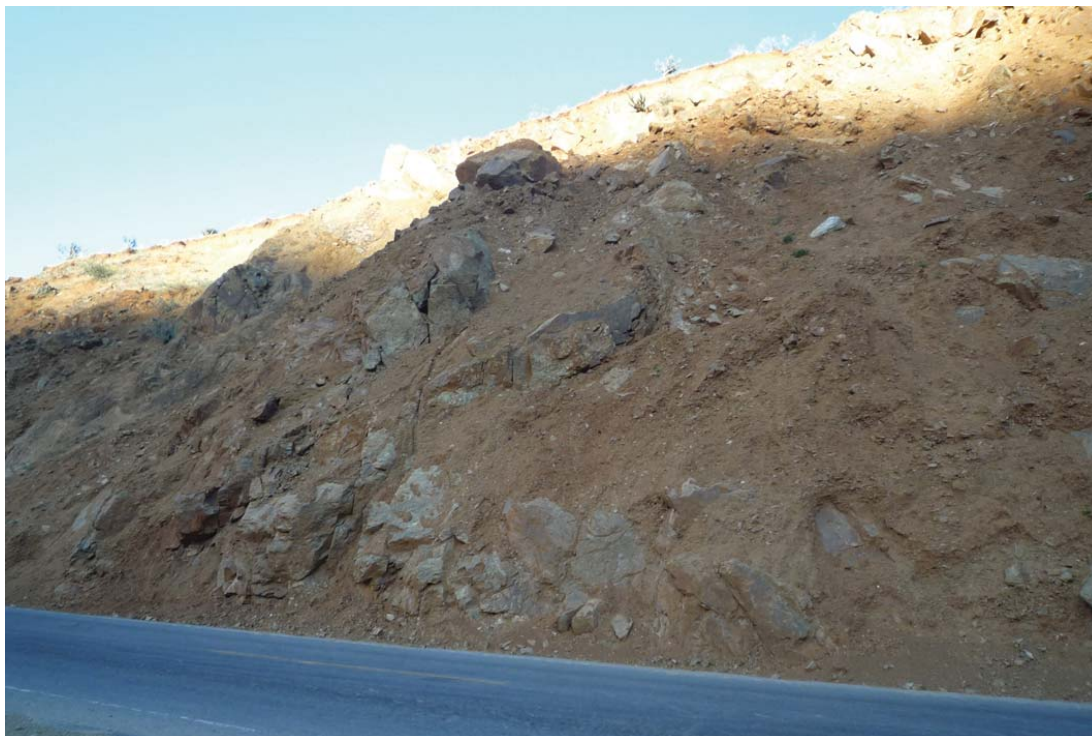
Volcánico Llama: brechas piroclásticas, andesitas, tobas (fotografías 3.10 y 3.11).

Rocas volcánico-sedimentarias (Unidad IV)

Esta unidad está constituida por secuencias clásticas volcánicas donde se tienen: bentonitas, tufos, aglomerados andesíticos, tobas, ignimbritas, brechas piroclásticas-andesíticas, andesitas piroclásticas. Los peligros geológicos de más recurrencia son los derrumbes, erosión de laderas y deslizamientos. Dentro de la unidad destacan las siguientes formaciones:

Volcánico Lancones: está constituido por una intercalación de areniscas, brechas piroclásticas, lutitas, conglomerados. La secuencia predominante es un flujo de rocas volcánicas (coladas lávicas-piroclastos), intercalados con lutitas negras (sector nororiental de la cuenca), son rocas grises y verdosas dispuestas en potentes bancos masivos afectados por fracturamiento vertical, aflora al norte del pueblo nuevo de Lancones y el este del caserío de Venados hasta pasar al flanco izquierdo del río Chira (fotografía 3.12). En el sector más oriental de Paimas–Ayabaca se presenta un evento volcánico más masivo continental que evidencia el levantamiento de la cuenca.

El volcánico La Bocana: está constituido por tres secuencias, la inferior conformada por lavas andesíticas, intercaladas con horizontes de lavas félsicas y delgados niveles lenticulares de



Fotografía 3.9 Tobas andesíticas del volcánico Porculla, carretera Olmos-Pucara km 49+620, junio de 2009



Fotografía 3.10 Volcánico Llama en la zona de Infiernillo, distrito de Sondor, Provincia de Huancabamba, Piura, mayo de 2009



Fotografía 3.11 Brechas piroclásticas y lavas masivas, del volcánico Llama, carretera Ayabaca-Espindola, provincia y distrito de Ayabaca, Piura, agosto de 2009



Fotografía 3.12 Unidad de rocas volcánico-sedimentarias aflora en un sector de la carretera Las Lomas-Suyo. Se observa una secuencia de lavas andesíticas

limolitas y calizas, la secuencia intermedia constituida por dacitas y andesitas con intercalaciones locales de rocas piroclásticas (tufo y tobas dacíticas) y sedimentos volcanoclásticos (limolitas, areniscas) y la secuencia superior constituida por rocas piroclásticas y andesitas almohadilladas.

La Formación San Pedro: está conformada por secuencias volcano-sedimentarias, de areniscas silicificadas de grano fino a medio, cherts, limo-arcillitas silicificadas, niveles de coladas lávicas presentando ocasionalmente lavas almohadilladas (fotografías 3.13), constituye la secuencia basal de la cuenca Lancones en el sector oriental.

Formación Chignia: es una secuencia de composición calcáreo-piroclástica, constituida en la parte inferior por intercalaciones de calizas areniscosas de grano fino, areniscas limosas en capas delgadas, intercaladas con cineritas; se intercalan también algunos horizontes de ignimbritas y areniscas calcáreas de matriz tobácea. En la parte intermedia se tienen esquistos sericiticos tobáceos, también se tiene calizas lodolíticas y cineritas blanco-violáceas muy fisibles. En la parte superior, se presentan paquetes duros de tobas lustrosas brechoides; la parte más alta consiste en margas gris claras, intercaladas con calizas. Aflora en el sector comprendido entre la quebrada Querpón (Cuadrángulo de Olmos) y los alrededores de Mamayaco (Cuadrángulo de Morropón), en el lado sur este de la región Piura.

Rocas sedimentarias (Unidad V)

Dentro de esta unidad se han distinguido las siguientes 7 subunidades:

Conglomerados, areniscas, lutitas, limolitas, lodolitas (Subunidad V-1):

Dentro de esta subunidad se presentan principalmente flujos de lodo, flujos de detritos, y algunas ocurrencias locales de deslizamientos, caídas y erosión fluvial. Este grupo está representado por las siguientes formaciones:

Formación Encuentros: constituida por lutitas, areniscas y conglomerados.

Grupo Salinas: constituida por lutitas y conglomerados.

Formación Jahuay Negro: constituida por lutitas, limolitas, conglomerados y areniscas.

Formación Tambo Grande: constituida por intercalaciones de areniscas, lodolitas y micro conglomerados.

Formación Talara: conformada por lutitas, conglomerados y areniscas (fotografía 3.14).

Formación Tortuga: constituida por conglomerados, lutitas, lodolitas y areniscas.



Fotografía 3.13 Formación San Pedro, conformada por areniscas y lutitas; carretera Chulucanas-San Pedro- Frías, agosto de 2009



Fotografía 3.14 Formación Talara suprayaciendo a la formación Chacra, quebrada Parinas, distrito de Talara, Piura

Formación Cerro Prieto: de edad Paleozoica constituida por metalutitas, areniscas, conglomerados.

Formación Chira: constituida por secuencias de lutitas, areniscas, conglomerados y limolitas.

Formación Verdum: constituido por areniscas, lutitas y conglomerados (fotografía 3.15).

Formación Palegreda: constituida por lutitas, areniscas limolíticas y limoarcillitas.

Formación Pariñas: compuesta por areniscas, conglomerados y lutitas.

Formación Huasimal: conformada por lodolitas y areniscas.

Formación Sávila: conformada por areniscas y lodolitas.

Formación Tinajones: conformada por areniscas, microconglomerados, limolitas y calizas.

Areniscas, conglomerados (Subunidad V-2):

Esta unidad está conformada por rocas clásticas constituidas por intercalaciones de areniscas y conglomerados. Las rocas de esta subunidad se encuentran poco afectadas por movimientos en masa;

sin embargo, es posible encontrar zonas con procesos de erosión de laderas, flujos de lodo y huaycos. Dentro de este grupo destacan:

Formación Miramar: constituida por secuencias de areniscas y conglomerados (fotografía 3.16).

Formación Gigantal: constituida por conglomerados.

Formación Yapatera: conformada por conglomerados con rodados de cuarcita y arenisca arcósica.

Formación Tablones: constituido por secuencias de conglomerados y areniscas.

Esta subunidad puede aparecer afectada por derrumbes locales, flujos de detritos, avalancha de rocas y movimientos complejos. Esta subunidad está representada por (fotografía 3.17):

Formación Muerto: constituida por la intercalación de calcilutitas, calizas, lutitas, areniscas calcáreas y limolitas

Formación Pananga: constituida por calizas y areniscas.

Formación Inca-Chulec: conformada por calizas, areniscas y conglomerados.

Formación La Mesa: conocida también como «Calizas La Mesa», conformada por calizas, areniscas y limolitas.



Fotografía 3.15 Afloramiento de la formación Verdúm, en el sector de Luis Alva Castro, distrito y provincia de Talara, Piura, octubre de 2009



Fotografía 3.16 Afloramiento de parte de la formación Miramar conformada por areniscas y conglomerados, en el cerro San Francisco, distrito de Querecotillo, provincia de Sullana, región Piura



Fotografía 3.17 Subunidad V-3, aflora en la quebrada Huatería, distrito de Lancones, provincia de Sullana, región Piura

Areniscas, cuarcitas y lutitas (Subunidad V-4):

En esta subunidad predominan los derrumbes, escasos flujos de detritos, avalancha de rocas y movimientos complejos. Dentro de este grupo destacan:

Grupo Goyllarisquizga: compuesta por limolitas, lutitas y areniscas cuarzosas (fotografía 3.18).

Formación Chimú: compuesta por cuarcitas y lutitas.

Formación Chaleco de Paño: conformada por cuarcitas, areniscas y limolitas.

Areniscas y lutitas (Subunidad V-5):

Esta subunidad puede aparecer afectada por fenómenos de erosión de laderas que acarrear flujos de lodo y algunos deslizamientos.

En esta subunidad destacan:

Formación Chacra: compuesta por lutitas y areniscas gris oscuras.

Formación Pazul: conformada por lutitas, lodolitas y areniscas.

Formación Palaus: conformada por limolitas, areniscas calcáreas y lutitas.

Formación Montera: conformada por lutitas y areniscas.

Formación Zapallal: (Miembro Superior) conformada por lutitas y areniscas.

Calizas y calizas margosas (Subunidad V-6):

Dentro de esta subunidad no se han identificado grandes eventos de movimientos en masa, pero no se descarta la ocurrencia de pequeños eventos locales. Esta subunidad está representado por:

Formación La Leche: conformada por calizas y calizas margosas.

Areniscas calcáreas (Subunidad V-7):

Tampoco se registraron eventos grandes, aunque se pueden encontrar eventos pequeños. Dentro de esta subunidad destaca:

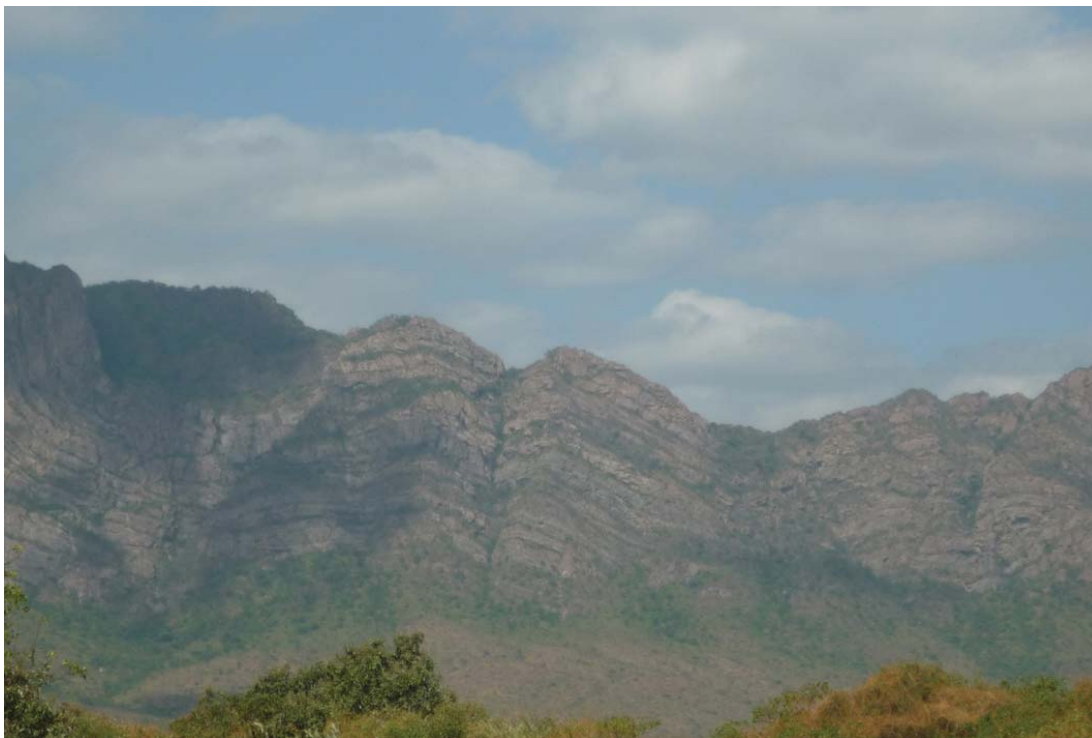
Formación Hornillos: conformada por areniscas calcáreas, contiene varias faunas de lamelibranquios.

Rocas metamórficas (Unidad VI)

Esta unidad esta representada por rocas de tipo esquistos, gneis, pizarras, filitas, cuarcitas y cornubianitas, por lo que ha sido dividido en cuatro subunidades.

Esquistos (Subunidad VI-1):

Estos afloran en el extremo oriental de la región principalmente. Dentro de esta subunidad se ha encontrado la predominancia de deslizamientos, derrumbes, flujos de detritos, movimientos complejos y procesos de erosión de laderas.



Fotografía 3.18 Secuencia sedimentaria del Grupo Goyllarisquizga, sector cerro el Virrey, carretera Piura-Olmos, en la base se tiene a la formación Salas, que conforma relieves más suaves, junio de 2009

Complejo Olmos: constituido por esquistos de clorita y muscovita, esquistos cuarzosos (fotografía 3.19).

Gneis (Subunidad VI-2):

Afloran principalmente en el extremo oeste de la región, específicamente en los cerros Illescas. Puede aparecer afectada por pequeños flujos de detritos. Dentro de esta subunidad destacan:

Complejo Maraón: conformada por gneis bandeados de composición tonalítica, con textura granobasáltica.

Complejo Basal de la Costa: conformada por gneis.

Filitas, pizarras y cuarcitas (Subunidad VI-3):

Dentro de esta subunidad se han identificado movimientos en masa de tipo deslizamientos, flujo de detritos, movimientos complejos, avalancha de rocas antiguas, procesos de reptación de suelos, flujos de tierra y también erosión de laderas. Dentro de esta subunidad destacan:

Formación Río Seco: constituida por cuarcitas, se intercalan filitas tobáceas y pizarras.

El Grupo Salas: constituida por filitas, tobas pizarrosas y cuarcitas.

Indiviso: Filitas, cuarcitas, pizarras negras esquistosas, bandeamientos de cuarzo, esquistos pelíticos micáceos, y anfibolita (fotografía 3.20).

Esquistos, pizarras y cuarcitas (Subunidad VI-4):

Dentro de esta subunidad no se registraron grandes eventos de movimientos en masa, sin embargo, pueden ser afectados por eventos locales pequeños. Dentro de esta subunidad destaca:

Formación Cerro Negro: conformada por esquistos micáceos, cornubianitas, esquistos manchados, cuarcitas oscuras y pizarras negras.



Fotografía 3.19 Afloramiento de esquistos del Complejo Olmos, altura del km 55 de la carretera Olmos-Pucará, distrito de Huarmaca, provincia de Huancabamba, Piura



Fotografía 3.20 Afloramiento de Pizarras y filitas en la Silla de Paita, provincia de Paita, región Piura

CAPÍTULO IV

ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS

POR: FLUQUER PEÑA LAUREANO

GENERALIDADES

El mapa hidrogeológico de la región Piura resume los aspectos más relevantes de las formaciones geológicas que afloran en la región incidiendo en su capacidad de almacenamiento y transmisibilidad de aguas subterráneas que tienen las rocas y suelos. La caracterización hidrogeológica, que considera una formación geológica como acuífero, acuitardo, acuícludo o acuífugo, se ha determinado considerando un análisis detallado de dos variables importantes: las características actuales de la litología y el comportamiento permeable o impermeable de las formaciones geológicas. El mapa hidrogeológico elaborado constituye una de las variables para la sistematización final de los estudios geoambientales que se elabora en el presente boletín.

La región Piura, que se ubica en el extremo norte del país, es una de las regiones más extensas de la vertiente del Pacífico, posee aproximadamente 35 892.49 km² donde la mayor parte es territorio costero, exclusivamente llano, cuyos ríos tienen un régimen muy variable y dinámico que se intensifica con la presencia del fenómeno de El Niño. Existe una zona montañosa con menor área, en el sector norte y oriental de la región, donde se presenta la mayor parte de la precipitación pluvial, el cual constituye la principal fuente de alimentación y recarga tanto superficial como subterránea que tienen los recursos hídricos de la región. Desde la zona montañosa discurren los ríos Piura y Chira, que irrigan las extensas zonas de cultivo de la planicie costera, donde también se extiende un gran desierto y el bosque seco ecuatorial. Las interacciones que se desarrollan con el discurrir de los ríos y el riego de zonas agrícolas, constituye una de las fuentes de alimentación y recarga de los principales reservorios acuíferos que tiene la región.

Las llanuras desérticas, como el desierto de Sechura, ubicado al sur de la región, posee la mayor extensión que tienen de los desiertos peruanos, aquí se encuentra la depresión de Bayovar que es la zona más baja del territorio peruano que desciende algunos metros por debajo del nivel del mar. Estos materiales, por lo general, son permeables, están conformados por depósitos porosos no consolidados, transportados y removidos, que derivan de la ocurrencia de grandes procesos geológicos, geomorfológicos y climáticos ocurridos en el tiempo geológico los cuales generaron

grandes condiciones para formar reservorios acuíferos en depósitos porosos no consolidados.

La presencia de los tablazos y formaciones geológicas con edades diferentes, que han formado relieves con terrazas fluviales y aluviales, conforman las diversas unidades de rocas sedimentarias que se encuentran desde el litoral y llanura costera hasta los contrafuertes andinos del occidente, litológicamente tienen el predominio de rocas sedimentarias y en su mayoría permeables.

En forma general, gran parte de los depósitos están constituidos por materiales rocosos Plio-cuaternarios de características detríticas y permeables (mixturas de arenas, arcillas, margas con restos de conchas y otros organismos marinos, gravas y depósitos evaporíticos) que cubren la zona desértica de las provincias de Sechura, Paita, y extensos campos de la provincia de Sullana, Piura, Talara y Chulucanas como son, los tablazos marinos, depósitos eólicos, fluvio-aluviales, abanicos aluviales, valles de los ríos Chira, Piura y suelos agrícolas como San Lorenzo. En el mapa hidrogeológico, estos materiales fueron clasificados como Acuíferos Porosos No Consolidados 1 y 2, además de los Acuíferos Sedimentarios, resaltando la gran importancia que tiene estos materiales al formar acuíferos de alcance regional. Existen también unidades sedimentarias del terciario con afloramientos en las cuencas de Talara, Sechura y parte de Lancones, considerados como acuíferos fisurados sedimentarios y acuitardos. Asociados a las rocas sedimentarias costeras, encontramos un gran potencial de recursos mineros industriales como son, fosfatos, calcáreos, sulfatos, salmueras, arcillas, materiales de construcción, tierras agrícolas y sobre todo aguas subterráneas que generan alternativas en la economía de la región, además de reservorios de petróleo en las formaciones sedimentarias del terciario. Las rocas de edad precambriana son rocas de metamorfismo regional; ocupan la menor proporción del territorio, su característica principal es impermeable, constituyen el basamento cristalino sobre el cual se depositaron de manera sucesiva las otras series rocosas más jóvenes. Nuestra clasificación hidrogeológica considera a estas rocas como acuícludo y acuífugo, constituyendo el substrato base o piso de los principales acuíferos. Las rocas ígneas del batolito de la costa y los intrusivos indeterminados constituyen también

materiales impermeables de escaso interés hidrogeológico y clasificado como acuitardo.

La hidrogeología en toda la región Piura no ha sido estudiada aun con detalle, solamente existe información hidrogeológica de los acuíferos porosos no consolidados del piso de valle, donde la Autoridad Nacional del Agua - ANA (ex INRENA) ha registrado más de 2146 pozos que sirven para el abastecimiento doméstico, agricultura, pecuario e industrial (García, 2008).

El presente mapa hidrogeológico contempla toda la región Piura. Se realizó a partir de un análisis de litopermeabilidades, con el objetivo de zonificar las formaciones geológicas más favorables al almacenamiento y circulación de aguas subterráneas. La hidrogeología en la parte alta, donde las mayores cumbres alcanzan los 3700 msnm, el paso de Porculla ubicado en el extremo sureste que tiene 2131msnm y el abra más baja de los Andes Peruanos y otros sectores andinos, no tienen estudios detallados. La información que presentamos debe complementarse con un inventario detallado de fuentes (manantiales aniegos, fuentes termales, galerías, etc.), análisis físicoquímicos de fuentes, pruebas hidráulicas e investigación geofísica, los cuales ayudarán a zonificar con mayor precisión y detalle geometrías, cuerpos y, principalmente, parámetros hidrogeológicos de los acuíferos fisurados.

FORMACIONES HIDROGEOLÓGICAS DE LA REGIÓN PIURA

Los acuíferos principales de la región se encuentran en depósitos porosos no consolidados y, en menor proporción, en acuíferos fisurados. Las unidades que afloran en la región Piura según su litología, estructuras y sus parámetros hidrogeológicos (porosidad y permeabilidad) fueron clasificadas de la siguiente manera (ver mapa hidrogeológico).

Acuíferos

Son formaciones geológicas con capacidad de almacenar y transmitir aguas subterráneas a través de sus fracturas, poros y la interconexión entre estas.

Para la región Piura se realizó la siguiente clasificación hidrogeológica de los acuíferos tomando en consideración las formaciones geológicas como unidad de análisis:

- a. Acuíferos Porosos No consolidados APNC 1
- b. Acuíferos Porosos No consolidados APNC 2
- c. Acuíferos Sedimentarios
- d. Acuíferos Fisurado Sedimentarios
- e. Acuíferos Fisurado Volcánico
- f. Acuíferos Fisurado Volcánico – Sedimentario.

a.- Acuíferos Porosos No Consolidados APNC-1

Dentro de esta importante unidad hidrogeológica se encuentra la llanura y desembocadura de los ríos Chira, Piura, Pariñas y parte de la margen izquierda de la cuenca Fernandez, los mismos que interactúan con los acuíferos por medio de los cursos fluviales. En sectores de gran variabilidad en el cauce, donde aumenta y disminuye el caudal de los ríos, de acuerdo al periodo lluvioso, los cursos de agua alimentan y descargan aguas subterráneas de los acuíferos porosos no consolidados, que se encuentran adyacentes a los ríos principales. Tienen como componente litológica principal las gravas arenosas, con intercalaciones de limos, arcillas y arena. Las gravas poseen buena porosidad y alta permeabilidad, lo cual favorece al almacenamiento y circulación de aguas subterráneas y constituye el componente principal de los reservorios acuíferos.

En los sistemas ecológicos de la llanura costera de Piura, los recursos hídricos superficiales y subterráneos influyen en la generación de peligros geológicos como inundaciones, licuefacciones, hundimientos, sumideros y por acción eólica migraciones de arena.

El Acuífero Poroso No consolidado APNC-1, de extensión regional ha sido dividido en tres sectores de acuerdo al tipo de acuífero y a su disponibilidad de recursos hídricos subterráneos (cuadro 4.1).

Cuadro 4.1
Disponibilidad de Aguas Subterráneas en el Acuífero Poroso No Consolidado 1

Lugar	Acuífero	Tipo de Acuífero	N° de Pozos	Volumen de Explotación MMC/año	Reservas MMC/año
Bajo Piura	Poroso No Consolidado	Libre	219	250	360
	Poroso No Consolidado	Confinado		56	
Alto Piura	Poroso No Consolidado	Libre	1 545	187	187
Chira	Poroso No Consolidado	Libre	382	250	250
TOTAL			2 146	743	797

Fuente: INRENA 2002.

Según el cuadro 4.1, los acuíferos del Bajo Piura se caracterizan por ser de dos tipos: el primero se ubica en la parte superior, es del tipo libre y el material predominante son horizontes de arena de grano fino con limos y arcillas; excepcionalmente tienen estratos de gravas arenosas muy productivas. Los niveles piezométricos en estos acuíferos son variables; en la parte baja se encuentra aflorando en superficie, con variación hacia el este en 2 m de profundidad, en una extensión considerable de 355 km². El otro es un acuífero del tipo confinado o cautivo. Son horizontes de arenas finas con intercalaciones de limos y bancos de arcilla, se encuentra limitado por las diatomitas tobáceas del acuitardo Zapallal. El techo de este acuífero se encuentra a una profundidad cercana a los 100 m de profundidad. La presión hidráulica que ejercen los estratos confinantes hace que los niveles piezométricos sean variables en profundidad, es decir, se encuentran entre 70 y 150 m (Rojas & Ibáñez, 2003, en Memoria Hidrogeológica de la ZEE de la región Piura, 2008). Según el trabajo de ATA-INADE (en Memoria Hidrogeológica de la ZEE de la región Piura, 2008) el acuífero libre tiene un potencial explotable de 250 MMC/año, sin embargo, está condicionado por su calidad. El elevado contenido de sales, donde la conductividad eléctrica se encuentra entre 0.8 mS/cm (20°C) y 4 mS/cm (20°), nos indican que estas aguas no son aptas para desarrollar cultivos susceptibles; pero si se podría utilizar en un proyecto de desarrollo forestal en el desierto de Sechura, donde el desarrollo del algarrobo podría ser una alternativa, cultivos como el algodón, alfalfa, espárragos, que soportan con buenos rendimientos con estos niveles de salinidad en las aguas. El reservorio acuífero confinado del valle Bajo Piura es muy extenso, se extiende desde el valle de Olmos hasta el valle del Chira y desde los contrafuertes andinos hasta el litoral; por consiguiente tiene importantes reservas de agua subterránea, sin embargo; no se conoce ni el origen, ni la magnitud de su recarga, por consiguiente; no se puede proyectar una explotación a gran escala, restringiendo su explotación sólo para satisfacer el requerimiento doméstico de las ciudades de Piura, Catacaos y poblados menores del Bajo Piura. Según el Instituto Nacional de Recursos Naturales (Instituto Nacional de Recursos Naturales, 2004), este acuífero, arroja un volumen de explotación anual de 56 MMC. En el Bajo Piura se han registrado 219 pozos, de los cuales 165 son tubulares y 54 a tajo abierto. Por otro lado, del total de pozos; 104 se encuentran en estado utilizado, 55 utilizables y 60 en estado no utilizable. Del total de pozos utilizados (funcionando), 2 son para riego, 96 de uso doméstico y 6 de uso industrial.

Los acuíferos del Alto Piura están constituidos por sedimentos fluviales y aluviales no consolidados que han sido transportados y depositados por el río Piura y sus afluentes: Huarmaca, Pusalca, Bigote, Charanal, Corral del Medio, Las Damas, Yapatera y río Sancor. La potencia del reservorio acuífero se encuentra entre 46

y 153 m, el nivel piezométrico varía de 0.5 a 46 m de profundidad, fluctuando desde 0.5 a 11 m en los años húmedos (Rojas & Ibáñez, 2003, en Memoria Hidrogeológica de la ZEE de la región Piura, 2008). En un tramo del valle, ubicado entre Tambogrande y Serrán, existe una superficie de 542.7 km² que se caracteriza por disponer reservas explotables de 187 MMC/año (Instituto Nacional de Recursos Naturales, 2002). Según la Intendencia de Recursos Hídricos y la administración técnica del distrito de riego Alto Piura Huancabamba del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA, 2002), actualmente se explota un volumen anual de 35.70 MMC/año. El estudio comprendió desde el sector Piedra Azul ubicado en la parte alta del valle (distrito San Miguel del Faique) hasta Malingas parte baja del valle (distrito de Tambogrande) y abarcó los distritos de Salitral, La Matanza, San Juan de Bigotes, Buenos Aires, Morropón y Chulucanas. En el Alto Piura se inventariaron un total de 1 545.00 pozos, distribuidos en las provincias de Piura (30 pozos), Morropón (1 444 pozos) y Huancabamba (71 pozos), en el mismo se pudo observar que el distrito de Chulucanas es el que cuenta con la mayor cantidad de pozos (867 pozos) y el distrito de San Miguel del Faique con la menor cantidad (16 pozos). El volumen explotado es de 35.70 MMC, de los cuales 8.19 MMC corresponden al uso doméstico, 27.47 MMC al uso agrícola, 0,04 MMC al uso pecuario y 0,01 MMC al uso industrial. El volumen de explotación de aguas subterránea en el Alto Piura no se ha mantenido constante en el tiempo, por el contrario, ha sufrido una disminución progresiva de 108.10 MMC en el año 1978 a 35.70 MMC en el año 2002. De igual manera el caudal continuo disminuyó de 3.43 l/s en el año 1978 a 1.13 l/s en el año 2002.

El acuífero del valle del Chira, está compuesto principalmente de gravas arenosas, horizontes de arena fina, arcillas y limos, tiene características de ser un acuífero libre y en pequeños sectores semiconfinado. El Proyecto Chira-Piura (en memoria hidrogeológica de la ZEE de la región Piura, 2008); menciona que el acuífero es productivo, el volumen de explotación anual es de 250 MMC. Son aguas ligeramente salinas aunque de mejor calidad que el acuífero del Bajo Piura. En el sistema Chira y subcuenca Quiroz, se explotan 347 pozos someros (tajo abierto), 35 pozos profundos y un manantial para usos doméstico, agrario e industrial, con un volumen anual de 11.49 MMC. La reserva aprovechable de agua subterránea en los valles Chira Piura, sin considerar el Alto Piura, es de 556 MMC anuales; como la explotación actual es aproximadamente de 38.19 MMC anuales, la diferencia aprovechable es de aproximadamente 517.81 MMC anuales. La región Piura dispone de una reserva total aprovechable de agua subterránea de 743.20 MMC/año, dividido 250 MMC/año para el valle Chira Piura, 306 MMC/año para los valles Medio y Bajo Piura y 187.20 para el valle Alto Piura.

La explotación de los acuíferos libres del Bajo Piura y Chira es aun limitada debido a la disponibilidad de grandes volúmenes de aguas superficiales provenientes del embalse Poechos.

b.- Acuíferos Porosos No Consolidados APNC-2

Se han considerado como acuíferos porosos no consolidados APNC-2 a los materiales semi consolidados ubicados en forma de plataforma en la llanura desértica de Piura, los denominados tablazos. Estos materiales tienen características permeables y semipermeables, el tablazo Lobitos, constituido de depósitos marinos de edad pleistocénica que se extiende desde Paita hasta la localidad de lobitos, tiene como litología principal a los conglomerados poco consolidados con cantos esporádicos de gravas y cantos rodados angulosos en matriz arenosa. El tablazo Talara es la plataforma pleistocénica más alta de la llanura desértica. Se extiende en las inmediaciones de Talara, Paita y al sur de la región Piura. Está constituida por conglomerados lumaquéllicos o lumaquelas no consolidados en matriz arenosa y salina, tiene forma de costra sedimentaria y grosor de 3 metros promedio. El tablazo Máncora se extiende al sur de Los Organos y Máncora; su componente litológico lo conforman las areniscas de grano fino a grueso con matrices abigarradas por meteorización, se presentan en estratos bien definidos y tienen niveles lenticulares de conglomerados de matriz arcillosa.

El componente permeable y semipermeable de estos materiales, se pone de manifiesto cada vez que ocurre el fenómeno de El Niño, cuando los flujos de agua subterránea convergen hacia un punto de surgencia natural, originando un modelo de drenaje flabeliforme (variedad del dendrítico), los mismos que dan lugar a zonas anegadas, lugares encharcados y bofedales temporales.

c.- Acuíferos Sedimentarios-AS

Estos materiales son heterogéneos, lo componen los conglomerados con clastos redondeados a subredondeados en una matriz de arcillas, limos y arenas. La presencia de limos y arcillas en la matriz reduce la permeabilidad efectiva de estos materiales pero no lo anula. Los clastos son de areniscas grises, marrones y blanquecinas de grano medio a grueso, friables mal seleccionados, intercalados con lutitas. Se distinguen también limo arcillitas, limolitas grises y areniscas blancas a marrón rojizas. Todas estas litologías se clasifican como materiales sedimentarios permeables, con porosidad primaria importante. Las formaciones geológicas consideradas dentro de esta clasificación son:

Acuífero Sedimentario Miramar AS-Mr

Constituido principalmente por arenas, areniscas grises inconsolidados y pigmentados con óxido de Fe en un 90 %. Son materiales permeables por porosidad primaria considerados como acuíferos pobres de extensión local. Los espacios vacíos entre

granos de arena y gravas generan condiciones para el movimiento de las aguas subterráneas, pero este material no es uniforme en toda la formación, en consecuencia, el componente acuífero de estos materiales es limitado. Esta formación se puede observar en el sur de la región Piura, en franjas delgadas, también al lado oeste de Rinconada Llicuaz en otra franja muy delgada. Al lado oeste de Piura y Catacaos se observan a ambos lados de la vía Piura–Paita, en las inmediaciones de San Jacinto y en una franja entre Marcavelica y Querecotillo.

Acuífero Sedimentario Mirador AS-Mi

Compuesta principalmente por conglomerados de cuarcitas en una matriz arenosa, la parte superior son areniscas arcóscas de grano grueso. Estos materiales poseen buena permeabilidad intergranular, por lo tanto tiene características de ser acuíferos, pero su extensión delgada y un tanto reducida condiciona la escasa existencia de aguas subterráneas. Aflora en la quebrada Máncora, Carpitay y fue reconocida en Punta Bravo (Chalco, 1955). Se han considerado a estos materiales como acuíferos sedimentarios de extensión local y baja productividad.

Acuífero Sedimentario Tambo Grande AS-TaGr

Su litología principal lo componen las areniscas poco consolidadas de color blanco grisáceo, es una secuencia de sedimentación continental, tiene niveles de lodolitas, areniscas tobáceas y conglomerados. Esta litología es característica de materiales permeables, por lo tanto esta formación ha sido considerada como acuíferos porosos sedimentarios de regular extensión. Afloran en el sector de Tambo Grande y se extiende por el valle de los Incas, Malingas por el este y hasta la represa Poechos por el suroeste.

Acuífero Sedimentario Montera AS-Mo

La parte inferior consiste de bancos gruesos de areniscas de grano grueso a medio los cuales tienen color gris-beige y amarillo grisáceo, y poseen granos de cuarzo, feldespatos y minerales máficos. Los granos de cuarzo tienen porosidad primaria, los cuales se consideran como acuíferos sedimentarios; sin embargo, la coloración amarillo grisáceo puede indicar que las aguas en contacto con estos materiales tengan cierto grado de salinidad o conductividad eléctrica elevada. Se presentan también en estructuras lenticulares de conglomerados y arenas de grano fino limonitizadas, los cuales también son permeables por porosidad intergranular. Por sectores el acuífero Montera tiene una alternancia de areniscas blanquecinas friables; parcialmente microconglomerádicas con presencia de conchas, turrítellas, gasterópodos y lamelibrancios. Hacia la parte superior tienen conglomerados rojizos de cuarcitas y rocas metamórficas en matriz areno-arcillosa, los cuales le otorgan cierto grado de impermeabilidad y es importante para la formación de acuíferos del tipo confinado, ya que estos materiales son el techo impermeable

que funciona como umbral hidráulico. En forma conjunta se consideran como acuíferos sedimentarios de extensión local, aflora en los acantilados marinos de Bayovar, Punta Tric-trac, Talara y Punta Zorro en franjas delgadas, alrededores de Sechura y en la quebrada Montera, flanco oriental del macizo Illescas, además se observa muy cerca de Sechura.

Acuífero Sedimentario Pariñas AS-Pa

Son areniscas bien clasificadas, conglomerados y lutitas; contienen abundantes troncos de madera petrificada cuyos diámetros alcanzan hasta 60 cm y sus longitudes son variables entre 2 a 6 metros. Estos materiales se consideran como acuíferos sedimentarios debido a la presencia de areniscas y conglomerados, que se encuentran bien clasificados otorgándole porosidad primaria importante. Aflora en los alrededores de Negritos en extensiones locales y con una topografía relativamente escarpada.

Acuífero Sedimentario Yapaera AS-Ya y Acuífero Sedimentario Hornillos AS-Ho

La litología predominante en ambas formaciones son los conglomerados, en el caso del acuífero Yapatera los clastos de los conglomerados son de basaltos y cuarcitas intercalados con areniscas tobáceas, y en el acuífero Hornillos los conglomerados tienen cuarcita y fragmentos bioclásticos en una matriz arenosa. Estas condiciones litológicas de los materiales le otorgan permeabilidad intergranular, por lo tanto, se han considerado como acuíferos sedimentarios no consolidados de extensión local y escasa a baja productividad. El acuífero Yapatera aflora en las inmediaciones de Chulucanas y en tres afloramientos pequeños algo dispersos muy cerca de Sapillica. El acuífero Hornillos aflora en la parte baja del cerro Los Hornillos (sector oriental de Illescas), donde cubre con discordancia erosional a la Formación Montera. Sus afloramientos dan lugar a relieves de mesetas como se observa en el cerro Los Buitres y en la depresión Salina Grande donde yace sobre la Formación Zapallal. En el cerro la Puntilla cubre a la Formación Miramar. En todos estos sectores la litología que compone este acuífero tiene características permeables de baja a moderada porosidad.

d.- Acuíferos Fisurado Sedimentarios-AFS

Estos materiales tienen como litología principal a las areniscas, en secuencias gruesas que van haciéndose regulares. Por sectores, se encuentran con estratificación en paquetes gruesos con niveles de grano medio a grueso. Su permeabilidad es alta por fisuras y su porosidad se encuentra entre 4 a 30%. Estructuralmente esta afectado por pliegues anticlinales y sinclinales que favorecen a la formación de porosidad secundaria de fisuras. El almacenamiento y la circulación del agua subterránea en estas formaciones están condicionados por la presencia de tectónica local y regional que se manifiestan por la presencia de fracturas, fallas, pliegues y

diaclasas. Las formaciones geológicas que fueron consideradas como acuíferos fisurados sedimentarios son:

Acuífero Fisurado Sedimentario Salinas AFS-S

Su litología principal lo componen areniscas micáceas de grano fino, color verde a marrón grisáceo; se intercalan con calizas de textura gruesa y conglomerados púrpura oscuro; hacia el tope varían a lutitas pizarrosas, contiene un banco de conglomerado conocido como conglomerado Mogollón. Estas características nos permiten clasificar a la Formación Salinas como acuíferos permeables de extensión local alargada pero de escasa productividad. Aflora en forma puntual en el sector de Las Salinas (Negritos) y se extiende por las estribaciones noroccidentales de Los Amotapes, en forma alargada en ambos márgenes de la quebrada Pariñas.

Acuíferos Fisurado Sedimentario Pazul AFS-Pa

Está constituido en la base por calizas, lodolitas friables y astillosas de color gris plomizo con nódulos de calizas negras con calcita. En el sector de Pazul, se encuentra conformando estructuras plegadas que yace en discordancia con los conglomerados del Terciario. Estos materiales favorecen a la circulación de aguas subterráneas principalmente a través de las fracturas y diaclasas que tienen las calizas y las areniscas, por lo cual se les ha considerado como acuíferos permeables de extensión local y escasa productividad. Estos materiales se observan en ambos márgenes de la quebrada Pazul, en afloramientos rocosos y permeables.

Acuífero Fisurado Sedimentario Tablones AFS-Ta

Se encuentran compuestos por conglomerados grises, con cuarcitas, filitas, esquistos, areniscas y calizas en matriz arcósica; al tope se intercalan con areniscas que gradan a lutitas de la Formación Pazul. Esta formación adquiere porosidad secundaria producto de los movimientos tectónicos que se produjeron en esta zona. Las areniscas, conglomerados y cuarcitas constituyen los principales acuíferos fisurados producto de su alta permeabilidad por las fracturas. Tiene extensión local y moderada productividad, sus afloramientos más representativos se encuentran en dos sectores; en la parte media de la quebrada Pazul (margen izquierda) y en la parte superior entre Quebrada Seca y quebrada Don Juan.

Acuífero Fisurado Sedimentario Jahuary Negro AFS-JaNe

Fue definida en la quebrada Jaguary Negro y se estima un espesor de 700 metros. Su litología está conformada por una secuencia de areniscas feldespáticas grano fino a medio y grauvacas grises, contienen concreciones esféricas calcáreas; en algunos sectores se intercalan con brechas volcánicas andesíticas y tobas. Estos materiales tienen permeabilidad secundaria producto de las fracturas

que tienen las areniscas feldespáticas; por lo tanto se clasifican como acuíferos fisurados de comportamiento permeable. Aflora en la parte alta de Talara, al noroeste de Lancones en una considerable e irregular extensión.

Acuíferos Fisurado Sedimentario Chimú AFS-Chi

Es uno de los acuíferos de mayor importancia en el norte del país, se encuentra compuesta de areniscas cuarzosa de grano fino a grueso, altamente fracturado, los cuales generan grandes condiciones para el almacenamiento y transmisibilidad de aguas subterráneas en su interior. Sin embargo en la región Piura aflora en forma puntual, en la parte alta de río Piura en uno de los afluentes de la margen izquierda.

Acuífero Fisurado Sedimentario Goyllarisquizza AFS-Go

Están compuestos principalmente de bancos masivos de cuarcita de grano fino a medio, muy similar al acuífero Chimú. Tiene un comportamiento permeable a través de las fisuras y fracturas de las areniscas cuarzosas; por lo tanto son considerados como acuíferos fisurados de moderada productividad. Aflora en las nacientes del río Piura, en una extensión regional, principalmente en las quebradas Seco, Gramadal, Laguna del Pato, etc. En este sector el acuífero Goyllarisquizza se encuentra muy fracturado por la presencia de numerosos pliegues (anticlinales y sinclinales), fallas inversas y normales, producto del alto tectonismo ocurrido en el mesozoico. Estas condiciones son muy importantes para la hidrogeología ya que condicionan y favorecen el almacenamiento y circulación de aguas subterráneas.

Acuífero Fisurado Sedimentario Tinajones AFS-Ti

Compuesta principalmente por rocas arenáceas, en sectores brechas piroclásticas, conglomerados y calizas impuras, las mismas que poseen cierto grado de permeabilidad a través de sus fracturas. El acuífero fisurado Tinajones tiene reducida a mínima extensión, por lo cual no es importante desde el punto de vista hidrogeológico. Aflora en la parte alta del límite oriental de la región Piura.

Acuíferos Fisurados Sedimentarios Sávila AFS-Sa y La Leche AFS-Lale.

Estos acuíferos tienen en común, su litología y su extensión. Están compuestas principalmente de areniscas de grano fino. La Formación Sávila tiene matriz limosa y la Formación La Leche se intercala con calizas bituminosas. Estas características de los materiales no impide su permeabilidad por que tienen alto grado de fracturamiento convirtiéndolo en acuíferos fisurados; sin embargo, los afloramientos de estos acuíferos son mínimos, se limitan a una pequeña y restringida extensión en la parte alta del límite suroriental de la región Piura, por lo cual pierden su importancia de formar buenos reservorios acuíferos.

Acuíferos Fisurados Sedimentarios Río Seco AFS-RiSe y Chaleco de Paño AFS-ChaPa

La litología principal de estas formaciones lo conforman las areniscas cuarzosas de grano fino a medio, en el caso de la Formación La Leche las areniscas se intercalan con ortocuarzitas recristalizadas de características metamórficas que yace de manera concordante sobre el Grupo Salas. En el caso de la Formación Chaleco de Paño es una secuencia metamórfica color gris verdoso constituido por areniscas cuarzosas color gris verdoso, grano fino con lutitas y limolitas de aspecto pizarroso; se intercalan con cuarcitas de grano fino. En ambas formaciones el componente litológico y estructural (material totalmente fracturado) permite clasificar a estas formaciones en acuíferos fisurados de gran extensión. El acuífero Río Seco aflora en la parte alta del sector oriental de Piura en afloramientos alargados de dirección norte sur. Sus afloramientos más separados se encuentran muy cerca de Huancabamba, entre San Miguel del Fraile y Sapalache donde se encuentran asociados y limitados por fallas y lineamientos estructurales que normalmente tienen comportamiento hidráulico frente al movimiento de las aguas subterráneas. En la parte más baja aflora en los alrededores de Morropón en extensiones más reducidas y algo redondeadas. El acuífero Chaleco de Paño con sus características permeables y con condiciones de formar buenos acuíferos fisurados aflora en el sector norte de la región en ambas márgenes de la quebrada Pariñas, tiene una regular extensión y alta transmisibilidad, por lo tanto, son buenos acuíferos fisurados.

e.- Acuíferos Fisurados Volcánicos – AFS

Acuífero Fisurado Volcánico Huaypira AFV-Hu

La representación litológica más importante del acuífero Huaypira son los piroclásticos de naturaleza andesítica color gris violáceo a morado silicificados con presencia de calcedonia, epidota, clorita, limonita y algo de baritina, los mismos que forman parte de una serie de conos volcánicos piroclásticos que se alinean con la falla Huaypirá. Estas rocas se encuentran totalmente fracturadas, falladas y diaclasadas otorgándole una permeabilidad secundaria importante. Afloran en forma puntual y muy reducida lo que minimiza su capacidad de almacenamiento y transmisibilidad de aguas subterráneas. Se puede observar al sur este del poblado de Lancones, en la parte superior y cubriendo al volcánico Lancones.

Acuífero Fisurado Volcánico Shimbe AFV-Sh

Desde el punto de vista litológico constituyen bancos masivos subhorizontales de andesitas lávicas, meta-andesitas y tobas andesíticas de color gris verdoso, generalmente con algo de pirita. Las tobas contienen fragmentos líticos, plagioclasas, cuarzo y biotita en una matriz fina, lo que le otorga cierta dureza a la roca y a su vez favorece la formación de fracturas por intemperización. Las andesitas lávicas tienen buena permeabilidad y buena

transmisibilidad, por lo tanto, se observan grandes condiciones de ser un reservorio acuífero fisurado. La secuencia volcánica subhorizontal de composición andesítica, cubre la región norte de Huancabamba, especialmente la zona de la Laguna Shimbe y partes altas de Ayabaca. Aflora en una gran extensión, casi regional, ubicada en la parte alta o montaña de la región Piura.

Acuífero Fisurado Volcánico Ereo AFV-Er y rocas Andesitas/Dacitas AFV- AnDa

El volcánico Ereo tiene como litología principal lavas andesíticas porfíricas, brechas piroclásticas y lavas almohadilladas con tonalitas gris oscuro que se encuentran conformando estratos gruesos. Los volcánicos andesíticos y los afloramientos de andesita y dacitas, se encuentran por lo general fracturados, diaclasados y fallados, conformando acuíferos fisurados con porosidad secundaria adquirida. Estas rocas se observan en los afloramientos ubicados en los alrededores de Tambogrande, sin embargo, la extensión tan reducida no permite considerarlo como reservorios acuíferos de gran importancia, solamente como materiales permeables, muy locales.

f.- Acuífero Fisurado Volcánico – Sedimentario

Tienen las mismas características de los acuíferos fisurados sedimentarios y los acuíferos fisurados volcánicos, su capacidad de almacenamiento y transmisibilidad de aguas subterráneas se limitan a las fracturas. El único acuífero volcánico sedimentario encontrado en esta caracterización hidrogeológica es la Formación La Bocana.

Acuífero Fisurado Volcánico Sedimentario La Bocana AFVS-LaBo

Su litología corresponde a una secuencia volcánico-sedimentaria intermedia de dos miembros: uno inferior predominantemente aglomerádico de composición andesítica y dacítica. El otro se intercala con capas de espesor variable de limolitas, areniscas calcáreas, calizas y grauvacas. Estos materiales tienen permeabilidad adquirida por fracturas; por lo tanto, se consideran acuíferos fisurados. Estos afloramientos fueron reconocidos al lado oeste del caserío La Bocana y en las inmediaciones de las Lomas.

Acuitardos - AT

Estos materiales son importantes porque las características que tienen las rocas y suelos es la capacidad de almacenar agua subterránea pero la transmisibilidad es muy lenta o en forma localizada, debido a su baja o casi nula permeabilidad. Desde el punto de vista hidrogeológico estos materiales son impermeables de escaso interés hidrogeológico. En zonas donde los acuitardos se intercalan con los acuíferos, generalmente en horizontes, los acuíferos son del tipo confinados. En muchos casos principalmente

en zonas alto andinas, montañas y serranías son estructuras que condicionan el almacenamiento de aguas subterráneas cuando se constituyen en el piso de un acuífero, del mismo modo, son las que favorecen al surgimiento de aguas subterráneas a través de manantiales.

Acuitardo Sedimentario - ATS

Desde el punto de vista litológico, los acuitardos sedimentarios, son materiales impermeables de escaso interés hidrogeológico. La gran mayoría de acuitardos sedimentarios afloran en forma reducida y discontinua, mayormente en la parte norte de la región Piura. El componente litológico de estas formaciones lo constituyen las lutitas, limolitas, arenas y conglomerados, sin embargo, algunos acuitardos sedimentarios tienen intercalaciones de areniscas y calizas, en capas delgadas, las cuales favorecen a la infiltración mínima de aguas de precipitación, no obstante, la percolación es mínima a casi nula. Los acuitardos Chira-Verdum y Talara afloran en la parte norte de la región, en la parte costera, entre Talara y Mancora. Son acuitardos donde la predominancia litológica lo constituyen las lutitas, conglomerados de matriz fina y muy esporádicos niveles de arenisca, los cuales desde una caracterización hidrogeológica se consideran como materiales impermeables de escaso interés. El acuitardo Encuentros que también tiene como litología principal a las limolitas, que constituyen materiales de extensión regional e impermeable, afloran en la parte alta del río Pariñas en una considerable extensión. Los acuitardos Chacra, Palegreda, Tortuga, La Mesa, Huasimal, Inca Chulec, Muerto Pananga, Gigantal, Cerro Prieto y Palaus son materiales donde la predominancia litológica lo tienen las lutitas, lodolitas y calizas, constituyéndose en materiales impermeables de escaso interés hidrogeológico, a estos se le suma sus pequeños afloramientos, principalmente, en la parte norte de la región Piura.

Acuitardos Volcánicos – ATV

Los materiales volcánicos impermeables están compuestos principalmente de tobas, piroclastos y brechas piroclásticas de composición andesítica. Estos materiales tienen poros, se saturan de aguas subterráneas y la transmiten muy lentamente. En algunos sectores, pueden tener surgencias de manantiales pero de caudales muy bajos y frecuencia temporal. Los acuitardos volcánicos principales encontrados en la región Piura los constituyen los volcánicos Porculla, Llama, Lancones y San Pedro. Afloran principalmente en la parte alta de la región Piura, concretamente en afloramientos de regular extensión que se ubican en el sector oriente de la región Piura. Sus afloramientos principales se ubican en la zona de alimentación y recarga, la cual limita la infiltración de aguas de lluvia y favorece a la escorrentía superficial. Desde el punto de vista hidrogeológico regional, los acuitardos volcánicos se clasifican como materiales impermeables a pesar de su porosidad

primaria. Su morfología y baja permeabilidad no permite el almacenamiento de aguas subterráneas en estos materiales.

Acuitardos Volcánicos Sedimentarios – ATVS

Son productos volcánicos que se intercalan con materiales sedimentarios. Están compuestos principalmente de tobas intercaladas con diatomitas, calizas con ignimbritas, lavas andesíticas con calizas, etc. La característica natural de estas litologías es que en sectores poseen porosidad elevada, pero los espacios vacíos o poros de estas formaciones no se encuentran interconectados, por lo tanto, son impermeables. Los volcánicos sedimentarios con estas características son Chignia y Oyotún.

Los acuitardos Zapallal inferior y Zapallal superior afloran en la parte sur de la región Piura, en la parte baja de Sechura, en ambos lados de la vía que parte de la panamericana norte con dirección a Bayovar. En este sector se encuentra confinando al acuífero poroso no consolidado, Este acuífero es la unidad litoestratigráfica de mayor espesor y extensión en los afloramientos cenozoicos de la cuenca Sechura. Se depositó como resultado de una transgresión marina amplia y relativamente rápida en la cuenca, donde se diferencian dos unidades. La unidad base aflora en Punta Zorro en contacto gradacional con la Formación Montera y la parte superior la observamos en la depresión Salina Grande, la cual tiene un gran significado por su relación con niveles lenticulares de areniscas fosfatadas y tiene una extensión de 1 447.10 ha. El nivel superior tiene una extensión de 175 64.90 ha y aflora en las escarpas del tablazo Talara y en la quebrada Nunura; donde se expone con presencia de diatomitas yesíferas. En este miembro (Caldas et al., 1980) ha diferenciado 5 paquetes litológicos, que se denominan: areniscas huecas de almejas, zona mineralizada cero, diatomita Inca, zona mineralizada Minerva, diatomita Quechua y diatomita Estéril. En medio de ambos miembros, los acuitardos Zapallal inferior y Zapallal superior, existe la presencia de materiales permeables que se encuentran atrapados por los horizontes impermeables, estos materiales constituyen acuíferos importantes, del tipo semiconfinado y confinado, sin descartar la presencia de acuíferos libres. En forma global la Formación Zapallal constituye un gran reservorio acuífero multicapa, de extensión regional. Para la presente caracterización hidrogeológica la parte que aflora en la región Piura es la parte impermeable, por lo tanto en el mapa está considerado como acuitardo volcánico sedimentario.

Los acuitardos Chignia y Oyotún, afloran en la parte oriental, en extensiones muy reducidas de la parte alta de la región Piura.

Acuitardos Intrusivos - ATI

Las rocas intrusivas de la región Piura son cuerpos rocosos que forman parte del segmento norte del Batolito de la Costa, el mismo

que fue denominado «Segmento Piura» por Pitcher (1978). Las relaciones de intrusión muestran una serie de plutones que a nivel regional cortan las secuencias de rocas volcánicas comprendidas entre el cretáceo superior y el terciario superior correspondientes a la cuenca Lancones y la cordillera Andina. Su litología la conforman tonalitas, granitos, monzogranitos, intrusivos permianos, dioritas y rocas sobvolcánicas. Estas rocas se encuentran alteradas, fracturadas y diaclasadas, con porosidad secundaria importante pero superficial; hacia la parte interior se reducen hasta llegar a desaparecer haciendo que la roca en interior sea maciza e impermeable, lo que obstruye la circulación de las aguas subterráneas. Los valores de permeabilidad por fracturas es alta en superficie, la porosidad es muy baja del orden de 0.3%, en algunos casos llega a 1%. Por estas características estos materiales impermeables se consideran como acuitardos intrusivos. Afloran en forma dispersa generalmente en la parte alta o montañosa de la región Piura.

Acuicludos - AC

Son los materiales impermeables, tienen capacidad de almacenamiento a través de los poros que normalmente no están interconectados; por lo tanto, no existe circulación de aguas subterráneas. Desde el punto de vista litológico están compuestas principalmente por rocas metamórficas, pizarras, esquistos, cuarcitas, filitas, gneis y ortogneis de composición félsica-máfica que han sufrido metamorfismo regional de emplazamiento profundo a medio. Hidrogeológicamente, los gneis, las pizarras y esquistos son totalmente impermeables, pero al encontrarse en sectores donde existe precipitación pluvial los poros tienden a saturarse de aguas de lluvia, pero no tienen transmisibilidad; por lo tanto, se saturan de aguas subterráneas pero no las transmiten, salvo la presencia de algunas estructuras como fallas o fracturas regionales que puedan drenar y conducir aguas subterráneas. Los acuicludos diferenciados en la región Piura son Cerro Negro y el Complejo Olmos, que afloran en gran extensión en la parte norte de la región, donde las pizarras, esquistos, cuarcitas, lutitas y areniscas se encuentran atravesados por una serie de fallas normales y lineamientos que pueden estar asociados a la escasa circulación de aguas subterráneas. El Complejo Olmos aflora de manera continua en extensión regional y con una secuencia metamórfica conformada por facies pelíticas (clastos argílicos finos), esquistos cloritosos micáceos y esquistos cuarzosos con anfíbolitas de facies verdes con moderado a fuerte grado de metamorfismo regional (anfíbolitas), distribuidos en una secuencia de estratos replegados y deformados por la sobreposición de eventos tectónicos del paleozoico. El paleozoico inferior tiene las mismas características hidrogeológicas impermeables, sus principales afloramientos se restringen a la parte inferior de la región, muy cerca de Bayovar y

el Complejo del Marañón; se encuentra en el límite oriental de la región Piura y tiene escaso interés hidrogeológico.

Acuífugos - AG

Los acuífugos en la región Piura están compuestos por rocas metamórficas e intrusivas. Estas rocas son rocas impermeables que afloran en lugares donde existe baja a nula precipitación, por lo tanto se encuentran totalmente secas, como es el caso de los gneis de la cordillera de la Costa, las pizarras y esquistos del

paleozoico indiviso, etc. Ambos materiales afloran muy cerca de la línea de costa, en la parte sur de la región Piura. Las filitas argílicas intercaladas con cuarcita de grano fino a medio son las únicas que afloran en la parte montañosa de la región, por lo tanto, tienen la posibilidad de interactuar con la precipitación pluvial. Como estas rocas son impermeables, cuando cae la precipitación pluvial favorecen a la escorrentía superficial, los cuales en muchas ocasiones han generado peligros hidrometeorológicos en la parte baja de los ríos.

CAPÍTULO V

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

PENDIENTE DE LOS TERRENOS

Uno de los aspectos importantes en la clasificación de las unidades geomorfológicas, aparte del relieve, es la pendiente de los terrenos.

La pendiente es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (SÁNCHEZ, 2002). Es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa como factor condicionante.

Se puede decir que es más fácil que ocurran movimientos en masa, en laderas y cauces cuya pendiente principal varía entre media a fuerte (> 30°), también es más alta la erosión de laderas (laminar, surcos y cárcavas) en colinas o montañas, ya que a mayor pendiente se facilita el escurrimiento superficial y por ende la erosión hídrica o pluvial.

Sin embargo, algunos procesos lentos como la reptación de suelos y ocasionales deslizamientos ocurren con un mínimo de pendiente. El caso de las inundaciones y erosión fluvial, además de influir otros factores netamente geomorfológicos y dinámicos, también ocurre en terrenos de suave pendiente.

El mapa de pendientes de la región Piura, se ha elaborado utilizando las hojas fotogramétricas del Instituto Geográfico Nacional del Perú (IGN), a escala 1:100000, con espaciamiento de curvas de nivel cada 50 m, las cuales fueron procesadas en el software ArcGis (mapa 4).

Se tomaron en consideración seis rangos o grados de pendiente: muy baja, baja, media, fuerte, muy fuerte y abrupta; estas se describen a continuación:

Terrenos llanos (<1°)

Comprende terrenos planos de la planicie costera, planicie disectada y planicie elevada (sectores de Piura, Sullana, Sechura, Paita, Talara, etc.). Estas áreas están sujetas a inundaciones de tipo fluvial y pluvial, especialmente cuando se presenta el fenómeno de El Niño. Los principales peligros que se presentan son flujos de detritos y de lodo, que discurren por torrenteras y quebradas

secas que se encuentran cortando los terrenos planos, estas han sido talladas por las precipitaciones pluviales intensas que caen en la zona norte del Perú.

Terrenos inclinados con pendiente suave (1°-5°)

Terrenos planos con ligera inclinación que se distribuyen también a lo largo de las zonas de planicies, planicie disectada y planicie elevada, principalmente donde estas presentan ondulamientos (lomadas), también conforman los depósitos de piedemonte que bajan desde los cerros Illescas, cerros de Amotapes y, en general, de las primeras estribaciones andinas de la cordillera occidental.

Pendiente moderada(5° -15°)

Terrenos de pendiente moderada presentan buena distribución en la zona de montañas y colinas; también en los cerros Illescas, cerros de Amotape, a lo largo de acantilados entre Punta Aguja y la Playa Vichayo en Bayovar, acantilados entre Tortugas y Paita; y los acantilados dejados por el tablazo entre los poblados de Sojo y El Arenal.

Dentro de este rango de pendiente se encuentran ubicados los poblados de Sapillica, Frias, Sondor, Sondorillo, Canchaque, Tunal, San Miguel de El Faique y Huarmaca.

Pendiente fuerte (15° – 25°)

Pendientes con amplia distribución en la zona de montañas, también conformando las laderas superiores de los cerros Illescas, cerros de la Silla de Paita, cerros de Amotape. En este rango de pendiente se han desarrollado los poblados de Paltashaco, Yamango y Chalaco.

Pendiente muy fuerte(25° - 45°)

Distribuidos principalmente en las laderas de montañas de la cordillera occidental, se extienden desde el cerro Viernes Tardes (ubicado cerca del distrito de Suyo) hacia el sur de la región. Conforman también las laderas superiores de los cerros de Amotapes.

Pendiente muy escarpados (> 45°)

Presentan una distribución reducida a lo largo de laderas de valles encañonados y las cabeceras que conforman los ríos San Lorenzo, Bigote y Pusalca.

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

En general, desde el punto de vista morfoestructural regional, el área estudiada se ubica entre la pampa costanera y la cordillera occidental del Perú, la cual se encuentra disectada por varios cursos de ríos y quebradas, entre los principales se tienen a los ríos Chira, Piura y Huancabamba.

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

Las unidades geomorfológicas del terreno, se diferencian de acuerdo a sus características morfológicas, morfométricas, geológicas y a su origen (Verstappen & Van Zuidam, 1991; Martín-Serrano et al., 2004).

Para la elaboración del mapa geomorfológico de la región Piura, se utilizó la información litológica de la Carta Geológica Nacional, donde se ha tenido en cuenta los límites de las unidades geológicas (substrato rocoso–depósitos superficiales); fotografías aéreas; imágenes satelitales Landsat TM5 y datos geomorfológicos recopilados en campo. Las unidades geomorfológicas agrupadas según su origen son (mapa 5):

Geoformas de carácter tectónico-degradacional y erosional

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

Los paisajes morfológicos resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, altillanuras, superficies onduladas y lomadas. Dentro de este grupo se tienen las siguientes unidades:

Unidad de montañas

Las montañas presentan mayor distribución en la región Piura (31.88%), se considera dentro de esta unidad a las geoformas que alcanzan alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local, se reconocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, etc).

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

Dentro de esta unidad se tienen las siguientes subunidades:

Relieve montañoso en rocas intrusivas (RM-ri)

Esta subunidad está conformando laderas y crestas de topografía abrupta, pertenecientes a la cordillera occidental de los Andes, con elevaciones que alcanzan los 3800 msnm (fotografías 5.1 y 5.2).

Los cuerpos igneos intrusivos que afloran en la región Piura se disponen como *stocks* y batolitos, de formas irregulares a alargadas, controladas por fallas. Se encuentran constituidas por rocas intrusivas de composición intermedia a ácida tipo tonalita, granodiorita, diorita y granito; en zonas húmedas se encuentran muy meteorizados, originando suelos arenosos y arcillosos.

Esta unidad ha sido disectada por los ríos y quebradas que abren camino hacia la costa; también existen procesos de erosión de laderas y movimientos en masa.

Se encuentran ubicadas en las zonas central y este de la región Piura (Sapillica, Pacaipampa, Chalaco, Paltachaco, Frías y Paimas), también en el extremo oeste, en el distrito de La Brea, sector de Agua La Leche (cerros Quebrada Onda y Arbolitos).

Relieve montañoso en rocas volcánicas (RM-rv)

Dentro de esta subunidad se consideran afloramientos de rocas volcánicas (tobas, tufos, derrames lávicos andesíticos y brechas), litológicamente corresponden a los volcánicos Porculla, La Bocana, Ereo, Shimbe, Oyotun y Huaypirá; sus elevaciones alcanzan los 3850 msnm. Presentan laderas con pendientes medias a fuertes.

Se encuentran ubicadas en la zona este de la región Piura, en Huancabamba, Sondorillo, El Carmen de la Frontera en la provincia de Huancabamba (laguna Shimbe) y también en el lado sureste de la región (Huarmaca) (fotografías 5.3 y 5.4).

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

Dentro de esta subunidad se consideran afloramientos de rocas volcánico-sedimentarias del Cretáceo y Paleógeno, como el volcánico Lancones, las formaciones Chignia y Zapallal, el volcánico Llama y el Grupo San Pedro. Presentan crestas altas e irregulares, con pendientes que pueden superar los 30°, sus elevaciones alcanzan los 3400 msnm. También se tienen montañas con laderas empinadas y cimas redondeadas.

Se encuentran distribuidas en la parte noreste de la región Piura (Ayabaca, Montero, Jilili y Sicchez), también en la zona oriental (Huancabamba, Sapalache, Sondor y Sondorillo) (fotografías 5.5 y 5.6).



Fotografía 5.1 Izquierda; montañas de rocas intrusivas, conforman las laderas de la quebrada Shumaya, en el distrito de Sondor-Huancabamba. Piura, mayo de 2009



Fotografía 5.2 Derecha; montañas en rocas intrusivas en el sector de la Aranza-Pacaipampa, Piura, agosto de 2009



Fotografía 5.3 Izquierda; montañas modeladas en roca volcánica, cerro Sequir-Sondorillo, Huancabamba, mayo de 2009



Fotografía 5.4 Derecha; montañas en el sector de Huancacarp-Huancabamba, mayo de 2009



Fotografía 5.5 Izquierda; vista de montañas modeladas en rocas volcánico-sedimentarias en Pacaipampa, Piura, diciembre de 2003



Fotografía 5.6 Derecha; vista del cerro Negro, presenta laderas empinadas y cumbre redondeada, Huancabamba-Piura, mayo de 2009

Relieve montañoso en rocas metamórficas (RM-rm)

Corresponde a cadenas montañosas antiguas expuestas en el lado oriental y occidental de la región Piura. Litológicamente corresponden al Complejo Olmos, Complejo Maraión, Complejo Basal de la Costa, las formaciones Río Seco, Salas y Cerro Negro. Presentan laderas con pendientes moderadas a abruptas, de cumbres redondeadas y alargadas. Se presentan muy



Fotografía 5.7 Izquierda; montañas modeladas en roca metamórfica; cerro Tortero, en el sector de Tacarpo, distrito de Sondor-Huancabamba, Piura, mayo de 2009

erosionadas, asociadas a procesos de erosión en cárcavas y flujos de detritos (huaycos). Sus elevaciones alcanzan los 3450 msnm.

Se encuentran en los sectores de Sondor, Yamango, San Juan de Bigote, Canchaque, San Miguel del Faique y Tunal, en el lado este de Piura; y en los cerros Guineo, El Viejo, Huaynaso, Palaus y Totorá (Talara), lado oeste de Piura (fotografías 5.7 y 5.8).



Fotografía 5.8 Derecha; vista panorámica de la quebrada Aragoto, labrada en montañas de roca metamórfica, Ayabaca-Piura, agosto de 2009

Relieve montañoso en rocas sedimentarias (RM-rs)

Corresponde a afloramientos de rocas sedimentarias afectados por procesos tectónicos y erosivos, conformados por rocas de tipo conglomerados, areniscas, lutitas, limolitas, lodolitas, calizas y cuarcitas, de edad Cretáceo.



Fotografía 5.9 Izquierda; Montañas sedimentarias, cerro Piedras Gordas, frente al sector de Lindero del Ala, distrito de Morropón-Piura, agosto de 2009

Presentan laderas con pendientes medias a fuertes, se localizan en el sector sureste de la región Piura, límite con Lambayeque; conformando los cerros Prieto, Songora y Pan de Azúcar; en La Brea (Talara) (fotografías 5.9 y 5.10).



Fotografía 5.10 Derechas, montañas sedimentarias, conformadas por secuencias de la formación Goyllarisquizga en el río Chignia, distrito de Huamaca-Piura, agosto de 2009

Montaña estructural (Me)

Su asociación litológica es principalmente sedimentaria; estructuralmente se presentan como alineamientos montañosos compuestos por secuencias estratificadas plegadas y/o con el buzamiento de las capas de roca que controlan la pendiente de las laderas; se encuentran conformando anticlinales, sinclinales, cuestras y espinazos que le dan una característica particular en las imágenes satelitales, tienen un alineamiento de dirección suroeste-

noreste. Varían en pendiente desde moderada a muy abruptas (figura 5.1).

Generalmente asociadas a colinas estructurales, su distribución es reducida, se presentan en los cerros Pampa Cruz en Chulucanas y Cabuyal en el distrito de Suyo, provincia de Ayabaca, Piura.

Geodinámicamente se asocian a erosión de laderas y flujo de detritos.

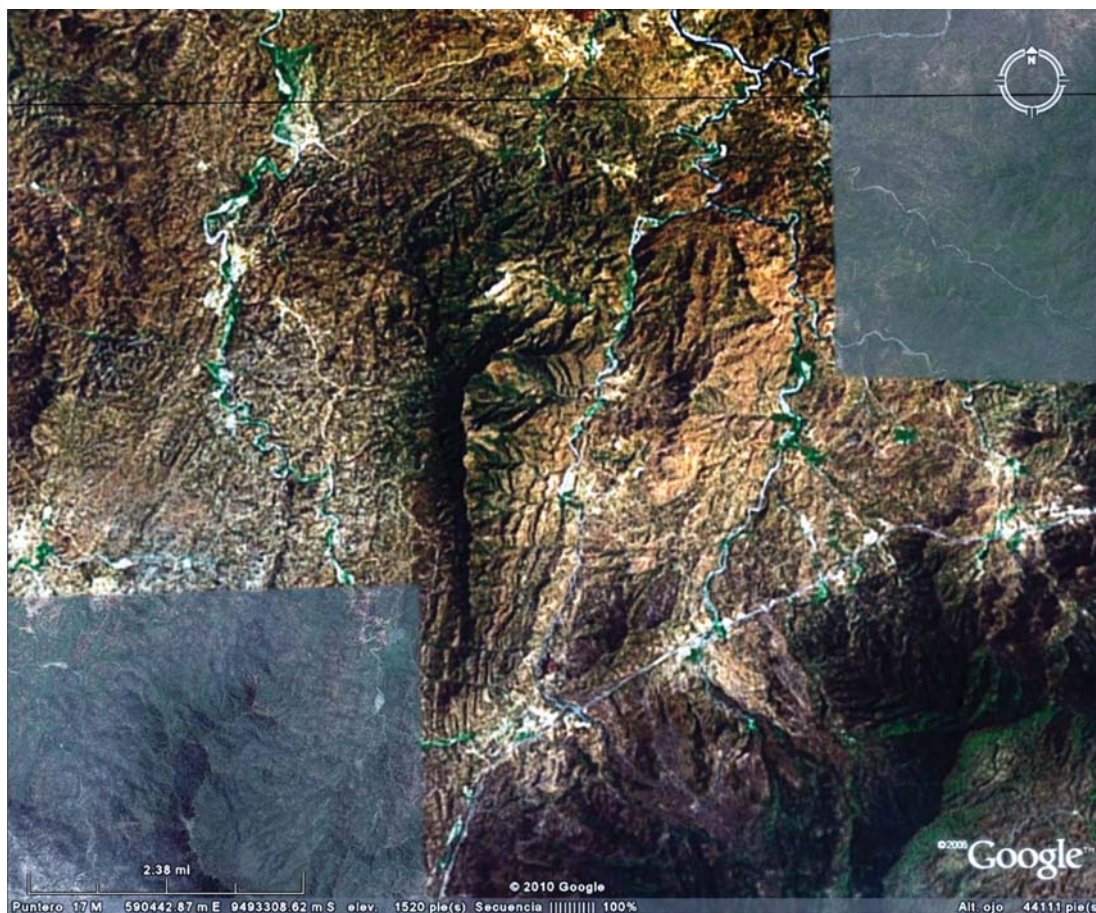


Figura 5.1 Imagen Google Earth, donde se puede apreciar las montañas estructurales (Me) en el cerro Cabuyal, distrito de Suyo, provincia de Ayabaca, Piura

Unidad de Colinas y lomadas

Están representadas por colinas y lomadas de relieve complejo y en diferentes grados de disección, de menor altura que una montaña (menos de 300 metros desde el nivel de base local) y con inclinación de laderas promedio superior a 16% (FAO, 1968), conforman alineamientos de carácter estructural y denudativo, que en conjunto ocupan un área de 17.24% dentro de las regiones. Está unidad se ubica próxima a la unidad de montañas y viene a formar parte de las estribaciones andinas.

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

Dentro de este grupo se diferenciaron cinco subunidades:

Relieve de colinas y lomadas en rocas intrusivas (RCL-ri)

Corresponde a afloramientos de rocas intrusivas de tipo dioritas, granitos, monzogranitos, tonalitas y gabros; se disponen como *stocks* y batolitos, de formas irregulares y alargadas, con cimas

algo redondeadas en algunos casos, y laderas de pendientes bajas a medias.

Se presentan en la región Piura en los sectores de Suyo, La Tina, Las Lomas, Lancones, La Silla de Paita y cerros Illescas; también formando los cerros Román, Malingas y de Loro en Chulucanas.

Relieve de colinas y lomadas en rocas volcánicas (RCL-rv)

Corresponde a afloramientos de rocas volcánicas (tobas, tufo y derrames lávicos), litológicamente corresponden al volcánico La Bocana, presentan formas irregulares, cimas agudas y laderas con pendientes medias a altas.

Se encuentra conformando las laderas hacia ambos márgenes del río Chipillico (cerros Chungas, Pelingará y Saladitos).

Relieve de colinas y lomadas en rocas volcánico-sedimentarias (RCL-rvs)

También conformadas por afloramientos de rocas volcánico-sedimentarias del Cretáceo, perteneciente al volcánico Lancones. Presentan crestas irregulares con pendientes medias.

Se encuentra en el sector este de Piura, en Lagunas; y el sector norcentral de la región, en Lancones y Suyo, limitada por el río Macará (zona fronteriza con el Ecuador). Fotografía 5.11.



Fotografía 5.11 Colinas y lomadas volcánico-sedimentarias, en el sector de Loma del Medio, distrito de Lagunas, provincia de Ayabaca, Piura, agosto de 2009

Relieve de colinas y lomadas en rocas metamórficas (RCL-rm)

Corresponde a relictos de cadenas montañosas antiguas expuestas en el lado occidental de la región Piura. Litológicamente corresponden a la formación Cerro Negro, Complejo Basal de la Costa y rocas paleozoicas indiferenciadas. Presentan laderas con pendientes moderadas a abruptas, cimas agudas y alargadas. Se encuentran muy erosionadas, asociadas a procesos de erosión en cárcavas y flujos de detritos (huaycos).

Se encuentran en el lado este de la región Piura, conformando los cerros de Yacila, Isilla; y cerros de la Silla de Paita (Paita); los

cerros Blanco, Los Prados e Illescas en Sechura (fotografías 5.12 y 5.13).

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

Corresponde a afloramientos de roca sedimentaria, reducidos por procesos denudativos, se encuentran conformando elevaciones alargadas, con laderas de baja a moderada pendiente.

Se localizan dentro de la región Piura, en las zonas de Lancones (lado noreste del reservorio de Poechos), en Tambogrande, San Jacinto y Marcavelica (fotografía 5.14).



Fotografía 5.12 Izquierda, colinas metamórficas en el sector de El Ala, distrito de Buenos Aires, provincia de Morropón, Piura, agosto de 2009



Fotografía 5.13 Vista de la Silla de Paita, distrito de Paita, constituida por rocas metamórficas, diciembre de 2003



Fotografía 5.14 Lomadas cubiertas con vegetación arbustiva en el sector de Lancones, provincia de Sullana, diciembre de 2003

Colinas estructurales (Ce)

Corresponde a afloramientos de roca sedimentaria, que se presentan en la zona de estudio con un alineamiento de dirección suroeste-noreste. El drenaje de esta geoforma es paralelo y su disposición está controlada por la estructura geológica conformada

por pliegues y fallas. La inclinación de las laderas es controlado por el buzamiento de las capas, también se presentan espinazos.

En la región Piura, se le encuentra dentro del distrito de Lancones, en la zona limítrofe con el Ecuador, entre las quebradas Jabonillos y Pilares (figura 5.2).

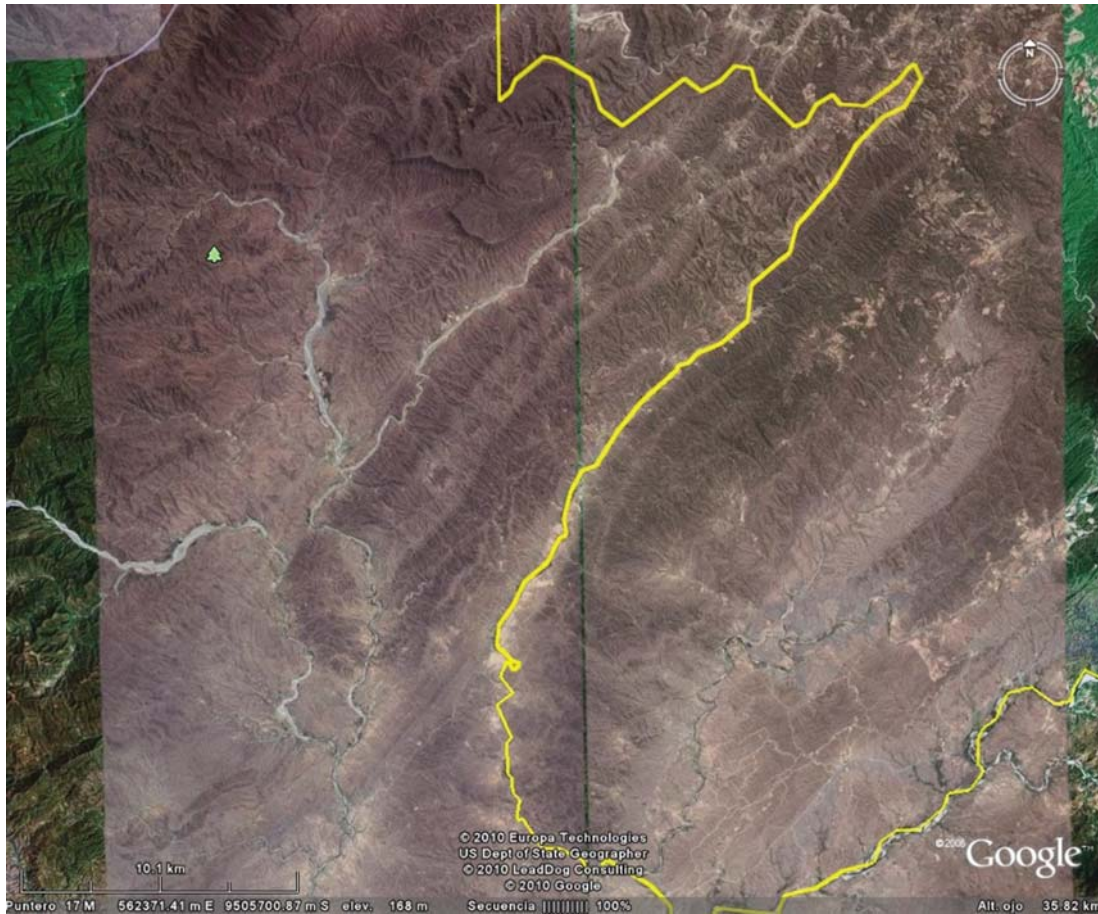


Figura 5.2 Colinas estructurales (Ce) entre las quebradas Jabonillos y Pilares, distrito de Lancones, provincia de Sullana-Piura. Imagen Google Earth

Relieve depresionado (Rd)

Superficie de terreno de forma cóncava, originada por efectos de subsidencia o por plegamiento de capas de roca sedimentaria, cuyas cubetas se encuentran ocupadas por agua y forman lagunas permanentes o intermitentes excepcionales (cuando se presenta el fenómeno de El Niño). Es posible observar material fino de limos, arcillas y sales, cuando están secas. Estas cubetas aparecen cubiertas parcialmente por cordones de dunas, las cuales avanzan con dirección hacia el norte.

Se localizan en la zona de Pampa de Michales, en Sechura, donde se forma la laguna La Niña (figura 5.3).

Montes Islas (Mi)

Son remanentes no reducidos de cordilleras, que configuran cerros aislados o pequeños grupos de cerros de corta longitud, conformados por rocas de tipo volcánico sedimentario (volcánico Lancones), rocas metamórficas de tipo pizarras, filitas y cuarcitas (Formación Salas) y rocas sedimentarias (Grupo Goyllarisquizga).

También se forman los montes islas por procesos de meteorización y erosión desigual de rocas.

Resaltan por su forma y elevación dentro de la planicie que los rodea. Se encuentran conformando los cerros Vicús, Campana y Tongo, en el distrito de Chulucanas; y cerro Santos Tome, en el distrito de Morropón (fotografía 5.15).

Altiplanicie o meseta andina (Mes)

Se encuentra conformando un terreno plano-ondulado, constituida por afloramientos de rocas intrusivas (tonalitas y dioritas Pambarumbe), las cuales han sufrido un intenso proceso de meteorización y erosión, que modeló el terreno. Se localiza en las alturas del distrito de Frías y se le denomina meseta andina (fotografías 5.16 y 5.17).

Geodinámicamente se asocian a procesos de erosión de laderas a manera de cárcavas, con avance retrogresivo y ensanchándose por medio de derrumbes y deslizamientos pequeños hacia sus márgenes, también se presentan procesos de reptación de suelo y flujos de tierra.

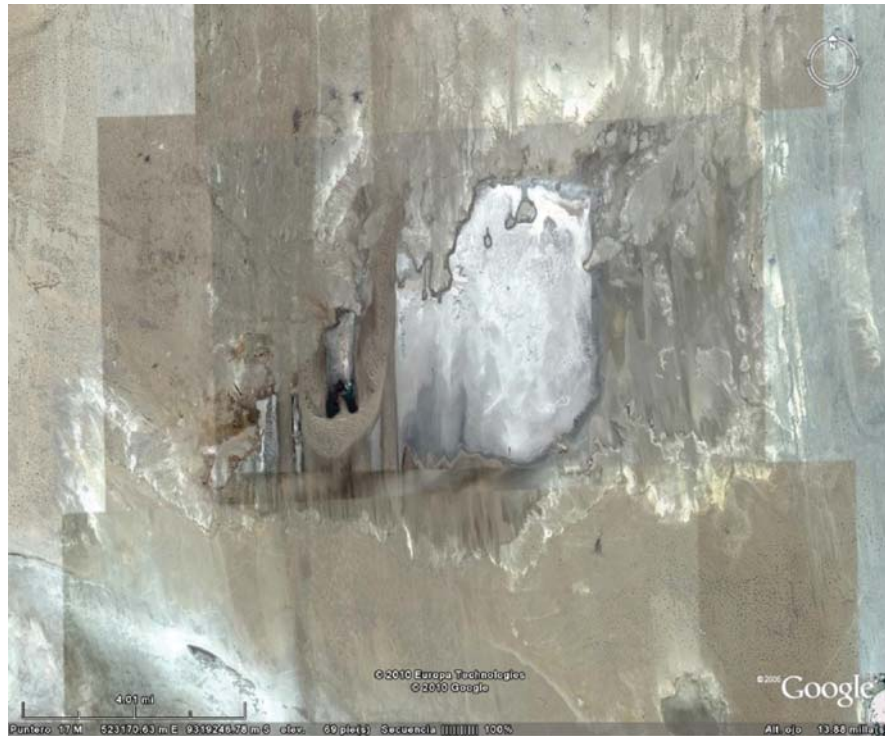


Figura 5.3 Relieve depresionado (Rd) en el sector de pampa de Michales, en el distrito de Sechura, cubierto en parte por un cordón de dunas (Cd). Imagen Google Earth



Fotografía 5.15 Vista del valle del río Piura, en la margen derecha destaca el cerro Vicús, distrito de Chulucanas, provincia de Morropón, Piura, agosto de 2009



Fotografías 5.16 y 5.17 Vistas de la meseta andina en las alturas de Frías, Piura

Geoformas de carácter deposicional y agradacional

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, los glaciares, las corrientes marinas, las mareas y los vientos, los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

Valle fluvial y terrazas indiferenciadas (VT-i)

Valles tributarios de cauce angosto, que discurren cortando la cordillera occidental de los Andes, donde no ha sido posible diferenciar el fondo de valle, las terrazas y llanuras de inundación,

debido a la escala de trabajo. Entre ellos se tiene cursos de los ríos Quiroz, Chipillico, San Pablo y La Aranza (fotografías 5.18 y 5.19).

Llanura aluvial o cauce inundable (Lli)

Son superficies bajas, adyacentes a los fondos de valles principales y al mismo curso fluvial, sujetas a inundaciones recurrentes, ya sean estacionales o excepcionales. Morfológicamente se distinguen como terrenos planos compuestos de material no consolidado y removible.

En la región Piura, sus mejores exposiciones se encuentran en los márgenes de los ríos Piura y Chira. Estas áreas inundables son ocupadas por terrenos de cultivo, están sujetas a inundaciones fluviales periódicas y erosión fluvial en sus márgenes o terrazas bajas (fotografías 5.20 y 5.21).



Fotografía 5.18 Izquierda: río San Pablo, sector de Encuentros, Pacaipampa-Piura, agosto de 2009



Fotografía 5.19 Derecha: río San Pedro, en la meseta andina, distrito de Frías-Piura, agosto de 2009



Fotografía 5.20 Izquierda: Llanura inundable de la quebrada Fernández, límite entre las regiones Piura y Tumbes, octubre de 2009



Fotografía 5.21 Derecha: Llanura inundable del río Piura, sector de Salitral, mayo de 2009

Terrazas aluviales (Ta)

Son porciones de terreno que se encuentran dispuestas a los costados de la llanura de inundación o del lecho principal de un río. A mayor altura, representan niveles antiguos de sedimentación fluvial, los cuales han sido disectados por las corrientes como consecuencia de la profundización del valle. Sobre estos terrenos se desarrollan actividades agrícolas.

Dentro de la región Piura se tienen terrazas aluviales muy desarrolladas en los valles de los ríos Chira y Piura (fotografías 5.22 y 5.23).

Islas (Is)

Esta unidad corresponde a superficies planas a semiplanas que resultan de la acumulación a manera de islas del material suelto acarreado por la corriente de los ríos; se ubican en medio de los cauces.

Geomorfológicamente están asociados a las llanuras de inundación y lecho del río. Son susceptibles a procesos de erosión fluvial.

Ejemplos de islas fluviales se tienen en el río Chira (sector comprendido entre Querocotillo y La Huaca) y en el río Piura (fotografía 5.24).

Piedemonte coluvio-deluvial (P-cd)

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

Se relacionan con rocas de diferente naturaleza litológica, destacan las rocas volcánicas y volcánico-sedimentarias de las cuencas de los ríos Huancabamba y Chira, las rocas intrusivas de la zona de Ayabaca, rocas metamórficas de la cuenca del río Bigote y rocas sedimentarias en Paita (fotografías 5.25 y 5.26).



Figura 5.22 Terrazas aluviales del río Chira, Piura. Agosto, 2009



Figura 5.23 Terrazas aluviales del río Piura; se desarrollan actividades agrícolas. Agosto, 2009



Fotografía 5.24 Islas fluviales en el cauce del río Piura, sector de Hualas, distrito de Buenos Aires, Provincia de Morropón, Piura; mayo de 2009



Fotografía 5.25 Deslizamiento en los acantilados de Paita, Piura, agosto de 2009



Fotografía 5.26 Depósito de movimiento complejo en el sector de Condorhuachina, margen derecha del río Huala, distrito de Frías, Piura, agosto de 2009

Piedemonte aluvio-torrencial (P-at)

Es una planicie inclinada extendida al pie de estribaciones andinas o los sistemas montañosos. Está formado por la acumulación de corrientes de agua estacionales, de carácter excepcional, asociados usualmente al fenómeno de El Niño. Ejemplos de estos depósitos se tienen en las faldas de los cerros de la Silla de Paita, Illescas y Amotapes (fotografía 5.27).

Piedemonte Aluvial (P-a)

Son planicies inclinadas, constituidas por una sucesión de abanicos aluviales o deluviales que descienden de las colinas y montañas. Estos abanicos están constituidos por material inconsolidado, consistente en grava mezclados con finos de limo y arena, es muy poroso, el material se encuentra distribuido caóticamente. Se tiene este tipo de geofoma, por ejemplo, en los sectores de Porvenir, Solumbre y en las faldas del cerro Peroles en el distrito de Chulucanas, provincia de Morropón, Piura (figura 5.4).



Fotografía 5.27 Piedemontes aluvio-torrenciales en el sector de Tatora, distrito de La Brea, provincia de Talara, Piura, junio de 2004

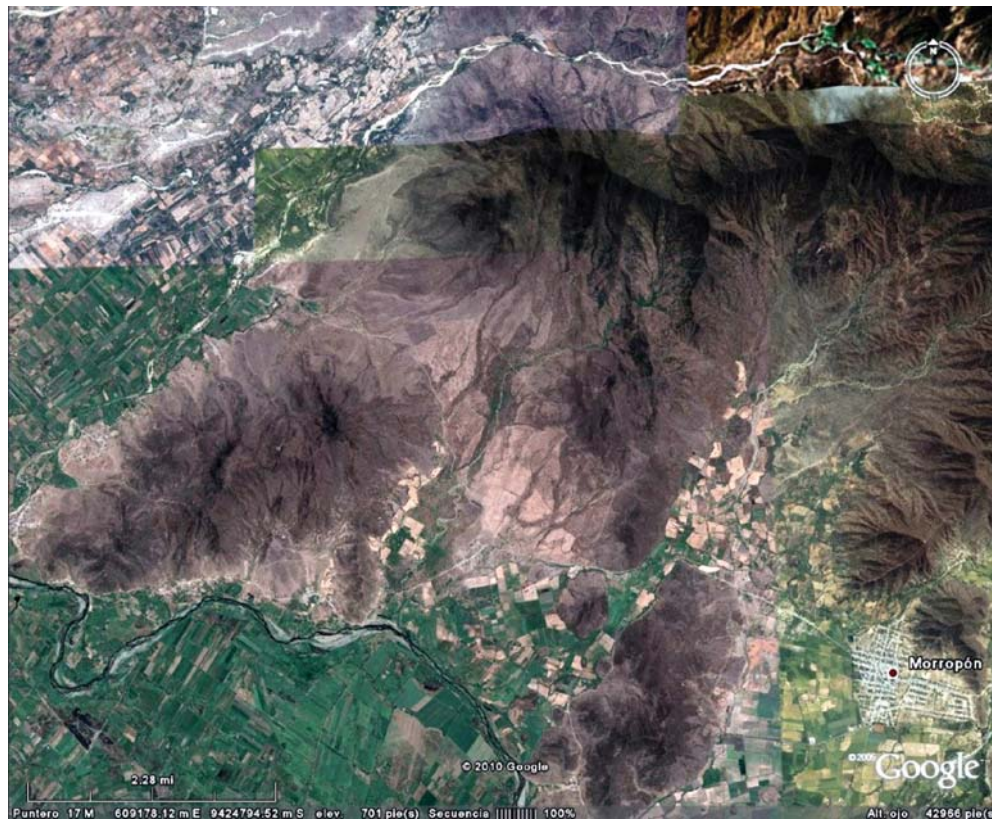


Figura 5.4 Cerro Peroles, con piedemontes aluviales en sus faldas. Imagen Google Earth

Abanicos de Piedemonte (Ab)

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

con la presencia del fenómeno de El Niño que es cuando acarrear y depositan material.

Ejemplos de este tipo de subunidad se tiene en la confluencia de quebradas tributarias en cursos de los ríos Piura, Chira y Huancabamba (fotografía 5.28).



Fotografía 5.28 Abanico de piedemonte en la desembocadura de la quebrada Huanabano, margen derecha del río Chignia, distrito de Huarmaca, Piura, agosto de 2009

Vertiente de detritos (Vd)

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

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

Están asociados a derrumbes y deslizamientos superficiales. Los depósitos de vertientes de detritos son de difícil representación en la escala de trabajo empleada. Se localizan al pie de acantilados de la geoforma de llanura disectada.

Morrenas (Mo)

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

Existen varios tipos de morrena de acuerdo a su posición frente a un glaciar: morrena de fondo es la que se sitúa debajo en contacto con el lecho; morrena lateral cuando se sitúa en las orillas o bordes del lecho glaciar. Morrena central: formadas por la unión de morrenas laterales en la confluencia de dos glaciares en un mismo valle; y morrena frontal o terminal: cuando se sitúa en la zona de deshielo del glaciar. Ejemplos de esta unidad se han observado en el lado este de la región Piura, sobre la cordillera occidental cerca a las lagunas Negra o Patos, El Toro, Canovitas y Las Huarinjas, en las provincias de Ayabaca y El Carmen de la Frontera.

Mantos de arena (Ma)

Geoforma conformada por la acumulación de arenas eólicas a manera de mantos, los cuales se encuentran cubriendo terrenos planos de la planicie costera; dentro de estos mantos se pueden encontrar pequeñas dunas. Estos depósitos durante su avance pueden cubrir terrenos de cultivo, viviendas y carreteras.

Este tipo de geoforma se puede observar en los sectores del tablazo de Paíta, El Arenal, La Isilla, Yacila y la Pampa de Huaquillas (Sechura) (fotografía 5.29).



Fotografía 5.29 Mantos de arena que avanzan y cubren la carretera de acceso al sector de Tortuga, distrito de Vice, provincia de Sechura, Piura; agosto de 2009

Cordón de dunas (Cd)

Conformada por la sucesión regular de dunas, donde aparecen alineadas y paralelas una cresta tras otra, estas avanzan en dirección de los vientos dominantes. En la región Piura los cordones se desplazan con una dirección norte-sur, en la zona de Pampa de Michales, estos en su avance invaden una superficie deprecionada; también se tiene a las dunas Julián Grande y Julián Chico (figura 5.3).

Llanura o planicie costera (LI)

Geoformas que se extiende desde el borde litoral hasta los piedemontes y estribaciones andinas, poseen un relieve plano a plano-ondulado cuya pendiente es menor a 5° (fotografía 5.30 y 5.31), siendo más ondulado en el tramo entre Piura y Morropón. Están conformadas acumulaciones de grava, arenas y limos inconsolidados a semi consolidados (en los tablazos), son muy susceptibles a la erosión pluvial; la planicie posee una vegetación de tipo bosque seco con áreas denudadas.

Las quebradas secas que se observan en este relieve han sido labradas por la acción pluvial en cada evento de El Niño, existen también zonas depresionadas donde se forman anegamientos. En

eventos tipo El Niño, las torrenteras secas que cortan esta unidad, se activan y por ella discurren flujos de lodo y gravilla.

Llanura disectada (LI-d)

Conformada por un terreno plano, de edad Pleistoceno (tablazo Mancora), localizada a una altitud de aproximadamente 200 msnm, constituida por una secuencia de conglomerados y areniscas finas y gruesas, bioclásticas, con fragmentos de conchas, lumaquelas y coquinas; dentro de una matriz areniscosa y salina.

Esta llanura ha sido sometida a un intenso proceso de erosión pluvial, donde por concentración de escorrentía superficial se produce el desgaste e incisión del terreno; se presentan algunas formas de movimientos en masa en las márgenes de las torrenteras o quebradas que se han formado, las cuales han cambiado la morfología original, subdividiendo la llanura en porciones menores separadas por valles o disectados por una intensa red de drenaje (fotografía 5.32). Esta unidad ha sido diferenciada en el sector de El Alto y Pariñas.

Geodinámicamente se asocian a procesos de erosión de laderas a manera de cárcavas, las cuales presentan un desarrollo retrogresivo y lateral, por medio de derrumbes, deslizamientos y movimientos complejos.



Fotografía 5.30 Izquierda, planicie costera en el sector de La Brea, provincia de Tarma, Piura; abril de 2004



Fotografía 5.31 Derecha, planicie costera en el sector de Chapayra, distrito de Castilla, Piura; agosto de 2009



Fotografía 5.32 Vista panorámica de la llanura disectada, margen derecha de la quebrada Pariñas, distrito de Tarma, Piura. Octubre, 2009

Faja Litoral (FL)

Se denomina Faja Litoral a una delgada franja menor a 200 m de ancho que aparece en algunos sectores de la costa en la región Piura; se desarrollan playas de arena, dunas y acantilados costeros. Por ejemplo, en el balneario de Paita se observan delgadas franjas de playa de arena de suave pendiente acumuladas en una bahía limitadas por acantilados de roca metamórfica muy antiguas, siguiendo su desarrollo hacia el noreste

hasta ser interrumpidas por acantilados marinos de rocas pleistocénicas que forman parte de los tablazos, para luego aparecer de nuevo en las playas de Colán.

La zona carece de vegetación alguna y está dominada por procesos de arenamiento provocados por transporte de arena eólica, cuando la dirección es del océano al continente; también se encuentra expuesto al socavamiento por erosión de olas y tsunamis (fotografía 5.33).



Fotografía 5.33 Faja litoral, playa San Pablo, distrito de Vice, provincia de Sechura, Piura, agosto de 2009

Barra de arena (Ba)

Una barra es una acumulación de arena, que tiende a ser larga y lineal, formada paralela a la costa, se desarrollan en zonas donde se deposita grava o arena en aguas poco profundas.

Ejemplos de este tipo de geoforma se tiene en la desembocadura del río Chira (figura 5.5).

Estuario (Est)

El paisaje fluvio-marino está caracterizado por presentar la porción terminal del lecho de un río muy ensanchada desde varios kilómetros aguas arriba, debido a la acción de las altas mareas que represan la corriente y aun se remontan tierra adentro por decenas de kilómetros en un movimiento de regresión y transgresión. En

marea alta se favorece la sedimentación de toda la carga de aluviones en la porción ensanchada del cauce formando numerosos islotes y playones, diques y bajos (Villota, 2005).

Dentro de la región Piura se tiene como ejemplo de esta geoforma al estuario de Virrilá, ubicado en el distrito de Sechura, Piura (fotografía 5.34).

Lagunas, embalses de agua y cuerpos de agua (Lag)

Dentro de esta unidad se reúne a todo los cuerpos de agua de origen natural (lagunas) y artificial (represamientos), los cuales tienen dimensiones representables a la escala de trabajo. Como ejemplos se tiene a las lagunas Shimbe, Negra, Ñapique Chico y Grande, Ramón; las represas de Poechos y San Lorenzo (fotografía 5.35).



Figura 5.5 Barra de arena en la desembocadura del río Chira, Piura. Imagen Google Earth



Fotografía 5.34 Vista del estuario de Virrilá desde el puente Virrilá, distrito de Sechura, Piura; junio de 2009



Fotografía 5.35 Vaso de la presa de San Lorenzo, distrito de Las Lomas, Piura, agosto de 2009

CAPÍTULO VI

PELIGROS NATURALES

PELIGRO / AMENAZA

Por «peligro/amenaza» se entiende «un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (EIRD, 2009). Los peligros incluyen condiciones latentes que pueden materializarse en el futuro. Pueden tener diferentes orígenes: natural (geológico, hidrometeorológico y biológico) o antrópico (degradación ambiental y amenazas tecnológicas)».

Peligro/amenaza natural es «un proceso natural que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (EIRD, 2009). Este término se utiliza para describir eventos relacionados con amenazas existentes al igual que condiciones latentes que podrían ocasionar el surgimiento acontecimientos futuros. Los peligros naturales se pueden caracterizar por su magnitud o intensidad, su velocidad en un principio, la duración y el área que abarcan.

Peligro/amenaza geológica es «un proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la

salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (EIRD, 2009). Los peligros geológicos incluyen procesos terrestres internos (terremotos, actividad volcánica) y procesos terrestres externos afines como el de movimientos en masas. Los factores hidrometeorológicos son elementos que contribuyen considerablemente en alguno de estos procesos.

La región Piura, por sus características físicas, geográficas y climáticas, está expuesta constantemente a una serie de peligros naturales. A continuación se describirá los principales peligros identificados durante los trabajos desarrollados en este estudio.

Para la región Piura, se ha logrado inventariar y cartografiar un total de **1343** ocurrencias de peligros geológicos e hidrometeorológicos (denominados también geohidrológicos), siguiendo la metodología descrita en el Capítulo I.

Los trabajos de campo se realizaron en los meses de mayo y agosto de 2009, acumulando un total de 50 días de trabajos de campo.

En el gráfico N° 6.1 se muestra el porcentaje de ocurrencias de los peligros naturales según su origen, identificados en la región Piura. Se puede notar en este, que los peligros geológicos representan el mayor número de ocurrencias en la región.

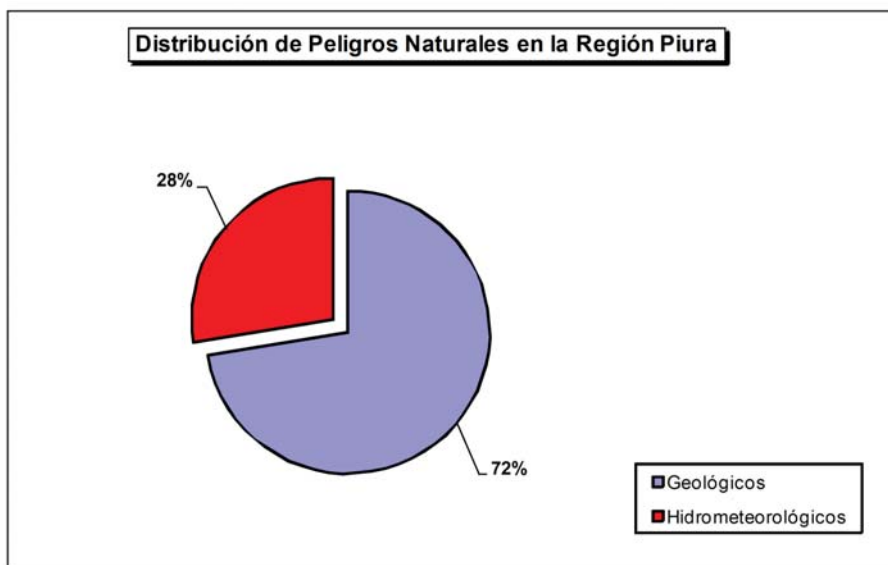


Gráfico 6.1 Distribución de los peligros naturales en la región Piura

La cronología de los principales peligros geológicos está relacionada con la presencia del fenómeno de El Niño (FEN), tal como se muestra en el cuadro 6.1.

Cuadro 6.1
Cronología y relato histórico de los principales peligros geológicos en la región Piura

Fecha	Descripción del peligro
1982/83 – 1997/98	Quebrada Songorita, distrito de La Brea, provincia de Talara, flujo de detritos (huayco) que destruyó la carretera Panamericana norte.
1997/98	Flujos de lodo en el km 1059 de la carretera Panamericana Norte, en el distrito de la Brea, provincia de Talara; en el sector de San Jacinto- distrito Ignacio Escudero; las Quebradas Casura, Las Lomas, Charanal, El Cardo, El Carbón, Billar y otras tantas quebradas secas que se activan de manera excepcional; destruyeron tramos de la carretera Panamericana Norte, puentes, badenes, también afectaron la antigua carretera que conectaba los distritos de Amotape y Talara.
1997/98	Reptación de suelos, que destruyó siete viviendas, una loza deportiva y un colegio, en el poblado de Santa Rosa, distrito de Ayabaca.
1982/83 – 1997/98	En el sector de La Huaca, el río Chira erosiona terrenos de cultivo ubicados en la margen izquierda, el dique de tierra ha sido totalmente roto, afecta unos 1000 m del dique de protección y 200 ha de terrenos de cultivo.
1982/83 – 1997/98	Procesos de erosión fluvial entre Sullana y La Huaca, afecta terrenos de cultivo en ambas márgenes.
1997/98	Puente Simón Rodríguez, que unía los distritos de Arenal y Amotape, colapsó con las lluvias de 1998, en un tramo de 100 m, afectando también la tubería de conducción de agua potable hacia Talara, terrenos de cultivo en terrazas bajas afectados con arenamiento producto de avenidas.
1997/98	En Vichayal, destrucción del dique de encauzamiento del río Chira en un tramo de 150 m, también se afectó terrenos de cultivo.
1997/98	El distrito de San Lucas (Colán), provincia de Paita, el oleaje marino del año 1998 afectó 20 viviendas del balneario La Esmeralda de Colán ubicadas muy cerca al mar.
1997/98	Puente Simón Rodríguez, distrito de Amotape. Sector inundado, estructuras de defensa ribereña destruida, afectó terrenos de cultivo.
1971/72 – 1997/98	En el año 1972, crecida del río Chira inundó su margen derecha. Este fenómeno se repitió en el año 1998, afectando el club Náutico del Chira.
1982/83 - 1997/98	Las intensas precipitaciones pluviales caídas durante los eventos El Niño en la ciudad de Sullana, se concentraron en una zona plana, para luego abrirse paso y discurrir hacia la ciudad inundando y afectando calles, viviendas, sistemas de agua potable, desagüe y un mercado, las cuales fueron anegadas y en algunos casos destruidas. Actualmente, se ha construido un canal-vía revestido de rocas y concreto para drenar las aguas de producirse otro fenómeno de similares dimensiones.
1997/98	En los sectores de la Bocana de Miramar y Paredones, se produjo inundaciones en ambas márgenes del río Chira, destruyendo el dique de encauzamiento, además afectó 14 viviendas, un pozo de petróleo y terrenos de pastoreo.
2001	El dique de encauzamiento del río Piura, en ambas márgenes, y los estribos del puente Independencia fueron afectados por las inundaciones y la erosión fluvial. La zona afectada se encuentra distribuida en unos 6 km del curso del río, entre Catacaos y el puente Independencia. En marzo de 2001, el río Piura destruyó el lado izquierdo del puente Independencia, restringiendo el tránsito hacia Sechura.
2001	En el puente Salitral, se ha colocado un enrocado en los estribos debido al proceso de erosión fluvial en ambas márgenes del río Piura, aguas arriba y aguas abajo del puente. Las lluvias de enero-marzo de 2001 destruyeron los accesos al puente.
1982/83 - 2001	En un tramo de unos 900 m del río Piura, en el puente Carrasquillo, es donde se produce erosión fluvial cuando el río aumenta su caudal. Las lluvias de abril-marzo de 2001 destruyeron los accesos al puente restringiendo el tránsito hacia el distrito de Morropón. El antiguo puente fue destruido durante el fenómeno de El Niño de 1982/83.
1971/72 - 1982/83 - 1997/98	El distrito de Castilla, región Piura, durante el Niño del año 1971/72, el río Piura se desbordó e inundó la ciudad. Durante El Niño de 1982/83, el río se desbordó por el sector de Castilla; así mismo, el río erosionó sus márgenes y amplió su cauce al destruir viviendas y calles de la ciudad. Los eventos de El Niño de los años 1982/83 y 1997/98 destruyeron el puente Bolognesi y el puente Viejo que dan acceso a la ciudad de Piura.

MOVIMIENTOS EN MASA

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

Los movimientos en masa identificados se han descrito utilizando la clasificación de deslizamientos y en general de movimientos en masa, adoptada por el Grupo de Estandarización de Movimientos en Masa (GEMMA) del Proyecto Multinacional Andino-Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA-GCA), se diferencian procesos activos y antiguos¹(algunos reactivados).

Estos procesos fueron cartografiados utilizando los mapas topográficos del IGN, e inventariados utilizando una «ficha o formato de inventario» donde se consignan datos morfométricos, geomorfológicos, geológicos, geotécnicos y de evaluación del peligro, de forma adecuada y fácil llenado.

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

Evidencias de inestabilidad reconocidas

La cartografía geomorfológica-geodinámica efectuada tuvo especial atención a las geoformas relacionadas con procesos de movimientos en masa, tanto de eventos antiguos como recientes, para lo cual se utilizaron fotografías aéreas disponibles de los años 1961, 1962 y 1963; interpretación de imágenes satelitales Landsat a escala 1:50 000 y mapas topográficos actualizados del IGN a escala 1:100 000.

La evolución de las vertientes o laderas, las formas de depósito y/o erosión reconocidas asociadas a movimientos en masa son:

Formas de depósitos de movimientos en masa:

- Depósitos de movimientos en masa de dimensiones grandes (deslizamientos, derrumbes y avalanchas de rocas), cartografiados a escala 1:100 000, y en algunos casos de escala menor.
- Depósitos de flujos antiguos de dimensiones variables, tanto de origen deluvial como proluvial; que muestran cierres parciales de valles.
- Conos o abanicos de mayor dimensión (aluvionales), como los que se encuentran en el valle de los ríos Piura, Chira, Quiroz y Huancabamba.
- Depósitos de movimientos en masa de diferente tipo con represamientos de valles principales o secundarios.
- Depósitos de vertiente o piedemonte con formas irregulares, muchas veces asociadas a movimientos en masa.

Formas de erosión:

- Canales o surcos de erosión pluvial, carcavamientos (por ejemplo: procesos avanzados de erosión de laderas en los cerros por donde atraviesa el trazo de la carretera Sondorillo-Huarmaca que desencadenan en derrumbes y deslizamientos).
- Cicatrices de deslizamientos antiguos, caídas o derrumbes y vuelcos recientes.
- Irregularidades en el terreno en laderas de baja a fuerte pendiente, por procesos de reptación, que involucran rompimiento de cobertura vegetal (pastizales).

Los procesos de movimientos en masa reconocidos en la región están tipificados en deslizamientos, caídas, flujos, movimientos complejos, vuelcos y reptación.

Inventario y ocurrencias principales

En el presente estudio se han identificado 972 ocurrencias de movimientos en masa, tanto en los trabajos de campo, como en gabinete (gráfico 6.2).

Las principales ocurrencias de los diferentes eventos, se describen en los cuadros 6.2 al 6.10, en los que indican datos como: paraje, sector o área afectada (distrito y provincia), causas o factores principales. Se incluye un comentario geológico-geodinámico relevante, se otorgan las dimensiones del área afectada, y, finalmente, se muestran los daños ocasionados o probables a la vida y la propiedad, según la información obtenida.

Estos cuadros además muestran tres columnas donde se ha estimado cualitativamente:

¹ En la estimación de la edad de los movimientos en masa, se emplea las cuatro categorías para edad, sugerida por McCalpin (1984), la cual diferencia: 1) Activo (con record histórico: <140 años), 2) Inactivo (Joven: 140-5000 años), 3) Inactivo (maduro: 5000 a 10 000 años) y 4) Inactivo (viejo: antiguo >10 000 años). Esta clasificación puede aplicarse a otros peligros con inferencia y criterio subjetivo.

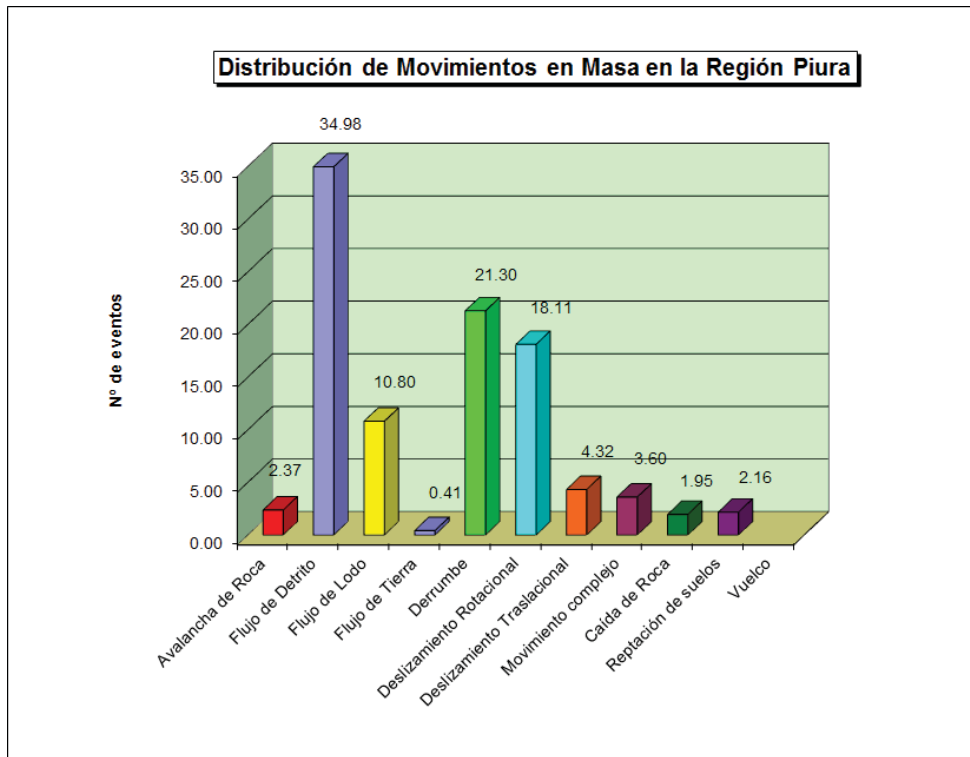


Gráfico 6.2 Distribución de movimientos en masa de la región Piura

Grado de peligro (P): se determina en función de las características de los factores condicionantes, su estado de actividad, dimensiones (área y volumen de material involucrado) y recurrencia del evento. Se utilizan valores entre 2 y 5; 2 para el peligro bajo y 5 para muy alto peligro.

Grado de vulnerabilidad (V): se considera el tipo de área afectada por evento con daños materiales (infraestructura vial u obra de gran importancia: presa, bocatoma, central), daños a viviendas y áreas pobladas, servicios básicos, etc.; pérdidas humanas, damnificados, etc. Así mismo, se consideran áreas que podrían ser influenciadas por un evento potencialmente peligroso (directa o indirectamente). La vulnerabilidad fue expresada en valores numéricos del 1 al 4; 1 para vulnerabilidad baja y 4 para vulnerabilidad muy alta.

La estimación del riesgo (R), considera el producto simple de $P \times V$.

Caída (Fall)

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra un desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y

rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir, con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s.

En función al mecanismo principal y la morfología de las zonas afectadas por el movimiento, así como, del material involucrado, las caídas se subdividen en tres tipos principales: aludes, caída de rocas y derrumbes. Se presentan dentro de la región en un 23.28% del total de movimientos en masa inventariados.

- Aludes: son desprendimientos violentos de un frente glaciar (hielo/nieve) acompañando algunas veces el substrato rocoso y/o fragmento detrítico (morrenas), que ocurren en áreas de montañas glaciares.
- Caída o desprendimiento de rocas: ocurre en laderas de montañas y colinas de moderada a fuerte pendiente, frentes rocosos escarpados, montañas estructurales asociadas a litologías de diferente naturaleza (sedimentarias, ígneas y metamórficas), sujetas a fuerte fracturamiento, así como, en taludes al efectuarse cortes en laderas para obras civiles (carreteras y canales). Las principales ocurrencias se presentan en el cuadro 6.2.
- Derrumbes: son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o

desplome como una sola unidad, desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. Se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de rocas sedimentarias, esquistos y depósitos poco consolidados. Las principales ocurrencias se presentan en el cuadro 6.3.

Vuelco (Toppling)

Este tipo de movimiento en masa tiene una rotación generalmente hacia delante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empuje de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Varnes, 1978).



Fotografía 6.1 Caída de rocas sobre una vivienda ubicada en la trocha carrozable Ayabaca-Sausal, región Piura



Fotografía 6.2 Caída de rocas desde acantilados de areniscas poco consolidadas en el sector de Pariñas, distrito de Talara, región Piura

Cuadro 6.2
Descripción de las principales caídas

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
La Bocana Las Lomas Piura 86111027	Pendiente del terreno baja de 5 - 20°; substrato de rocas volcánicas; precipitaciones pluviales intensas y talud de corte de la carretera.	4	2	8	La caída de rocas que compromete rocas volcánicas presenta fracturamiento abierto y cuñas, talud de corte de la carretera muy fuerte y material acumulado al pie del talud que pueden generar derrumbes. Se debe reforestar la zona y desquinchar los bloques sueltos.	Afecta 100 m de la carretera afirmada de Las Lomas - Presa de Poechos.
Trocha carrozable Sausal-Ayabaca Piura 96111306	Pendiente del terreno de 20 - 35°, suelos residuales conformados por limo, arcilla y grava, substrato de rocas andesíticas que se presentan fracturadas. El fenómeno es activo.	4	2	8	Se presenta una acumulación de bloques en la ladera de hasta 1.5 m de longitud, inmediatamente abajo se ubica una vivienda de material rústico, que puede ser afectada por la eventual caída de bloques ante un evento sísmico (fotografía 6.1).	Puede ser afectada una vivienda y las personas que la ocupa.
Pariñas Talara 66141085	Rocas muy fracturadas o diaclasadas, pendiente del terreno, presencia de bloques suspendidos de hasta 0.5 m. de diámetro, buzamiento de los estratos de la formación Talara a favor de la pendiente, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	La caída de rocas, con formación de canchales de déritos, presenta una zona de arranque irregular con una longitud de 900 m. En época de lluvias excepcionales como el fenómeno de El Niño podrían generarse huaycos y afectar viviendas del sector (fotografía 6.2).	Puede afectar el tendido de luz eléctrica y viviendas del sector Pariñas.
A.H. Leticia Pariñas Talara 66141086	Rocas muy fracturadas o diaclasadas, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, sismicidad y/o fallas activas.	3	3	9	La caída de rocas presenta bloques de 1 m de diámetro en la ladera. La zona de arranque es irregular de 550 m de longitud. De ocurrir un sismo pueden caer y afectar viviendas del A.H. Leticia.	Puede afectar los postes de alumbrado público y algunas viviendas del A.H. Leticia que se encuentran cerca a la ladera del cerro.

P: peligro

V: Vulnerabilidad

R: Riesgo estimado

Cuadro 6.3
Descripción de los principales derrumbes

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Ayabaca Piura 96141055	Suelo de naturaleza gravo-arenosa con limos, pendiente media de 20 - 35°, sismicidad, cortes artificiales, talud de corte con ángulo de 90°, fracturamiento abierto y presencia de bloques colgados por caer.	4	3	12	Es una zona de derrumbes donde se observa acumulación de material caído al pie del talud. El fenómeno es activo y de recurrencia periódica.	Afecta 100 m de la carretera.
Ayabaca Piura 96141059	Substrato de rocas intrusivas, pendiente fuerte de 35 - 50°, talud de corte subvertical; sismicidad, inestabilidad en el talud de corte y bloques inestables.	4	3	12	Es una zona de derrumbes muy crítica con caída de suelo y clastos de roca. El fenómeno es activo y de recurrencia periódica-ocasional.	Afecta 500 m de la carretera.
Ayabaca Piura 96141063	Substrato de granodiorita extremadamente fracturado (F4) y moderadamente meteorizado (A4), pendiente del terreno fuerte de 35 - 50° sismicidad, cortes artificiales y fracturas abiertas.	4	3	12	Es una zona inestable con caída de clastos y fragmentos de rocas a la carretera; se observa las rocas muy fracturadas. El fenómeno es activo y de recurrencia periódica.	Afecta 100 m de la carretera.
Ayabaca Piura 96111075	Substrato de rocas sedimentarias de tipo lutitas, extremadamente fracturada (F4) y moderadamente meteorizada (A3), suelo arenolimoso con gravas; talud de corte de 50°, bloques inestables y árboles arrancados en el talud superior por caer.	4	3	12	Es una zona de derrumbes de 70 m de alto x 150 m de ancho, talud de corte inestable, caída de suelos, clastos y bloques de roca de hasta 3 m de forma prismática. El fenómeno es activo.	Afecta 150 m de la carretera.
Jilili Ayabaca Piura 96111089	Substrato de lutitas fragmentadas (F5) y altamente meteorizada (A4); suelos limo-arcillosos; pendiente media de 20 - 35°; filtraciones y cortes artificiales. El fenómeno es activo y de recurrencia periódica.	4	3	12	Es una zona crítica que presenta inestabilidad en el talud de corte de carretera e involucra suelo y rocas. Se ha construido un muro de contención en un tramo de la carretera. El fenómeno es activo y de recurrencia periódica.	Afecta 300 m de la carretera.
Jilili Ayabaca Piura 96111091	Substrato de lutitas muy replegadas fragmentadas (F5) y completamente meteorizada (A5), Suelos limo-arcillosos, pendiente media de 20 - 35° y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Es un arranque circular de unos 80 m de alto x 250 m de ancho con un asentamiento de un gran volumen de terreno. La escarpa está avanzando hacia las partes altas. También se observa erosión en cárcavas en el cuerpo caído y en el talud inferior de la carretera que está produciendo una pérdida de la plataforma de la carretera por sectores. El fenómeno es activo y de recurrencia periódica.	Afecta 250 m de la carretera, 2 viviendas y terrenos de cultivo.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Pacaipampa Ayabaca Piura 96141279	Pendiente del terreno fuerte de 35 - 50°, suelo residual conformado por arena, talud de corte de carretera de fuerte pendiente, precipitaciones pluviales intensas y sismicidad.	4	3	12	Es un derrumbe con altura de 20 - 25 m de alto x 70 m de ancho, en el cuerpo hay material suelto. Se debe reforestar la zona y mejorar el talud de corte. Se ha colocado un muro de contención. El fenómeno es activo.	Afecta 80 m de la carretera y puede afectar viviendas.
Las Lomas Piura 86111042	Substrato de rocas volcánicas; pendiente del terreno de 5-20°, morfología de valle fluvial, precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial y cobertura vegetal escasa del tipo arbustiva.	4	3	12	Se producen derrumbes en el talud de corte realizado para construir el canal Yuscay que conduce agua de la represa de San Lorenzo hacia el Bajo Piura. En periodos de "El Niño" se producen caídas de gran cantidad de material suelto al canal; se ha realizado el banquetado del talud en el lado izquierdo visto aguas abajo. En este punto también confluye una quebrada de corto que aporta material de flujo al canal. El fenómeno es activo, se produce de manera excepcional y tiene una posibilidad de reactivación alta. Los daños son severos.	Afecta unos 500 m aproximadamente del canal Yuscay.
Yanta Ayabaca Piura 96141054	Substrato de roca granítica extremadamente fracturada (F4) y ligeramente meteorizada (A2), pendiente del terreno muy fuerte de 50 - 70°, actividad de la vegetación, sismicidad, cortes artificiales, fracturamiento abierto y bloques inestables por caer.	4	2	8	Es una zona de derrumbes con caída de suelos y bloques de roca de hasta 1 m de diámetro. Se produce acumulación de materiales en el talud de corte de carretera. El fenómeno es activo y de recurrencia periódica.	Afecta 300 m de la carretera.
Barro Negro Ayabaca Piura 96141061	Substrato de granodiorita fragmentada (F5) y altamente meteorizada (A4), pendiente del terreno fuerte de 35 - 50°, sismicidad y talud de corte subvertical.	4	2	8	Es una zona de derrumbes con caída de suelos y bloques de roca y materiales caídos acumulados al pie del talud de corte de carretera. El fenómeno es activo y de recurrencia periódica.	Afecta un tramo de la carretera.
Jilili Ayabaca Piura 96111090	Substrato de lutitas muy plegadas fragmentadas (F5) y altamente meteorizada (A4), Suelos limo-arcillosos; pendiente media de 20 - 35°, filtraciones y cortes artificiales.	4	2	8	Es una zona crítica con laderas inestables por el talud de corte realizado, con caída de suelos y rocas a la carretera. El fenómeno es activo.	Afecta 100 m de la carretera.
Bellavista Alta Montero Ayabaca Piura 96111092	Substrato de lutitas, fragmentado (F5) y altamente meteorizada (A4), suelo limo-arcilloso, pendiente media de 20 - 35° y cortes artificiales.	4	2	8	Es una zona de arranque regular de 40 m de alto x 80 m de ancho, de material removido inestable y asentamiento de suelos hacia la carretera. En el material caído y depositado en el talud de corte se puede apreciar erosión en surcos. Es un fenómeno activo y de recurrencia excepcional.	Afecta 80 m de la carretera.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Carretera hacia Aypate km 5+300 Ayabaca Piura 96121165	Pendiente del terreno media de 20 - 35°; suelo residual limo-arcilloso, rocas volcánicas fragmentadas y alteradas a suelo residual, precipitaciones pluviales intensas y talud de corte de la carretera de fuerte ángulo.	4	2	8	Es un derrumbe que presenta una zona de arranque de 20 - 30 m de alto x 200 m de ancho. En el cuerpo hay material suelto parcialmente saturado. En otro sector se puede observar la roca muy fracturada en donde se pueden producir caída de rocas. El fenómeno es activo.	Afecta 200 m de la carretera hacia Aypate a la altura del km 5 + 300.
Carretera hacia Aypate km 12+800 Ayabaca Piura 96121168	Pendiente el terreno media de 20 - 35°; suelo residual areno-limoso con menor porcentaje de arcilla; roca fragmentada y alterada a suelo residual, filtraciones, precipitaciones pluviales intensas; sismicidad y talud de corte de la carretera de fuerte ángulo.	4	2	8	Es un derrumbe con zona de arranque de 20 - 30 m de alto x 80 m de ancho. En el cuerpo hay material suelto y roca muy fracturada. Se pueden generar caídas de roca. Se recomienda mejorar el talud de corte de la carretera. El fenómeno es activo.	Afecta 100 m de la carretera hacia Aypate a la altura del km 12 + 800.
Pacaipampa Ayabaca Piura 96141258	Pendiente el terreno medio de 20 - 35°; substrato de rocas intrusivas de tipo granodiorita extremadamente fracturada y completamente meteorizada, precipitaciones pluviales intensas, sismicidad y talud de corte de la carretera de fuerte ángulo.	4	2	8	Es una zona de derrumbe de 100 m de ancho x 20 m de alto, en el cuerpo se observa material suelto inestable por caer, se pueden generar caída de rocas. El fenómeno es activo.	Afecta 100 m de la carretera Pacaipampa - Tulman en el km 0 + 300.
Pacaipampa Ayabaca Piura 96141259	Pendiente el terreno medio de 20 - 35°; suelo residual areno-limoso, substrato de rocas intrusivas de tipo granodiorita, precipitaciones pluviales intensas, sismicidad y talud de corte de la carretera.	4	2	8	Es un derrumbe con zona de arranque de 100 m de ancho x 30 - 40 m de alto. Se observa material suelto en el cuerpo. Se recomienda reforestar la zona. El fenómeno es activo.	Afecta 200 m de la carretera Pacaipampa - Tulman en el km 0 + 700.
Pacaipampa Ayabaca Piura 96141271	Pendiente del terreno media de 20 - 35°; suelo arenoso; substrato de rocas intrusivas de tipo granodiorita, precipitaciones pluviales intensas; filtraciones y sismicidad. El talud de corte de la carretera es de fuerte pendiente.	4	2	8	Es un derrumbe con zona de arranque de 20 m de alto x 100 m de ancho, se observa material suelto e inestable en el cuerpo, se presenta también erosión en surcos. Se debe reforestar la zona y mejorar el talud de corte de la carretera. El fenómeno es activo.	Afecta 100 m de la carretera Pacaipampa - Chalaco en el km 1 + 900.
Trocha a Sausal Ayabaca Piura 96111319	Pendiente del terreno fuerte de 35 - 50°; suelo residual, precipitaciones pluviales intensas, talud de corte de la carretera de fuerte pendiente y fracturas abiertas.	4	2	8	Se producen derrumbes en el talud de corte de la carretera. La rotura es mixta y la zona de arranque es irregular de 150 m de longitud x 15 m de alto, se produce acumulación de material en la plataforma de la carretera. Los daños son moderados. El fenómeno es activo y de recurrencia periódica.	Afecta 150 m de la trocha carrozable al poblado de Sausal.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Cerro Grande Huamaca Huancabamba 105931102	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), rocas muy fracturadas o diaclasadas, ausencia o escasez de vegetación y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	Los derrumbes en el talud superior de la carretera Nuevo Hualapampa-Huamaca presentan esquistos muy alterados. La zona de arranque es irregular y forma canchales de detritos con presencia de bloques aislados de hasta 0.5 m de diámetro, (fotografía 6.3).	Afecta un tramo de 200 m de la carretera Nuevo Hualapampa-Huamaca en el km 46+400 y el puente Huancabamba.
Carretera Olmos- Jaén Huamaca Huancabamba 105931112	Sustrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	Los derrumbes se presentan en el talud superior de la carretera Olmos-Jaén, además se observa erosión de laderas que acarrear pequeños flujos a lo largo de todo este sector con presencia de bloques aislados de hasta 0.5 m de diámetro. Cabe mencionar que estos derrumbes se encuentran en el pie de un movimiento complejo antiguo en el cerro Celan Pampa, de aproximadamente 2400 m de longitud de escarpa; el cuerpo presenta erosión en cárcavas (fotografía 6.4).	Puede afectar un tramo de 1050 m de la carretera asfaltada Olmos-Jaén, en el km 56+620.
Carretera Olmos- Jaén Huamaca Huancabamba 105931113	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), rocas muy fracturadas o diaclasadas, naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	Los derrumbes en el talud superior de la carretera afectan constantemente la carretera Olmos-Jaén y se forman canchales de detritos de 0.8 m de diámetro. Se realizan constantes trabajos para estabilizar el talud. El derrumbe se ha reactivado por el corte de la carretera (fotografía 6.5).	Puede afectar 900 m de la carretera asfaltada Olmos-Jaén, en el km 55+200.
Cerro Lanlan Huamaca Huancabamba 105931118	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), rocas muy fracturadas o diaclasadas, pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	3	3	9	Se producen derrumbes en el talud superior de la carretera cuya zona de arranque es regular y presenta bloques colgados inestables de hasta 0.7 m de diámetro.	Afecta 1000 m de la carretera asfaltada Olmos -Jaén en el km 49+620.
El Tambo San Miguel de El Faique Huancabamba 96021085	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, aguas subterráneas (infiltraciones, presión de poros) y excavaciones voladuras (cortes en el pie de talud).	3	2	6	Se producen derrumbes en el talud superior de la carretera causados por la saturación de las arcillas. La zona de arranque es irregular y discontinua. Se forman canchales de detritos y bloques colgados de hasta 0.15 m de diámetro. En época de lluvias se obstruye el paso vehicular. Se recomienda mantenimiento permanente de la carretera.	Afecta 1700 m de la carretera Canchaque-El Higuerón por sectores (km 08+340).
Carretera Olmos- Jaén Huamaca Huancabamba 95921124	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	Los derrumbes en la cabecera de la cárcava en Loma Vuella Colorada aportan material al cauce de la cárcava. En época de lluvias generan huaycos. Todos los años afectan la carretera Olmos-Jaén.	Afecta la carretera Olmos-Jaén en el km 22+980.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Carretera Olmos-Jaén Huamaca Huancabamba 95921125	Substrato de mala calidad (muy meteorizado); naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	El derrumbe se produce en el talud superior de la carretera Olmos-Jaén, con presencia de bloques de hasta 0.3 m diámetro que son producto de la intensa erosión en el sector. Durante el período de lluvias acarrea huaycos que obstruyen el paso vehicular en la carretera. Se recomienda colocar trinchos y reforestar en la parte alta de la cárcava.	Afecta un tramo de 80 m de la carretera Olmos-Jaén en el km 23+240.
Carretera Olmos-Jaén Huamaca Huancabamba 95921126	Alternancia de rocas de diferente competencia, naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas y aguas subterráneas (infiltraciones-presión de poros).	4	2	8	Los derrumbes en el talud superior de la carretera Olmos-Jaén con acumulación de detritos en la ladera afectan a la carretera. Se encuentran bloques de 0.1 m de diámetro, en el cuerpo de un deslizamiento antiguo de 100 m de longitud de escarpa. También se presenta asentamiento en la carretera.	Afecta un tramo de 100 m de la carretera Olmos-Jaén en el km 23+600.
Sector Abra Porcuila Huamaca Huancabamba 95921143	Pendiente del terreno; precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial (socavamiento del pie de un talud) y ocupación inadecuada del suelo por el hombre (áreas vulnerables).	4	2	8	La zona de derrumbes en el talud superior de la carretera Olmos-Jaén ya ha destruido tramos de la antigua carretera.	Afecta un tramo de 2150 m por sectores en la carretera Olmos-Huallapampa del km 44+00 al km 46+600.
Cerro Negro Huancabamba Huancabamba 106041085	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	Los derrumbes en ambas márgenes de la quebrada aportan material al cauce. Existe evidencia de un huayco antiguo. Podría generarse un flujo de detritos debido a la gran cantidad de material suelto en la ladera.	Puede afectar un tramo de 200 m de la carretera de acceso a Huancabamba.
Sondorillo Huancabamba 106031103	Alternancia de rocas de diferente competencia, naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, sismicidad y/o fallas activas, excavaciones voladuras (cortes en el pie de ladera o talud).	4	2	8	Los derrumbes en el talud superior de la carretera Sondorillo-Chulucanitas forman canchales de detritos. Se recomienda mantenimiento permanente de la carretera y desquinchado de bloques suspendidos.	Puede afectar un tramo de 300 m de la carretera Sondorillo-Chulucanitas.
Pasallapampa Huamaca Pasallapampa 95921129	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	El derrumbe en el talud superior de la carretera Olmos-Jaén, con una zona de arranque irregular de 350 m de longitud y 50 m de altura, en épocas de lluvias, aporta material al cauce de la quebrada, generando flujos. Encontramos presencia de cantos suspendidos de hasta 0.2 m de diámetro. Actualmente, la quebrada se encuentra encauzada por una alcantarilla a la cual no se le da mantenimiento, se encuentra colmatada de material y presenta erosión en las paredes de la ladera inferior.	Afecta un tramo de 400 m de carretera, en el km 22+980, una vivienda y camino de acceso al túnel de la central hidroeléctrica.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Carretera Olmos- Jaén Huamaca Huancabamba 95921131	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	La zona de derrumbes en talud superior de la carretera Olmos- Jaén presenta una zona de arranque irregular, discontinuo de 750 m de longitud y 50 m de altura. Forma canchales de detritos colgados en el talud de la margen derecha de la quebrada Rinconada.	Afecta 600 m de la carretera Olmos-Jaén.
Carretera Olmos- Jaén Huamaca Huancabamba 95921134	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	La zona de derrumbes en el talud superior de la carretera Olmos- Jaén forma canchales de detritos y bloques suspendidos en el talud. Además, presenta erosión fluvial en el pie; también erosión en cárcavas que intersectan el cuerpo del derrumbe y afecta plataforma. Se recomienda mantenimiento permanente de la carretera.	Afecta cumetas, un tramo de la carretera asfaltada Olmos -Jaén desde el km 28+000 hasta el km 31+000.
Carretera Olmos- Jaén, cerro La Cruz Huamaca Huancabamba 95921141	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), rocas muy fracturadas o diaclasadas, naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas y aguas subterráneas (infiltraciones-presión de poros).	4	3	12	La zona de derrumbes en el talud superior de la carretera Olmos - Jaén, en el cuerpo, presenta pequeños deslizamientos, flujos e intensa erosión de laderas, las cuales en época de lluvias acarrear flujos de detritos.	Obstrucción de la vía Olmos -Jaén en un tramo de 8 km aprox., del km 32+300 al km 40+000.
Carretera Canchaque- Huancabamba Canchaque Huancabamba 96021068	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), rocas muy fracturadas o diaclasadas, naturaleza del suelo (incompetente), precipitaciones pluviales intensas y aguas subterráneas (infiltraciones-presión de poros).	4	2	8	El derrumbe es activo en el talud superior de la carretera, presenta intensa erosión que afecta la plataforma. Se ha colocado enrocado de 30 m en el talud inferior de la carretera.	Afecta un tramo de 100 m de la carretera, y la tubería de agua potable.
La Peña San Miguel de El Faique Huancabamba 96021093	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), precipitaciones pluviales intensas y aguas subterráneas (infiltraciones-presión de poros).	4	2	8	Existe derrumbe en el talud superior de carretera. También se presenta caída de rocas colgadas e inestables en el talud de hasta 0.40 m con zona de arranque irregular de 450 m aproximadamente.	Obstruye la carretera y cultivos de plátanos.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Carretera Morropón- Canchaque Canchaque San Miguel de El Faique Huancabamba 96021100	Alterancia de rocas de diferente competencia, rocas muy fracturadas o diaclasadas, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas, sismicidad y/o fallas activas y excavaciones voladuras (cortes en el pie de ladera o talud).	3	2	6	Existen derrumbes en el talud superior en el cerro Campana, con presencia de bloques de 1.5 m de diámetro. Una vivienda se encuentra al pie del evento. Se ha colocado un enmallado.	Obstrucción de la vía en 1000 m, de la carretera Morropón-Canchaque en el km 70+520.
Carretera Olmos- Jaén Huamaca Huancabamba 95921127	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Existen derrumbes con zona de arranque irregular y discontinuo de 80 m de alto y 200 m de longitud en talud superior de la carretera. Se encuentra presencia de bloques aislados que han sido removidos al talud inferior de la carretera. La carretera presenta asentamientos.	Afecta un tramo de 200 m aprox., desde el km 24+800 al 25+000 de la carretera asfaltada de Olmos-Jaén.
Sector Pasallapampa Huamaca Huancabamba 95921128	Rocas muy fracturadas o diaclasadas, naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas y aguas subterráneas (infiltraciones-presión de poros).	4	3	12	El derrumbe en el talud superior de la carretera compromete roca/suelo, con presencia de bloques suspendidos y acumulación de detritos en el talud. La carretera presenta asentamientos.	Afecta 120 m de la carretera Olmos-Jaén, en el km 26+000.
La Perla Huancabamba Huancabamba 106041159	Rocas muy fracturadas o diaclasadas, material de remoción antiguo susceptible, pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas (pluviosidad alta).	4	3	12	Existe un derrumbe activo en la margen derecha del río Huancabamba, con presencia de bloques de hasta 0.3 m de diámetro y detritos suspendidos en la ladera. De producirse un sismo puede afectar las viviendas del sector La Perla que se encuentran debajo del derrumbe. Este sector también es afectado por erosión fluvial.	Puede afectar 5 viviendas y terrenos de cultivo.

P: peligro

V: Vulnerabilidad

R: Riesgo estimado



Fotografía 6.3 Derrumbes en carretera Nuevo Hualapampa-Huamaca a la altura del km 46+400 y el puente Huancabamba, región Piura



Fotografía 6.4 Derrumbes en carretera asfaltada Olmos-Jaén, a la altura del km 56+620, región Piura



Fotografía 6.5 Derrumbes en carretera asfaltada Olmos-Jaén, a la altura del km 55+200, región Piura

Deslizamiento (Slide)

Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante. Varnes (1978) clasifica los deslizamientos según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares y/o en cuña.

Los deslizamientos cartografiados en la región representan el 22.43 % del total de movimientos en masa inventariados en la región.

Deslizamiento traslacional (*Translational slide*), deslizamiento en cuña (*Wedge slide*)

La masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden y Varnes, 1996). En un macizo rocoso, este mecanismo de falla ocurre cuando una discontinuidad geológica, tiene una dirección aproximadamente paralela a la de la cara del talud y buza hacia esta con un ángulo mayor que el ángulo de fricción (Hoek y Bray, 1981).

En los casos en que la traslación se realiza a través de un solo plano se denomina deslizamiento planar (Hoek y Bray, 1981). El deslizamiento en cuña (*wedge slide*) es un tipo de movimiento en el cual el cuerpo del deslizamiento está delimitado por dos planos de discontinuidad que se intersectan entre sí e intersectan la cara de la ladera o talud, por lo que el cuerpo se desplaza bien siguiendo

la dirección de la línea de intersección de ambos planos o el buzamiento de uno de ellos.

La velocidad de los deslizamientos puede variar desde rápida a extremadamente rápida.

Los deslizamientos de tipo traslacional han sido inventariados en un total de 42 ocurrencias, los cuales se presentan afectando laderas de montañas y colinas, donde se tienen planos de discontinuidad (estratificación o fracturamiento) a favor de la pendiente, así como también de taludes de corte de carretera. Las principales ocurrencias se presentan en el cuadro 6.4.

Deslizamiento rotacional (*Rotational slide, Slump*)

En este tipo de deslizamiento, la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla, curva cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es autodeslizante y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas.

Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.

Los deslizamientos de tipo rotacional han sido inventariados en un total de 176 ocurrencias, los cuales se presentan afectando laderas de montañas y colinas, y a lo largo de taludes de corte de carretera.

Las principales ocurrencias de deslizamientos se describen en el cuadro 6.4.

Cuadro 6.4
Descripción de los principales deslizamientos

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Ayabaca Piura 96121072	Substrato de andesitas fragmentada (F5) y altamente meteorizada (A4), suelo limo-arcilloso y precipitaciones pluviales intensas.	5	4	20	El deslizamiento se produjo en el año 1983, tiene una zona de arranque irregular los movimientos se dan en periodos de lluvia, se observa la ladera con trabajos de banquetado y obras de drenaje para estabilizar la zona. Una reactivación podría afectar viviendas en el distrito de Ayabaca, la escarpa del deslizamiento aparece cubierta por las construcciones de viviendas y vegetación de la ladera. El fenómeno es activo y de recurrencia periódica.	Puede afectar 100 m de la carretera, y aproximadamente 10 viviendas en el distrito de Ayabaca.
Ayabaca Piura 96121003	Substrato de roca andesítica, suelo arenolimoso, pendiente del terreno fuerte de 35-50° y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	La zona es inestable con presencia de pequeños deslizamientos activados en épocas de lluvias y cárcavas generadoras de pequeños flujos. El fenómeno es activo y de recurrencia ocasional.	Afecta 300 m de la carretera. Pueden verse afectadas unas 5 viviendas.
Ayabaca Piura 96121015	Substrato de rocas volcánicas e intrusivas, cubierto por suelo diluvio-residual (limos y arcillas) medianamente compacto, fragmentada (F5), completamente meteorizada (A5), morfología formada por laderas y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Se observan dos deslizamientos en el cuerpo del evento antiguo y derrumbes en el talud de corte de carretera. Es una zona inestable. El deslizamiento es antiguo de escarpa circular, el salto principal de más de 30 m, el cuerpo de deslizamiento ha tenido otro salto secundario, paralelo. El fenómeno es inactivo-maduro.	Afectó 500 m de la carretera.
Ayabaca Piura 96121018	Substrato de rocas intrusivas cubierto por suelo coluvio residual (limos y arcillas), medianamente compactado, extremadamente fracturada (F4), altamente meteorizada (A4), terreno con pendiente media con 20° - 35° y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	La escarpa es circular con salto principal de unos 40 m. Produjo el asentamiento de una gran masa de terreno hacia la quebrada. Si la escarpa avanza puede poner en peligro unas cuatro viviendas. En la misma ladera se observa otras escarpas que causan la inestabilidad de la zona.	Causó daños a 4 viviendas y afectó áreas de cultivo.
Ayabaca Piura 96121071	Substrato de rocas volcánicas, fragmentada (F5) y altamente meteorizada, pendiente media de 20° - 35° y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Los asentamientos de la plataforma de la carretera y del terreno se encuentran en el talud superior, zona de arranque irregular observable por zonas debido a que tiene cobertura vegetal. El fenómeno es activo y de recurrencia periódica estacional.	Afecta 100 m de la carretera.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Pueblo Nuevo Montero Ayabaca Piura 96111084	Substrato de lutitas fragmentada (F5), suelo areno-limoso, pendiente media de 20° - 35° y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	El asentamiento y caída de suelos se encuentran desde las partes altas del cerro, en la actualidad solo quedan algunas huellas, ya que todo se ha cubierto de vegetación; el deslizamiento arrasó y destruyó viviendas. Actualmente, los moradores han regresado al lugar después de 3 años. En la zona, también hay una cárcava por donde en periodos lluviosos pasan huaycos. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Afecta 250 m de la carretera, 5 viviendas, terrenos de cultivo y líneas de transmisión eléctrica.
Chocan Ayabaca Piura 96121154	Pendiente de terreno media de 20° - 35°; suelo coluvio-residual; substrato de rocas volcánicas y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	El deslizamiento es rotacional con una corona circular de 400 m de longitud. La escarpa principal tiene una altura de 50 m y 100 m de ancho. En la escarpa desprovista de vegetación, se han producido derrumbes, se pueden producir caída de rocas. Existe una deformación en el cuerpo del deslizamiento. El pueblo de Chocan se encuentra en la parte media del deslizamiento y la parte de la corona se ha reactivado como derrumbe. El fenómeno es inactivo-joven.	Una reactivación podría afectar los terrenos de cultivo y las viviendas del poblado de Chocan.
El Palomar Pacaipampa Ayabaca Piura 96141295	Pendiente de terreno fuerte de 35° - 50°, substrato de roca intrusivo tipo tonalita y granodiorita, extremadamente fracturada y altamente meteorizada y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	El deslizamiento de escarpa circular continua de 150 m de longitud produce asentamientos de terreno en la ladera, con el arranque de vegetación dejando expuesto un suelo de color anaranjado. Al costado del deslizamiento se puede observar las cicatrices de deslizamientos antiguos estabilizados. De producirse un asentamiento grande de terreno puede afectar algunas viviendas del poblado de Pacaipampa. Los daños causados hasta el momento son leves. El fenómeno es activo y de recurrencia periódica.	Puede afectar viviendas del poblado de Pacaipampa.
Ampliación San Martín Central Paita Piura 66021007	Suelo residual arcillo-limoso con menor porcentaje de arenas; substrato de areniscas, arcillitas y limollitas, pendiente del terreno baja de 5° - 20°, precipitaciones pluviales intensas y filtraciones.	4	3	12	La zona de deslizamiento de escarpa recta y plana de 200 m de longitud, salto de 10 m, desnivel entre la escarpa y el pie es de 30 m, hay reactivaciones secundarias con saltos de 1 m, asentamientos, agrietamientos de hasta 20 m de longitud x 0.5 m de profundidad y 2 cm de separación. El terreno está inestable y saturado de agua, existen filtraciones importantes de agua en la parte alta de la quebrada llegando a formar pequeñas cochas, se observan derrumbes y asentamiento de grandes bloques desde las capas horizontales de la Formación Chira. El fenómeno es activo y de recurrencia periódica.	Las viviendas de la ampliación San Martín Central de Paita se encuentran ubicadas en el mismo cauce de la quebrada, inmediatamente debajo del material que se está moviendo y podrían resultar afectadas por un gran desplazamiento de material. Los daños causados son severos.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Las Pampas Pacaipampa Ayabaca 96131380	Substrato de mala calidad (muy meteorizado); naturaleza del suelo (incompetente); material de remoción antiguo, susceptible; pendiente del terreno; ausencia o escasez de vegetación; precipitaciones pluviales intensas y aguas subterráneas (infiltraciones-presión de poros).	5	4	20	El megadeslizamiento antiguo, que se comportó como flujo, presenta reactivaciones en el cuerpo por sectores como deslizamientos, reptación de suelos y derrumbes, debido al corte realizado en la ladera para construir la carretera. Además, presenta intensa erosión en cárcavas, las cuales en época de lluvias acarrearán flujos de detritos en la margen izquierda de la quebrada de La Punta, cortan la carretera obstaculizando el paso vehicular. El terreno es irregular e inestable. Se debe reubicar viviendas construidas en el cuerpo y cambiar el trazo de carretera (fotografía 6.6).	Puede afectar 5 viviendas del poblado Las Pampas, 2 km de la trocha Tondopangay-Pacaipampa.
Cerro Congora Huarmaca Huancabamba 95911162	Material de remoción antiguo, susceptible, precipitaciones pluviales intensas y deforestación o sobrepastoreo de laderas.	3	2	6	Existe un deslizamiento traslacional en el cerro Congora, en el talud superior de la carretera Huallapampa-Huarmaca. En el área también existen procesos de erosión en cárcavas y asentamiento de carretera.	Afecta 30 m de la carretera, 1 vivienda, 1 canal de regadío y terrenos de cultivo.
Moye Huancabamba Huancabamba 96011047	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	Existe un deslizamiento de 250 m de longitud de escarpa que afecta a terrenos de cultivos, pastizales y zonas de pastoreo. Ha destruido un antiguo camino. Se observa en la margen izquierda una pequeña caída de rocas y algunas reactivaciones en forma de reptación de suelos.	Afecta 200 m de la carretera Huancabamba-Sapalache.
Paita, cerca de Punta Cuiñus Paita Paita 66011019	Naturaleza del suelo (incompetente), material de remoción antiguo, pendiente de terreno, ausencia de vegetación, aguas subterráneas (infiltraciones/presión de poros) y sobrecarga.	4	3	12	Existe un deslizamiento rotacional en el acantilado de Paita, detrás de las fábricas de harina y conservas de pescado (La Molinera). Se presenta un asentamiento, en la cabecera del deslizamiento, con longitud de escarpa aprox. de 2000 m, con presencia de agrietamientos transversales y longitudinales de 1 m de profundidad; también se tienen escarpas sucesivas. Los desagües de las fábricas drenan hacia el acantilado. Se debe colocar señalización de peligro en zona de escarpa, colocar muros de contención, prohibir la construcción de nuevas edificaciones y dejar de arrojar aguas servidas en la zona del deslizamiento (fotografía 6.7).	Puede afectar edificaciones de industrias que se encuentran a 20 m de la corona del deslizamiento.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Alumbre Huancabamba Huancabamba 96021051	Alterancia de rocas de diferente competencia, material de remoción antiguo, susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas y aprovechamiento de recursos hídricos.	3	2	6	Existe un deslizamiento activo de 250 m de longitud de escarpa, en la margen izquierda de la quebrada Sauce Chico. Se observan bloques de hasta 1.5 m de diámetro, también se presenta reptación de suelos. Se encuentra 3 viviendas en el cuerpo del deslizamiento. Se recomienda reubicar las viviendas, reforestación y colocar cunetas de coronación.	Afecta 3 viviendas y terrenos de cultivo.
Margen izquierda de quebrada Sauce Chico Huancabamba Huancabamba 96021053	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), rocas muy fracturadas o diaclasadas, pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	Existe un deslizamiento antiguo de 500 m de longitud de zona de arranque, el cual se ha reactivado como derrumbes y cuyo material ha caído sobre terrenos de cultivos y viviendas, en la margen izquierda de la quebrada Sauce Chico.	Afectó terrenos de cultivo, algunas viviendas y puede afectar 850 m de la trocha carrozable de acceso a Succhil.
Carretera de acceso a Huancabamba Canchaque Huancabamba 96021067	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas y aguas subterráneas (infiltraciones-presión de poros).	4	2	8	Existe un deslizamiento activo de 50 m de longitud de escarpa en el talud superior de la carretera Canchaque-Huancabamba. Se recomienda reforestación y muro de contención.	Afecta 150 m de la carretera Canchaque-Huancabamba, presenta asentamiento.
Cerro Matanan Canchaque Huancabamba 96021072	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), material de remoción antiguo, susceptible; pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas y presencia de aguas subterráneas (infiltraciones- presión de poros).	3	3	9	Existe un deslizamiento activo de 100 m de longitud de escarpa y 150 m de desnivel entre el pie y escarpa en el cerro Matanan.	Afecta un tramo de 150 m de la carretera Canchaque-Huancabamba.
Faicallito San Miguel de El Faique Huancabamba 96021082	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), material de remoción antiguo, susceptible, precipitaciones pluviales intensas y aguas subterráneas (infiltraciones-presión de poros).	5	3	15	Existe un deslizamiento rotacional activo que se comportó como flujo. Actualmente presenta grietas.	Afectó la carretera Canchaque-Charanal, destruyó una vivienda y tuberías de agua.
Sector El Higueron San Miguel de El Faique Huancabamba 96021091	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), material de remoción antiguo, susceptible, precipitaciones pluviales intensas, aguas subterráneas (infiltraciones-presión de poros), mal sistema de riego y uso inadecuado de agua de escorrentia.	5	3	15	La zona está generalmente afectada por constantes deslizamientos y derrumbes. Presenta suelo saturado y erosión en cárcava de actividad retrogresiva, en el km 13+940. Una vivienda se encuentra al borde de la cárcava. Se ha colocado enrocado en la quebrada pero ha sido destruido por la gran cantidad de material que discurre por ella. Genera flujos en la margen derecha de la quebrada Chonta (fotografía 6.8).	Afecta 400 m de la carretera Canchaque-El Higueron, en el km 13+60 presenta asentamientos, destruyó una vivienda el año 2009 y puede afectar otra.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Carretera Olmos- Hualapampa Huamaca Huancabamba 95921132	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas y aguas subterráneas: infiltraciones-presión de poros.	5	3	15	Existe un deslizamiento rotacional activo en la margen derecha de cárcava de 1 km de longitud, que corta la carretera. En época de lluvias intensas se generan flujos de detritos el cual obstruye el paso vehicular en la carretera Olmos-Hualapampa.	Afecta 300 m de la carretera asfaltada Olmos-Hualapampa por sectores.
Cerro La Cruz, carretera Olmos- Hualapampa Huamaca Huancabamba 95921142	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Existe un deslizamiento antiguo con dos reactivaciones en el cuerpo, una de ellas se comporta como flujo de detritos. Se ha colocado muro de contención, el cual ha sido insuficiente, ya que presenta grietas debido a la fuerza de empuje del deslizamiento. Aún se observa el abanico erosionado por la quebrada Rinconada, en su margen derecha.	Afecta 550 m de la carretera asfaltada Olmos-Hualapampa en el km 40+870.
Ñangari Huancabamba Huancabamba 106041046	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), material de remoción antiguo, susceptible, pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	Existe un deslizamiento activo en talud superior de carretera, de 70 m de longitud de escarpa, en la margen derecha del río Huancabamba. Cada año se reactiva en épocas de lluvias. En la parte superior, se encuentra una vivienda que presenta grietas en las paredes.	Afecta tramo de 120 m de la carretera Huancabamba-Sapalache y una vivienda.
Sondor Sondor Huancabamba 106031102	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), material de remoción antiguo, susceptible y precipitaciones pluviales intensas.	3	4	12	Existe un deslizamiento activo de aprox. 350 m de longitud de escarpa, de forma irregular. Algunas viviendas de Sondor se encuentran agrietadas, otras hasta colapsaron, también se observan grietas en veredas y tramos de carretera.	Afecta un tramo de 1100 m de la carretera Sondor-Huancabamba, viviendas y terrenos de cultivo.
Cerro Orejilla Sondor Huancabamba 106031129	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Existe un deslizamiento rotacional antiguo con reactivaciones en el cuerpo, de 350 m de longitud de escarpa aprox., en la margen derecha de la quebrada de Los Cedros, la cual afecta la carretera hacia Jaén.	Puede afectar 1 km de la carretera de acceso a Jaén.
Quebrada Cuse Sondorillo Huancabamba 106031145	Substrato de mala calidad (muy meteorizado); naturaleza del suelo (incompetente); material de remoción antiguo, susceptible y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Existe un deslizamiento rotacional activo con escarpas sucesivas de 500 m de longitud aprox., en la margen izquierda de la quebrada Cuse. La parte inferior de este deslizamiento presenta intensa erosión de laderas.	Afectó 2 viviendas que se encuentran sobre la escarpa y podría afectar 3 más, además de terrenos de cultivo.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Cerro Uhallunga Huancabamba Huancabamba 106031162	Naturaleza del suelo (incompetente); material de remoción antiguo, susceptible; pendiente del terreno; precipitaciones pluviales intensas; sismicidad y/o fallas activas, mal sistema de riego y uso inadecuado de agua de escorrentía.	3	2	6	Existe un deslizamiento rotacional antiguo con presencia de bloques aislados en el cuerpo de 4 m de diámetro aprox. Se observan señales de reactivación, se presenta reptación de suelos en algunos sectores, manifestado con árboles torcidos y grietas en las viviendas.	Puede afectar viviendas y un tramo de 300 m de la carretera El Tambo-Huancabamba.
Coshacoto Sondor Huancabamba 106031070	Naturaleza del suelo (incompetente); material de remoción antiguo, susceptible; pendiente del terreno; precipitaciones pluviales intensas y aguas subterráneas (infiltraciones -presión de poros).	4	3	12	Existe un megadeslizamiento de 1400 m de longitud de escarpa antigua, reactivado con escarpas múltiples al pie. El área es afectada también por la reptación de suelos y asentamientos en su cuerpo y en la carretera de acceso a Sondor.	Afecta 1250 m de la carretera Huancabamba-Sondor. Puede afectar viviendas del poblado Cashacoto.
Sondor Huancabamba 106031071	Sustrato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	3	3	9	Existe un deslizamiento de gran magnitud, con escarpa irregular de 1 km aprox. de longitud y salto de 20 m en la margen izquierda del río Huancabamba, con presencia de basculamiento de bloques de roca. Actualmente, produce asentamientos y ondulaciones en la carretera Huancabamba-Sondor.	Afecta 1200 m de la carretera Huancabamba-Sondor.
Sondor Huancabamba 106031072	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	Existe un deslizamiento rotacional activo de 600 m de longitud de escarpa, con avance retrogresivo; en el cuerpo se presenta erosión en cárcavas. Sobre la cabecera del deslizamiento, el área es afectada por reptación de suelos.	De reactivarse puede afectar la carretera Huancabamba- Sondor.
Cerro Balcan Ayabaca Ayabaca 96111344	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, aguas subterráneas(infiltraciones/presión de poros) y excavaciones voladuras (cortes en el pie de ladera o talud.	4	2	8	Existe un deslizamiento rotacional activo con escarpas sucesivas, presencia de filtraciones y actividad progresiva en talud superior de la carretera. Se presenta un asentamiento en la carretera a Aypate. Este evento ocurrió el 2009.	Afecta 300 m de la trocha Ayabaca-Aypate.
Tondopa Lagunas Ayabaca 96131372	Material de remoción antiguo, susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, aguas subterráneas: infiltraciones / presión de poros, excavaciones voladuras (cortes en el pie de ladera o talud) y deforestación y sobrepastoreo.	4	3	12	Existe un deslizamiento rotacional antiguo en Tondopa, con dos reactivaciones en el pie de 250 y 500 m de longitud de escarpas con avance progresivo, en la margen derecha de la quebrada Tondopa. También presenta intensa erosión en cárcavas, en el cuerpo del deslizamiento; las mismas que acarrear flujos de detritos en época de lluvias.	Puede afectar 15 viviendas del poblado Tondopa, 1 km de la trocha puente Tondopa-Lagunas y terrenos de cultivo.

P: peligro

V: Vulnerabilidad

R: Riesgo estimado

Fotografía 6.6 Sector las Pampas, deslizamiento antiguo que se comportó como flujo, presenta reactivaciones en el cuerpo por sectores como deslizamientos, reptación de suelos y derrumbes. Distrito de Pacaipampa, provincia de Ayabaca, región Piura



Fotografía 6.7 Distrito de Paita, cerca de Punta Cuñus; deslizamiento rotacional en acantilado de Paita, detrás de las fábricas de harina y conservas de pescado (La Molinera), presenta asentamiento en la cabeza del deslizamiento; región Piura



Fotografía 6.8 Sector El Higerón, zona generalmente afectada por constantes deslizamientos y derrumbes. Destruyó una vivienda en el año 2009 y está afectando la carretera. Presenta suelo saturado. Además, presenta erosión en cárcava de actividad retrogresiva, en el km 13+940. Distrito de San Miguel de El Faique, provincia de Huancabamba, región Piura

Flujo (*Flow*)

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Se tienen los siguientes tipos según Varnes (1978), Hungr et al. (2001), Hungr (2005):

Flujo secos

El término *flujo* trae naturalmente a la mente la idea de contenido de agua, y de hecho para la mayoría de los movimientos de este tipo se requiere cierto contenido de agua. Sin embargo, ocurren con alguna frecuencia pequeños flujos secos de material granular y se ha registrado un número considerable de flujos grandes y catastróficos en materiales secos (Varnes, 1978).

El flujo seco de arena es un proceso fundamental en la migración de dunas de arena. Los flujos secos de talud son importantes en la formación de conos de talud (Evans y Hungr, 1993). Los de limo a veces son desencadenados por el fallamiento de escarpes empinados o barrancos de material limoso (Hungr et al., 2001).

Flujo de detritos (Debris flows)

Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos. Sus depósitos tienen rasgos característicos como albardones o diques longitudinales, canales en forma de «u», trenes de bloques rocosos y grandes bloques individuales. Los flujos de detritos desarrollan pulsos usualmente con acumulación de bloques en el frente de onda. Como resultado del desarrollo de pulsos, los caudales pico de los flujos de detritos pueden exceder en varios niveles de magnitud a los caudales pico de inundaciones grandes. Esta característica hace que los flujos de detritos tengan un alto potencial destructivo.

La mayoría de los flujos de detritos alcanzan velocidades en el rango de movimiento extremadamente rápido, y por naturaleza son capaces de producir la muerte de personas (Hungr, 2005).

Hay un tipo de flujo de detritos de gran magnitud que ocurre en los volcanes, ya sea durante las erupciones o en el periodo entre estas; por lo general movilizan depósitos de material volcánico no

consolidado. Estos son denominados usualmente como *lahares*. Muchos de los desastres más devastadores en el mundo, en términos de pérdidas económicas, han sido atribuidos a flujos de detritos. Entre otros, se pueden mencionar los casos de Vargas en Venezuela (1999), Taiwán (1996) y el lahar detonado por el derretimiento de nieve del Volcán Nevado del Ruiz, Colombia (1985). Además, una fracción significativa de muertes durante desastres regionales, causados por tormentas o terremotos, se debe a la ocurrencia de flujos y avalanchas de detritos en zonas de topografía abrupta (Jakob y Hungr, 2005).

En la región Piura los flujos de detritos (*huaycos*) han sido inventariados en un total de 340 ocurrencias, que representan el 34.98% del total de movimientos en masa inventariados en la región. Estos flujos de detritos tienen origen en zonas de montañas, lomadas y colinas; conformadas por rocas metamórficas, sedimentarias e intrusivas. Se prolongan hasta los cursos de valles principales (ríos Piura, Chira y Huancabamba), así como hasta las pampas costaneras, donde el clima la mayor parte del tiempo es árido. Estos flujos se producen cuando se presentan lluvias excepcionales en la zona norte del Perú. Las principales ocurrencias de flujos de detritos se describen en el cuadro 6.5.

Crecida de detritos (Debris floods)

Es un flujo muy rápido de una crecida de agua que transporta una gran carga de detritos a lo largo de un canal, usualmente también llamados flujos hiperconcentrados (Hungr et al., 2001). Es difícil distinguir entre un flujo de detritos y una crecida de detritos con base en la concentración de sedimentos, por lo que deben diferenciarse según el caudal pico observado o potencial. Las crecidas de detritos se caracterizan por caudales pico 2 o 3 veces mayores que el de una crecida de agua o inundación. De esta manera, la capacidad de daño de una crecida de detritos es similar a la de una inundación y los objetos impactados quedan enterrados o rodeados por los detritos, con frecuencia sin sufrir daño. Sin embargo, pueden ocurrir eventos excepcionales por descargas de agua inusualmente altas, tales como las producidas por el rompimiento de presas naturales o artificiales (*outbursts*), la liberación súbita de agua de lagos glaciales (GLOFs) o subglaciales (*jökulhlaups*) (Hungr, 2005). Estos son denominados *aluviones*, en Perú, Chile y Argentina.

Los depósitos de crecidas de detritos están compuestos comúnmente por mezclas de arena gruesa y grava pobremente estratificada. Se diferencian de los depósitos de flujos de detritos en que las gravas que los forman presentan una textura uniformemente gradada sin matriz en todo el depósito e imbricación de clastos y bloques (Pierson, 2005).

Flujo de lodo (Mud flow)

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

En la región Piura los flujos de lodo han sido inventariados en un total de 105 ocurrencias, que representan el 10.8% del total de movimientos en masa inventariados en la región. Los flujos de lodo también tienen origen en zonas de montañas, lomadas y colinas; conformadas por rocas metamórficas, sedimentarias e intrusivas, estos en su trayecto cortan varios tramos de carreteras importantes de la región, entre ellas la Panamericana Norte y la carretera Piura-Olmos. Las principales ocurrencias de flujos de lodo se describen en el cuadro 6.6.

Flujo de tierra (Earth flow)

Es un movimiento intermitente, rápido o lento, de suelo arcilloso plástico (Hung et al., 2001). Los flujos de tierra desarrollan velocidades moderadas, con frecuencia de centímetros por año, sin embargo, pueden alcanzar valores hasta de metros por minuto (Hutchinson, 1998). El volumen de los flujos de tierra puede llegar hasta cientos de millones de metros cúbicos.

Las velocidades medidas en flujos de tierra generalmente están en el intervalo de 10^{-5} a 10^{-8} mm/s, y por tanto son generalmente lentos o extremadamente lentos.

En la región Piura los flujos de tierra han sido inventariados en un total de cuatro ocurrencias, que representan el 0.41 % del total de movimientos en masa inventariados en la región. Los flujos de tierra se presentan en zonas de montañas. Las principales ocurrencias de flujos de tierra se describen en el cuadro 6.7.

Avalancha de detritos (debris avalanches)

Es un flujo no canalizado de detritos saturados o parcialmente saturados, poco profundos, muy rápidos a extremadamente rápidos.

Estos movimientos comienzan como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que al desplazarse sufre una considerable distorsión interna y toma la condición de flujo. Relacionado con la ausencia de canalización de estos movimientos, está el hecho de que presentan un menor grado de saturación que los flujos de detritos, y que no tienen un ordenamiento de la granulometría del material en sentido longitudinal, ni tampoco un frente de material grueso en la zona distal (Hung et al., 2001).

Las avalanchas, a diferencia de los deslizamientos, presentan un desarrollo más rápido de la rotura. Según el contenido de agua o por efecto de la pendiente, la totalidad de la masa puede licuarse, al menos en parte, fluir y depositarse mucho más allá del pie de la ladera (Varnes, 1978). Las avalanchas de detritos son morfológicamente similares a las avalanchas de rocas.

Avalancha de rocas (rock avalanches)

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

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

En la región Piura, se ha identificado 23 ocurrencias de avalancha de rocas, que representan el 2.37 % del total de movimientos en masa inventariados en la región. Las principales ocurrencias de avalanchas de rocas se describen en el cuadro 6.8.

Cuadro 6.5
Descripción de los principales flujos de detritos (huaicos)

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
San Francisco Querecotillo Sullana Piura 76121031	Suelo de naturaleza gravo-arenosa, pendiente muy baja de menos de 5°, morfología de quebrada y precipitaciones pluviales intensas.	5	3	15	Quebrada con material gravo arenoso suelto en su cauce, en este punto se abren dos brazos, dejando una isla en la parte central. El material arrastrado por el huaico hizo colapsar la carretera en un tramo de unos 150 m en el año 1983, observándose actualmente solo las bases de concreto de la misma. Un huaico de grandes dimensiones podría afectar las viviendas asentadas en ambas márgenes de la quebrada. El fenómeno es activo de recurrencia excepcional.	Afectó un tramo de 150 m de carretera y viviendas.
San Sebastián Ayabaca Piura 96141046	Substrato de roca granítica, suelo areno-gravoso, pendiente media de 20° - 35° y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Huaico en quebrada de 15 m de ancho, actualmente seca, material areno-gravoso en el cauce. Terrazas antiguas de depósitos de huaico cortadas por flujos actuales. Se observan viviendas en ambas márgenes, así como algunas asentadas en el cauce de la quebrada. El fenómeno es activo de recurrencia periódica.	Afecta 15 m de la carretera y las 5 viviendas.
Barro Negro Ayabaca Piura 96141062	Substrato de granodiorita extremadamente fracturado (F4) y moderadamente meteorizado (A4), pendiente del terreno fuerte de 35° - 50° y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Quebrada con materiales areno-gravosos en su cauce. La carretera es cortada por la quebrada que tiene 2 viviendas asentadas en su cauce. El fenómeno es activo de recurrencia periódica.	Afecta 200 m de la carretera y 2 viviendas.
Quebrada de Agua Paimas Ayabaca Piura 96111080	Suelo areno-gravoso, pendiente media de 20° - 35°, morfología de quebrada, precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	4	3	12	Quebrada con material areno-gravoso y bolones de hasta 2.5 m de diámetro, flujos de agua que discurren por la quebrada. Se ha construido un badén en la carretera, en la margen izquierda se han construido viviendas, muy cerca de la quebrada. El fenómeno es activo y de recurrencia periódica.	Afecta 40 m de la carretera.
Sausal Ayabaca Piura 96111318	Pendiente del terreno fuerte de 35° - 50°, suelo proluvial constituido por gravas, arenas y limos, sustrato de rocas volcánicas y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Quebrada que trae flujos de material gravoso, el poblado de Sausal se encuentra asentado en ambas márgenes, hay viviendas muy cerca de éstas; se observa intensa erosión en cárcavas, que transportan material. El fenómeno es activo y de recurrencia ocasional.	Puede afectar al poblado de Sausal.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Codigo	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Sector Monteverde La Huaca Paila Piura 76131012	Pendiente muy baja de menos de 5°, la morfología de quebrada, precipitación pluvial intensa y dinámica fluvial.	4	3	12	Flujo de agua canalizado que en periodos del fenómeno de El Niño colmatan el cauce y pueden afectar pequeño puente en la carretera, así como a viviendas asentadas en ambas márgenes. Se han construido en la zona gaviones y pontón de doble boca que resulta muy pequeño. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Afectó un tramo de la carretera a la altura del km 26+600. También afectó viviendas.
Hacienda Miraflores La Huaca Paila Piura 76131015	Suelo gravo-arenoso de pendiente baja de 5° - 20°, morfología de quebrada, precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	4	3	12	Huaco que puede afectar poblado en la margen izquierda, se ha construido un pontón sobre la carretera. El fenómeno es activo de recurrencia excepcional. Unos 50 m delante de este punto se puede observar otra quebrada en la cual se ha construido una alcantarilla. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Afectó 80 m de la carretera y viviendas.
Ignacio Escudero Sullana Piura 76131052	Suelos fluvio-proluviales, substrato rocoso constituido por rocas sedimentarias de tipo areniscas, limolitas, pendiente de menos de 5°, precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	4	3	12	La quebrada se encuentra seca, arrastra huacos con material > 50% de gruesos (60% grava y 40% arena y limo); se produce erosión en sus márgenes. Se ha variado el trazo de la carretera, se colocó un pontón de 4 alcantarillas y gaviones. Aguas abajo se ha construido un dique de concreto para darle protección al canal de regadío de la ampliación de la 3ra etapa del proyecto Chira-Piura que cruza la quebrada por medio de un sifón de concreto, el canal esta sin revestir. El fenómeno es activo y se produce de manera excepcional con alta posibilidad de reactivación.	Destruyó 300 m de la carretera Panamericana Norte en el km 1047.
Quebrada Tranca Sapillica Ayabaca Piura 86141051	Pendiente fuerte de 20°-35°, suelo proluvial que contiene gravas y bolones en mayor porcentaje, menos cantidad de limo, arcilla y arena, substrato de rocas intrusiva tipo granodiorita muy fracturado y moderadamente meteorizada y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	En este sector se observa la confluencia de 2 quebradas las cuales han depositado un abanico de material proluvial de aproximadamente 500 m, los bolones transportados alcanzan los 4 m de diámetro. Las viviendas se han ubicado en el mismo abanico, mientras que algunas se han ubicado en el cauce de las torrenteras. Los daños causados pueden ser severos. El fenómeno es activo y se produce de manera excepcional.	Afecta 500 m de la carretera las Lomas-Sapillica.
El Tambo Ayabaca Piura 96111174	Pendiente muy baja de menos de 5°, precipitación pluvial intensa y dinámica fluvial.	4	2	8	Es un huaco ocasional, se observa material suelto en el lecho, la quebrada tiene un ancho de cauce de 10 - 20 m. Hacia los bordes de la quebrada se ubican varias viviendas. El fenómeno es activo de recurrencia periódica.	Afecta 50m de la carretera Ayabaca - Portachuelo a la altura del km 73 + 900.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
La Huaca Paita Piura 76131013	Suelo gravo-arenoso, pendiente muy baja de menos de 5°; morfología de colinas y quebradas.	4	2	8	Es un huaico en quebrada de unos 250 m de ancho de cauce; antes de su intersección con la carretera se abre en dos brazos, que ha requerido la construcción de dos pontones. Uno de los pontones es de 6 bocas y el otro de 2. Se ha realizado la limpieza del cauce. A 200 m de este punto se puede observar otra quebrada en la cual se han colocado sacos de arena como medidas de defensa. El fenómeno es activo de recurrencia excepcional.	Afectó el tramo de la carretera hacia la Huaca.
Nomara La Huaca Paita Piura 76131014	Suelo gravo-arenoso con limos; pendiente muy baja de menos de 5°; morfología de colinas y quebrada; precipitación pluvial intensa y dinámica fluvial.	4	2	8	Es un huaico resultante de la unión de 2 quebradas en una principal la cual corta la carretera. La quebrada principal tiene un cauce de 80 m de ancho, donde se observa depósitos de material proluvial. Se efectuaron trabajos de limpieza del cauce. Unos 150 m adelante de este punto se puede observar otra quebrada que también trae un huaico. El fenómeno es activo de recurrencia excepcional.	Afectó 200 m de la carretera.
Monte Lima Ignacio Escudero Paita Piura 76131016	Topografía uniforme con pendiente menor a 5°, morfología con quebradas de suaves pendientes, substrato se encuentra cubierto por material fluvial. Precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	4	2	8	La quebrada tiene aproximadamente 250 m de cauce que corta la carretera. El lecho seco de la quebrada está constituido por material arenoso grueso con huellas de flujo de agua. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Afectó un tramo de 250 m de la carretera.
Lagartera Sapillica Ayabaca Piura 86121050	Pendiente media de 20°-35°, suelo proluvial que contiene gravas y bolonería en mayor porcentaje, menor cantidad de limo, arcilla y arena; substrato de rocas intrusivas tipo granodiorita muy fracturado y moderadamente meteorizado y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	Quebrada que transporta huaicos en periodos de lluvia excepcional, en el cauce se pueden encontrar bolones de hasta 2 m de diámetro, la quebrada ha depositado un abanico de material proluvial que contiene grava 50%, arenas y limo 30%, bolones 20%, en este depósito se han abierto paso más de un cauce por donde drena la quebrada. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Afecta 300 m de la carretera Las Lomas-Sapillica.
Quebrada Carrillo Sapillica Ayabaca Piura 86141052	Pendiente del terreno media de 20-35°, suelo proluvial que contiene gravas y bolonería en mayor porcentaje, menos cantidad de limo, arcilla y arena, substrato de rocas intrusiva tipo granodiorita y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	Quebrada trae huaico en cauce actual de 40 m de ancho, material de bolonería de hasta 2 m de diámetro y grava, se ha depositado un abanico proluvial donde hay viviendas asentadas. Los daños causados son moderados. El fenómeno es activo y se produce de manera excepcional.	Afecta 200 m de la carretera Las Lomas-Sapillica.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Sapillica Ayabaca Piura 86141054	Pendiente media de 20°-35°; suelo proluvial que contiene gravas, bolones y en menor porcentaje arenas, limo y arcilla; substrato de rocas intrusiva tipo granodiorita muy fracturado y moderadamente meteorizada además precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	Quebrada con huaticos en periodos de lluvias excepcionales, ha depositado un abanico de aproximadamente 400 m de ancho, tienes bolonería de hasta 20 m de diámetro dejados en el cauce, cercano a estos se han construido viviendas, el abanico es usado como terreno de cultivo y para viviendas. Se han colocado badenes de concreto en la carretera por sectores. Actualmente, la quebrada trae solo agua. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Afecta 400 m de la carretera, puede afectar viviendas ubicadas en el material proluvial.
Quebrada Songorita La Brea Talara Piura 66141036	Substrato de areniscas, arcillitas y limolitas, suelo residual areno-gravoso con limo, pendiente del terreno muy baja de menos de 5°; morfología de valle fluvial y lomadas, precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial y cobertura vegetal escasa de tipo arbustiva.	4	2	8	La quebrada Songorita se une en este sector con otra quebrada teniendo un ancho de cauce de 250 m, actualmente se presenta seca. En su lecho un 55% de grava y 45% de arena y limo. La tubería de agua potable de Talara cruza la quebrada por medio de pilotes de concreto. El fenómeno es activo de recurrencia excepcional y tiene una posibilidad de reactivación alta.	Afecta 250 m de la carretera Amotape-Talara, y puede afectar la tubería de agua potable de Talara. En periodos de lluvia excepcional discurren por ella flujos de material canalizado que destruyen la carretera y han destruido el badén
Río Rincón Huamaca Huancabamba 105931103	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	El flujo de detritos discurre por la quebrada Rincón, en el cerro Fila, aporta material suelto por la margen derecha del río Hualapampa. También presenta erosión fluvial en la margen izquierda de la quebrada.	Puede afectar las viviendas que se encuentran muy cerca de las márgenes de la quebrada. En la margen derecha puede afectar la carretera asfaltada Olmos-Jaén.
Quebrada Lindero Huamaca Huancabamba 105931114	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno; morfología, precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	Flujo excepcional en quebrada Lindero. Se ha colocado una alcantarilla. En la cabecera de la quebrada presenta erosión de laderas con avance retrogresivo; también derrumbes, asentamientos y un deslizamiento activo que aportan material (bloques menores a 0.50 m de diámetro) en la margen derecha de la quebrada Lindero.	Puede afectar la carretera Olmos-Jaén, en el km 55+000.
Quebrada Huaychau Huamaca Huancabamba 105931128	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	3	3	9	Flujo de detritos, forma abanico en la margen derecha del río Huancabamba. Actualmente se encuentra evidencias del último evento constituido de material más fino. También presenta erosión de laderas en ambas márgenes de la quebrada (fotografía 6.9).	Puede afectar 4 viviendas en la margen izquierda de la quebrada Huaychau y cultivos de arroz que se encuentran sobre el abanico antiguo.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Cerro Tirajón Buenos Aires Morropón 96041032	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Zona de flujos de detritos periódicos en torrenteras, se activan en épocas de lluvias afectando tramo carretero Morropón-Hualas.	Puede afectar la carretera Morropón-Hualas-Huancabamba en el km 14+587.
Pedregal Buenos Aires Morropón 96041034	Pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	3	3	9	Flujo de detritos excepcional en torrenteras, cuyo ancho de cauce alcanza los 30 m, en la margen izquierda del río Piura.	Puede afectar el tramo de la carretera Morropón-Hualas, en el km 16+436, viviendas del poblado de Pedregal, alcantarilla y postes de electricidad.
El Ala Buenos Aires Morropón 96031036	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	3	3	9	Flujo de detritos excepcional con presencia de bloques aislados de hasta 1.2 m de diámetro. Actualmente se ha colocado un badén en la carretera Morropón-Hualas.	Puede afectar un colegio, viviendas del poblado El Ala y un tramo de la carretera Morropón-Hualas.
Poblado Juan Velasco Buenos Aires Morropón 96031038	Pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Flujo de detritos excepcional, en épocas de lluvias alcanza una altura de 0.5 m afectando carretera y alcantarilla. Se ha colocado enrocado para proteger badén en la carretera Morropón-Hualas.	Puede afectar 500 m de la carretera Morropón-Hualas en el km 28+752.
Río Seco Buenos Aires Morropón 96031040	Pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	En el flujo de detritos en río Seco, se han colocado gaviones para proteger el badén y el enrocado en ambas márgenes del río. El flujo de detritos se activa ocasionalmente en épocas de lluvias (enero a marzo). El último evento ocurrió en el 2001 y alcanzó una altura de 2 m.	Puede afectar un badén de 250x7 m, en el km 29+000 de la carretera asfaltada Morropón Buenos Aires-Victor Raul y algunas viviendas de Río Seco.
Hualas Buenos Aires Morropón 96031043	Pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	3	3	9	El flujo de detritos es excepcional y proviene del cerro Hualas, se ha reactivado con lluvias excepcionales durante el fenómeno El Niño de 1983/84 y 1997/98. Se ha colocado un enrocado frente a las viviendas para evitar que sean inundadas. El poblado se encuentra sobre el abanico antiguo.	Puede afectar 100 m de la carretera, un pozo de agua potable y postes de electricidad.
Cerro de Maseta Salitral Morropón 96031045	Pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	El flujo de detritos es excepcional y proviene del cerro de Maseta. Se ha colocado un badén reforzado con un enrocado para evitar el desborde. Presencia de cantos de hasta 0.20 m de diámetro.	Puede afectar las viviendas en la margen izquierda de la quebrada, la carretera Morropón-Huancabamba, en el km 42+040, el badén de 20x5 m y terrenos de cultivo.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Serrán Salitral Morropón 96031112	Pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas (pluviosidad alta).	3	2	6	En épocas de precipitaciones fuertes se generan flujos de detritos. Puede afectar las viviendas del poblado de Serrán que se encuentran sobre depósito de huacos ubicados en la margen izquierda del río Canchaque. Se observa algunas evidencias de un evento antiguo de 6 m de ancho y más de un metro de alto frente a las viviendas, también restos de una antigua alcantarilla. Se tienen tres torrenceras (fotografía 6.10).	Puede afectar las viviendas del sector Serrán y 1300 m de tramo de la carretera Morropón-Huancabamba por sectores.
Quebrada La Tranca Salitral Morropón 96031113	Pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	El flujo de detritos es excepcional, en el último evento alcanzó 1.5 m de altura y obstruyó el paso vehicular de 150 m de carretera. Se ha colocado un pontón de 18 m de longitud y se ha canalizado parte de la quebrada, lo cual resulta insuficiente.	Puede afectar 550 m de la carretera Morropón-Huancabamba, en el km 52+330, Av. La Molina y las viviendas del sector Serrán.
Margen izquierda del río Canchaque Salitral Morropón 96031116	Pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	El flujo de detritos es excepcional. También se presenta erosión fluvial en la margen izquierda del río Canchaque. Se ha colocado un enrocado y gaviones.	Afecta 500 m de la carretera Piura-Canchaque, en el km 48+310.
Palo Blanco Salitral Morropón 96031117	Pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Encontramos un flujo de detritos en el sector Palo Blanco. Se ha colocado gaviones y un badén, en la margen izquierda del río Canchaque.	Afecta la carretera Piura-Canchaque, en el km 47+980 y la tubería de agua potable que cruza el cauce de la quebrada.
Km 880 carretera Morropón- Huancabamba Cerezo Salitral Morropón 96031118	Pendiente del terreno; morfología y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	El flujo es excepcional y alcanza una altura de 0.5 m.	Afecta un tramo de 10 m de carretera. Llega a afectar a 2 viviendas.
Cerro Paycal Santo Domingo Morropón 96041140	Substrato de mala calidad (muy meteorizado); pendiente del terreno; morfología y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	La zona de flujos de detritos discurre por torrenceras y cárcavas las cuales cortan la carretera Morropón-Pacaypampa. El sector también es afectado por la caída de rocas debido al fracturamiento intenso y la meteorización estrofa de las granodioritas, que dejan bolos de hasta 2 m de diámetro. Se recomienda colocar trincheras en las cárcavas para proteger a la carretera de la erosión.	Afecta aproximadamente 2 km de la carretera Morropón-Pacaypampa en el km 12+780 y pastizales.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Sector Quilpon Santo Domingo Morropón 96041148	Substrato de mala calidad (muy meteorizado); rocas muy fracturadas o diaclasadas; pendiente del terreno; morfología y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	El material de un huatico en la quebrada Quilpon (localizada en la margen izquierda del río San Jorge) contiene la presencia de abundantes bloques de hasta 2 m de diámetro. Se observa un <i>run up</i> de 6 m. Se activa con lluvias excepcionales. Aguas abajo se ha construido un enrocado en la margen izquierda de la quebrada, aguas arriba presenta derrumbes que aportan material suelto al cauce. Se recomienda limpieza de cauce.	Afecta el badén de 2x6 m de carretera de acceso a San Jorge y aguas abajo puede afectar terrenos de cultivos.
Hualcas Alto Huamaca Huancabamba 95911115	Pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	La quebrada acarrea flujos de material grueso: 70% de grava y 30 % de arcillas y limos. Se localizan en la margen izquierda del río Huamaca y se generan por los derrumbes existentes en la cabecera de la quebrada.	Destruyó 4 viviendas de Hualcas y puede afectar 50 m de tramo de la carretera.
Quebrada Naranja Huamaca Huancabamba 95921119	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	El flujo de detritos con presencia de bloques de hasta 0.8 m de diámetro aporta gran cantidad de material al río Olmos. Se recomienda limpieza de cauce y la prohibición de construcción de viviendas cerca de las márgenes de la quebrada.	Puede afectar 2 viviendas ubicadas en la margen izquierda de la quebrada y terrenos de cultivo.
Cerro Ñaupe La Matanza Morropón 95921145	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	El flujo de detrito es excepcional y baja desde el Cerro Ñaupe, que llega hasta la carretera Piura-Olmos. Se ha colocado un pontón de 3 m de longitud. El último evento ocurrido acarreo material muy fino.	Puede afectar la carretera Piura-Olmos, en el km 153+200.
Cerro Peña Blanca Chulucanas Morropón 86011013	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas, mal sistema de riego y uso inadecuado de agua de escorrentía.	3	3	9	El flujo de detritos es excepcional y actualmente con agua estancada. Se ha colocado un enrocado artesanal de 30 m de longitud x 1.2 m en la margen derecha de la quebrada para proteger terrenos de cultivo y una alcantarilla. Depósito con presencia de bloques de hasta 0.8 m de diámetro en el cauce.	Puede afectar terrenos de cultivo, y el badén de 10 m.
Quebrada Mandrocillo Sondorillo Huancabamba 106031152	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas (pluviosidad alta).	3	3	9	Intensa erosión de laderas que aportan material suelto a la quebrada Mandrocillo, en la margen derecha del río Huancabamba. Esta quebrada genera flujos de detritos periódicos, presenta un abanico antiguo en su desembocadura. Puede represar el río Huancabamba.	Afecta 400 m de tramo de la carretera a Sondor.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Quebrada Unguio Huancabamba Huancabamba 106041161	Pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	El flujo de detritos discurre por la quebrada Unguio, la cual ha sido encauzada aguas abajo. Se ha colocado un pontón y defensas de concreto en la margen derecha de la quebrada para proteger las viviendas que se encuentran muy cerca al cauce. En la margen izquierda, presenta flujos de tierra que aportan material. El empuje de estas tierras avanza progresivamente reduciendo el ancho del cauce de la quebrada. Se recomienda limpieza del cauce de la quebrada y prohibir construcción de viviendas cerca de las márgenes (fotografía 6.11).	Destruyó una tubería de desagüe y podría afectar las viviendas de Huancabamba.
Carretera de acceso a Vice - quebrada Cornelio Vice Sechura 76031004	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	3	3	9	El flujo de detritos es excepcional en la quebrada Cornelio. En el año 1983, durante el fenómeno de El Niño, afectó 4 viviendas. Actualmente, el cauce del río está invadido por corrales de cerdos. Se ha colocado un pontón de 5 m de longitud y defensas de concreto de 0.8 m de alto, las cuales resultan insuficientes porque los flujos posteriores se han desbordado. Se activa con lluvias excepcionales (fenómeno El Niño).	Puede afectar viviendas, y el tramo de 12 m de la carretera asfaltada de acceso a Vice.
Puerto Rico (Quebrada Las Tijeras) Sechura Sechura 65921001	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas y ocupación inadecuada del suelo por el hombre (áreas vulnerables).	3	3	9	La zona de flujos de detritos es excepcional; existen evidencias de 2 torrenteras que cruzaron el poblado Puerto Rico durante el fenómeno de El Niño de 1997/1998; una de las quebradas ha sido desviada y canalizada. La quebrada Las Tijeras corta la carretera asfaltada de acceso al poblado Puerto Rico, en su margen izquierda y afecta algunas viviendas del poblado. Se recomienda construir badenes y muros de contención en ambas márgenes de la quebrada Las Tijeras y en las torrenteras que cruzan el poblado de Puerto Rico. Se debe evitar la construcción de viviendas hacia las márgenes.	Puede afectar viviendas del poblado Puerto Rico y el tramo de 500 m de la carretera Sechura-Bayovar.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Quebrada Tasajeras Huarmaca Huancabamba 105931129	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno; morfología y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	El flujo de detritos ha formado un abanico en la desembocadura de la quebrada Tasajeras. Sobre el abanico antiguo se encuentra la estación del Oleoducto Norperuano, esta construcción se ha realizado colocando muros de contención de 400 m aproximadamente, en la margen derecha del río Huancabamba, a lo largo del abanico, también se ha arrojado material en la margen derecha de la quebrada Tasajeras. En la cabecera de la quebrada se presenta intensa erosión en cárcavas, las cuales aportan material suelto al cauce de la quebrada. Se recomienda limpieza del cauce y construir muros de contención (gaviones) en la margen derecha de la quebrada Tasajeras.	Puede afectar la estación del Oleoducto Norperuano.
Carretera Canchaque- Huancabamba San Miguel de El Faique Huancabamba 96021065	Alternancia de rocas de diferente competencia, rocas muy fracturadas o diaclasadas, precipitaciones pluviales intensas y sismicidad.	3	2	6	La zona de flujos de detritos, en quebradas tributarias de la quebrada Los Chorros, presenta bloques de hasta 2 m de diámetro. Obstruye la carretera Canchaque-Huancabamba. Se ha colocado un entrocado y una alcantarilla de 0.4 m de diámetro.	Afecta 200 m de la carretera Canchaque-Huancabamba en los km 98+700 y km 99+020.
San Juan de Bigote, Palo del terreno, Blanco San Juan de Bigote Morropón 96031123	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, morfología, escasez de vegetación y desembalse violento de presas o lagunas naturales.	4	4	16	Un huaco en la quebrada Palo Blanco, en el sector San Juan de Bigote acarrea flujo, material conformado por bloques subredondeados y algarrobos todos los años; actualmente se ha construido muro de contención de 1 m de alto. En el último evento excepcional ocurrido el 2008, alcanzó 3 m de altura, se llevó un entrocado colocado por la comisión de regantes de la zona y un poste de luz fue trasladado, destruyó un kiosco, el flujo llegó hasta la carretera y afectó varias viviendas. Se debe elevar la altura del muro de contención, colocar un badén y cunetas (fotografía 6.12).	Afectó más de 8 viviendas y 600 m de la carretera Morropón-Cardal, destruyó un kiosco.
San Juan de Bigote Morropón 96031124	Pendiente del terreno; morfología y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Un huaco estacional en la quebrada Lisa de Oro, en épocas de lluvias, obstruye carretera y afecta viviendas del poblado San Juan de Bigote. El último evento ocurrido fue el 22 de abril de 2009 alcanzó 2 m de altura y dejó aislado al poblado, ya que este se encuentra ubicado entre dos quebradas que acarrear huaicos. Las zonas de Alan García y San Juan de Bigote necesitan obras de mitigación ante huaicos como muros de contención, badenes y un plan de contingencia. La carretera Morropón-Cardal presenta un asentamiento de 3 m.	Afectó 3 viviendas y 450 m de la carretera Morropón-Cardal.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Quebrada El Silencio Huarmaca Huancabamba 95921120	Pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	El flujo de detritos, con presencia de bloques subredondeados en el cauce de la quebrada, destruyó 3 viviendas y un puente (antiguo puente El Silencio) de 10 m. Asimismo, en la zona, se tiene erosión fluvial en una longitud de 60 m en la margen izquierda del río Olmos. Se ha colocado enrocado para evitar la erosión de la plataforma de la carretera Olmos-Jaén. Se recomienda limpieza del cauce, reubicación de viviendas y muro de gaviones en la margen izquierda del río.	Afecta 60 m de la carretera Olmos-Jaén, 3 viviendas, 1 tubería de agua y 1 puente de 10 m de longitud.
Alto San José San Juan de Bigote Morropón 96021128	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	El flujo de detritos que discurren por torrenteras se activan en época de lluvias excepcionales. La profundidad de las torrenteras es de 2 m y 5 m de ancho. Algunas viviendas se encuentran agrietadas y una iglesia está muy afectada.	Puede afectar viviendas que se encuentran en el borde de la quebrada.
El Toro Morropón Morropón 96041137	Pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	El flujo de detritos en Piedra del Toro, cerro La Cruz. Se ha colocado un pontón de 2 m de longitud.	Puede afectar los terrenos de cultivo y viviendas del sector El Toro.
km 09+880 Carretera Chapica - Frias Chulucanas Morropón 86011008	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Una torrentera acarrea flujos de detritos, conformados por material grueso, con presencia de bloques aislados de hasta 1,2 m de diámetro. Aguas abajo, discurrió otro huaco por una torrentera con similares características. Se activan en época de precipitaciones excepcionales.	Puede afectar la tubería de agua que cruza ambas quebradas y 20 m de la carretera Chapica-Frias a la altura del km 09+880.
km 13+060 Chulucanas Morropón 86011012	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	El flujo de detritos es excepcional con presencia de bloques de hasta 2 m de diámetro. Esta quebrada recibe aporte de material de varias torrenteras que bajan de las laderas del cerro Chapica.	Afecta 20 m de la carretera Chulucanas-Platanal Alto.
Quebrada Huabo Frias Ayabaca 86011014	Alternancia de rocas de diferente competencia, naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas y aguas subterráneas.	4	2	8	El flujo de detritos recibe aporte de material de los tributarios de la quebrada disectada en el cerro Peña Blanca. Se ha colocado badén. Presenta bloques de hasta 1 m de diámetro.	Puede afectar el badén de la carretera Chulucanas-Frias.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Quebrada Saucedo Chico Huancabamba Huancabamba 106041083	Pendiente del terreno; morfología y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	Un huato discurrió por la quebrada Saucedo Chico; presencia de bloques de hasta 1.5 m de diámetro. En la margen derecha presenta erosión fluvial. El talud superior de carretera presenta derrumbes que se activan en época de precipitaciones intensas.	Afecta la carretera de acceso a Huancabamba.
Quebrada Sangrín Huancabamba Huancabamba 106031099	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno; morfología; precipitaciones pluviales intensas y aguas subterráneas.	3	2	6	Un huato excepcional discurrió por la quebrada Sangrín, tributario por la margen derecha del río Huancabamba.	Afecta 50 m de la carretera Huancabamba-Sondor y el badén de 10 m de longitud.
La Isilla Paita Paita 66011013	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), rocas muy fracturadas o diaclasadas, naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	El flujo de detritos es excepcional y de gran dimensión; se activa en época de precipitaciones intensas.	Afecta a la carretera de acceso al poblado de la Isilla y la alcantarilla de 1 m.
Lindero del Ala Buenos Aires Morropón 96031204	Pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas y naturaleza del suelo.	3	3	9	El flujo de detritos forma un abanico de 450 m de ancho, producto del aporte de varias torrenteras. Se han colocado varias alcantarillas y, en algunos casos, también gaviones.	Puede afectar 450 m de la carretera Morropón-Canchaque.
Puente Hermoso, quebrada Parales Tambo Grande Piura 76121090	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), material de remoción antiguo-susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial (socavamiento del pie de un talud).	3	2	6	El flujo de detritos es excepcional y se generó durante el fenómeno de El Niño. También, se presenta erosión fluvial en la margen derecha de la quebrada Parales y, se erosionan estratos de areniscas con limoarcillitas poco consolidadas.	Puede afectar el puente de 15 m aprox.
Quebrada Guirguil, Km 19+820 Paimas Ayabaca 96141324	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas y colmatación del cauce fluvial (sedimentación).	3	2	6	El flujo de detritos en quebrada Guirguil tiene un abanico de 600 m de ancho. El depósito contiene bloques subredondeados de hasta 0.8 m de diámetro. También se presenta erosión fluvial en la margen derecha de la quebrada.	Puede afectar el puente de 27.7 m y los terrenos de cultivo en ambas márgenes.
Parihuanas quebrada Frías Ayabaca 96131390	Pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas y colmatación del cauce fluvial (sedimentación).	3	2	6	El flujo de detritos discurrió por la quebrada Parihuanas, con presencia de bloques de hasta 2 m de diámetro. Todos los años, en época de lluvias, obstaculiza la carretera Frías-Geraldos-Chulucanas.	Afecta la carretera Frías-Geraldos-Chulucanas.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Codigo	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Río Challe Grande Frias Ayabaca 96131391	Substrato de mala calidad (muy meteorizado); pendiente del terreno; escasez de vegetación; precipitaciones pluviales intensas; dinámica fluvial (socavamiento del pie de un talud) y colmatación del cauce fluvial (sedimentación)	3	3	9	El flujo de detritos en el río Challe Grande, obstaculiza el paso de vehículos en época de lluvias en la carretera Frías-Geraldos, con presencia de bloques de hasta 2 m de diámetro. También presenta derrumbes en la cabecera de la quebrada y en talud superior de la carretera.	Afecta la carretera Frías-Geraldos, en un tramo de 180 m y 1 caseta de una central hidroeléctrica antigua..
Quebrada Huanabano Huarmaca Huancabamba 95911174	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), material de remoción antiguo, susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, colmatación del cauce fluvial (sedimentación) y deforestación o sobrepastoreo de laderas.	3	2	6	El flujo de detritos que discurre por la quebrada Huanabano y acarreo palizada y bloques también presenta erosión fluvial en la margen derecha del río Chignia.	Afecta un tramo de 250 m de la carretera Huarmaca-Chignia.
Quebrada Songora, km 52-480 La Brea Talara 66111049	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación y precipitaciones pluviales intensas (pluviosidad alta).	3	2	6	El flujo de detritos es muy denso y, discurre por la quebrada Songora, cuyo ancho de cauce de la quebrada es 200 m. A 100 m otra quebrada tributaria acarrea flujo.	Puede afectar una alcantarilla de 13.3 m de longitud, el cual es insuficiente; el tendido de cable eléctrico y una tubería.
Fundo La Brea, km 55-360 Carretera La Brea Talara 66111051	Naturaleza del suelo (incompetente), Pendiente del terreno, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial (socavamiento del pie de un talud).	3	2	6	El flujo de detritos es excepcional. Podría afectar la carretera Sullana-Talara y una tubería de 0.20 de diámetro. Afectó los pilotes de sostenimiento de la tubería.	Puede afectar la carretera Sullana-Talara.
Quebrada Cerro Muerto, km 59-348,5 al km 60 La Brea Talara 66111053	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	El flujo de detritos es excepcional. En la quebrada Cerro Muerto está actualmente seco. Aguas abajo fueron afectados pilotes de sostenimiento de la tubería de agua potable de Talara.	Puede afectar 250 m de la carretera Sullana-Talara.
Km 65+00 Carretera Sullana-Talara La Brea Talara 66111056	Pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación y precipitaciones pluviales intensas.	3	3	9	El flujo de detritos excepcional discurre por el tributario de la quebrada Ancha, actualmente seca. Actualmente, se construyó una alcantarilla de 0.40 m diámetro, el cual es insuficiente (fotografía 6.13).	Afecta el tramo de la carretera Sullana-Talara. Destruyó 2 veces, el tramo de la carretera Sullana-Talara y alcantarilla, durante el fenómeno de El Niño del '83 y '97 respectivamente.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Puente Debora Sur, km 66+00, Quebrada Ancha La Brea Talara 66111057	Pendiente del terreno, escasez de vegetación y precipitaciones pluviales intensas.	3	3	9	El flujo de detritos excepcional en la quebrada Pan de Azúcar (actualmente seca) se reactiva con el fenómeno de El Niño.	Puede afectar un puente de 120 m de longitud, afectó el tramo de la carretera Sullana-Talara y una alcantarilla, durante el fenómeno de El Niño del '97.
Carretera a Puerto Rico Sechura Sechura 65921005	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente del terreno, escasez de vegetación y precipitaciones pluviales intensas.	3	3	9	El flujo de detritos excepcional se llevó 100 m de la carretera asfaltada que da acceso a Puerto Rico. Se ha desviado un tramo de 250 m de carretera. Actualmente es una trocha. Tormentas afluentes aportan material a la quebrada.	Destruyó 100 m de la carretera de acceso a Puerto Rico.
Quebrada la Montera y Bayobar Sechura Sechura 65921006	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), material de remoción antiguo, susceptible, pendiente del terreno, ausencia o escasez de vegetación y precipitaciones pluviales intensas (pluviosidad alta).	3	3	9	La zona de flujos de detritos excepcionales se reactivó con el fenómeno de El Niño del '98, se llevó 1800 m de la carretera asfaltada Puerto Rico-Bayovar, generado por el aporte de las quebradas La Montera y Bayobar.	Destruyó 1800 m de la carretera Puerto Rico-Bayovar.
Quebrada Pariñas Pariñas Talara 66111083	Pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas (pluviosidad alta).	3	3	9	El flujo puede erosionar estribos del puente. A la entrada del puente se ha colocado diques para evitar que siga erosionando y afecta a la carretera. La quebrada tiene un ancho de 650 m (fotografía 6.14).	Puede afectar el puente Pariñas.
Quebrada Honda Pariñas Talara 66221019	Pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	3	3	9	Un flujo de detritos excepcional discurrió por la quebrada Honda. La quebrada ha sido encausada para evitar su desborde. Puede erosionar estribos del puente.	Puede afectar la carretera y el puente.
Quebrada El Verde El Alto Talara 66211027	Pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	3	3	9	El flujo de detritos que discurrió por la quebrada Verdeha sido encausado para evitar que dañe la carretera Cabo blanco-Los Órganos. Recibe aporte de material de los derrumbes y deslizamientos que existen en la cabecera.	Podría verse afectado el muelle y la carretera Cabo Blanco-Los Órganos.
Playa Las Pocitas Máncora Talara 66211040	Pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	3	3	9	Tormentas que acarrear flujos de detritos, se observa un deslizamiento traslacional y derrumbes en las cabeceras. A escasos metros de esta, se observan 2 tormentas más con las mismas características, que también acarrear flujos.	Afecta la carretera Los Órganos-Máncora y 1 vivienda.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Codigo	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Quebrada Ravija Huarmaca Huancabamba 105931105	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	El flujo de detritos ha modificado el trazo de la carretera, margen izquierda de la quebrada Hualapampa. Recibe aportes de cárcavas y derrumbes de las cabeceras, ubicadas en el cerro Minas.	Afecta el badén de 25 m de carretera Olmos-Jaén.
Km. 57+640 (Cerro Grande) Huarmaca Huancabamba 105931111	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	El flujo de detritos recibe aporte de material producto de la intensa erosión en la cabecera de la quebrada. Aporta material al río Hualapampa.	Afectó la carretera Olmos-Jaén que ya ha sido reparada, destruyó el badén y la cuneta.
Carretera Porcuya - Huarmaca Huarmaca Huancabamba 105931117	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Un huaco de gran magnitud destruyó un colegio (C.E. N° 20117) con presencia de bloques de hasta 1.5 m de diámetro.	Afectó el colegio C.E. N° 20117 y la carretera Porcuya-Huarmaca en el km 52+000.
Pueblo Nuevo Buenos Aires Morropón 96041033	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Un huaco en el sector Pueblo Nuevo, afectó puente. Recibió aporte de material de la confluencia de dos quebradas y torrenteras.	Afecta el puente y la carretera de acceso a Morropón, en el km 15 + 200
Quebrada San Antonio San Miguel de El Faique Huancabamba 96021081	Pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Un huaco estacional se presenta todos los años en épocas de lluvias (enero - marzo) discurre por la quebrada San Antonio. Con presencia de bloques de hasta 10 m de diámetro (fotografía 6.15).	Afecta la carretera Piura-Serrán.
Quebrada La Tranca Salitral Morropón 96031114	Pendiente del terreno; morfología; precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	El flujo de detritos ha ocasionado el asentamiento de la carretera, la cual ha sido rellena. Se ha colocado una alcantarilla de 1.5 m para evitar que siga afectando la carretera.	Afecta 3 viviendas que se encuentran al borde de la quebrada y los terrenos de cultivo.



Fotografía 6.9 Quebrada Huaychau, por donde discurre flujo de detritos; forma abanico en la margen derecha del río Huancabamba. Distrito de Huarmaca, provincia Huancabamba



Fotografía 6.10 Flujo de detritos que se genera en periodos de El Niño y se encauzan por torrentera que cruza el poblado de Serrán; distrito de Salitral, provincia de Morropón



Fotografía 6.11 Flujo de detritos discurre por la quebrada Unguio, la cual ha sido encauzada aguas abajo; distrito y provincia de Huancabamba



Fotografía 6.12 Huayco de la quebrada Palo Blanco, en el sector San Juan de Bigote. Todos los años acarrea flujo, material conformado por bloques subredondeados y árboles de algarrobos; distrito de San Juan de Bigote, provincia de Morropón



Fotografía 6.13 Km 65+00 de la carretera Sullana-Talara, donde se genera un Flujo de detritos excepcional que discurre por el tributario de la quebrada Ancha, actualmente seca; destruyó 2 veces un tramo de la carretera Sullana-Talara y la alcantarilla, La Brea, Talara



Fotografía 6.14 Huayco estacional, se presenta todos los años en épocas de lluvias (enero - marzo) discurre por la quebrada San Antonio, imposibilitando el tránsito por esta vía; distrito de San Miguel de El Faique, Provincia de Huancabamba



Fotografía 6.15 Quebrada Pariñas, por donde discurren flujos de manera excepcional, el Flujo puede erosionar estribos del puente. A la entrada del puente se ha colocado diques para controlar la erosión. Distrito de Pariñas, provincia de Talara

Cuadro 6.6
Descripción de los principales flujos de lodo

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
La Brea Talara Piura 76131050	Suelos fluvio-proluviales, con porcentaje mayor de arena y menor proporción de grava, limos y arcillas, substrato rocoso constituido por rocas sedimentarias de tipo areniscas, limolitas y arcillitas, precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	4	3	12	La quebrada trae flujos constituidos en 60% de material fino conformado por arenas y limos, casi un 40% de gravas. El flujo del año 1997-98 destruyó 350 m de la carretera Panamericana Norte a la altura del km 1059; actualmente se presenta seca, se ha variado el trazo de la carretera y bajado el nivel de la plataforma. La quebrada discurre y diseca terrenos plano-ondulados, produciendo también erosión a manera de cárcavas y surcos. Se han colocado alcantarillas y gaviones para dar protección a la plataforma de carretera. El fenómeno es excepcional y activo con posibilidad de reactivación alta.	Destruyó unos 350 m de la carretera Panamericana Norte en el km 1059.
San Jacinto Marcavelica Sullana Piura 76131051	Suelo proluvial-aluvial conformado por arena, grava y limo, substrato constituido por areniscas y limolitas, pendiente del terreno de menor a 5°, precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	4	3	12	La quebrada se encuentra actualmente seca y arrastra flujos constituidos en 60% de finos y 40% de gravas; su cauce tiene 300 m de ancho. Se ha variado el trazo de la carretera y se han colocado alcantarillas, gaviones, además se bajo el nivel de la plataforma de la carretera. El fenómeno es excepcional activo y con alta posibilidad de reactivación.	El fenómeno del año 1997-98 destruyó totalmente la plataforma de la carretera en una extensión de 300 m de la Panamericana Norte.
Ignacio Escudero Sullana Piura 76131053	Suelos fluvio-proluviales gravo-arenosos con menor porcentaje de limo, substrato rocoso constituido por rocas sedimentarias de tipo areniscas, limolitas, pendiente del terreno menor de 5°, precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	4	3	12	La quebrada actualmente seca presenta un lecho material proluvial constituido por 60% grava y 40% de arena y limo; erosiona 350 m de carretera. La quebrada discurre sobre un terreno plano ondulado, se varió el trazo de la carretera, se han colocado alcantarillas, enrocados y gaviones en el talud inferior de carretera. Se produjo en el año 1997-1998. Es un fenómeno excepcional activo y con alta posibilidad de reactivación.	Destruyó 350 m de la carretera Panamericana Norte en el km 1052.
Ignacio Escudero Sullana Piura 76131079	Pendiente muy baja menor de 5°, suelo residual con arcillas, arenas y gravas con menor porcentaje de limo; substrato de limolitas y arcillitas; precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	4	3	12	En este sector, el terreno es plano ondulado y se encuentra disectado por surcos y quebradas pequeñas que en periodos de lluvia excepcionales movilizan material areno-limoso como flujos de lodo. La cobertura vegetal en la zona es escasa de tipo arbustiva. Puede afectar la Panamericana Norte con daños severos. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Afecta 100 m de la Panamericana Norte.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Ignacio Escudero Sullana Piura 76131080	Pendiente muy baja menor de 5°; suelo proluvial-residual areno-gravoso, menor porcentaje de limo; sustrato de limolitas, areniscas y arcillitas; precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	4	3	12	Se observa un conjunto de torrenteras que se activan en períodos del fenómeno de El Niño. Todas las torrenteras convergen a un cauce principal de unos 80 m de ancho que discurre paralelo a la Panamericana Norte provocando erosión en su margen izquierda, también puede producir erosión de la plataforma de la carretera por carecer de defensa. La vegetación en la zona es escasa de tipo arbustiva. Los daños pueden ser severos. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Afecta 500 m de la Panamericana Norte.
Ignacio Escudero Sullana Piura 76131087	Pendiente muy baja, menor de 5°, precipitación pluvial intensa y dinámica fluvial. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	4	3	12	Por la quebrada Peroles, se movilizan flujos en los períodos de lluvia excepcional que pueden afectar la carretera Panamericana Norte. Se ha realizado un encauzamiento de la quebrada a la altura del puente Peroles por medio de muros de concreto y rocas, en el cauce se puede ver material areno-gravoso y abundante vegetación. Se encuentran viviendas asentadas muy cerca de la quebrada. Los daños causados son severos. Se produjo en el año 1997-1998.	Puede afectar el puente Peroles.
Quebrada Songorita La Brea Talara Piura 66121031	Sustrato de areniscas, arcillitas, limolitas, suelo proluvial-aluvial areno-gravoso con limo; pendiente del terreno muy baja de menos de 5°, morfología de valle fluvial y pampas, precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial y cobertura vegetal escasa de tipo arbustiva.	4	3	12	La quebrada Songorita actualmente seca, tiene su cauce de 200 m de ancho aproximadamente, por donde en períodos de lluvias excepcionales discurren flujos de material canalizado que han destruido unos 200 m de la carretera Panamericana Norte, los troncos traídos por el flujo obstruyeron el pontón existente y luego reventó. Se ha variado el trazo de la carretera, que ya no es recto sino que sigue una curva, se han colocado alcantarillas y sacos de arena. También, se produce socavamiento fluvial de las terrazas y el terraplén. En sectores muy cercanos a este se puede observar fenómenos similares de menor dimensión. Se produjo en el año 1997-1998. El fenómeno es activo, de recurrencia excepcional y con posibilidad de reactivación alta. Los daños causados son severos.	Afectó unos 200 m de la carretera Panamericana Norte en el km 1065 + 100.
Viviate La Huaca Paíta Piura 76131011	Pendiente baja de 5° - 20°, morfología de quebrada, colinas y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	Las torrenteras se cargan de agua en períodos de lluvias fuertes que podrían afectar a las viviendas. Las torrenteras son resultado de una erosión en cárcavas que se ha profundizado. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Causó un número no determinado de muertes.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Carretera Piura- Olimos Km. 50+00 Chulucanas Morropón 86011001	Material de remoción antiguo-susceptible, pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	El flujo de lodo que discurre por la quebrada se activa en épocas de lluvias intensas-excepcionales.	Afecta 8 viviendas de alrededor y principalmente a la carretera.
Km 03+00 del desvío a Mancora- Pocitos Mancora Talara 66211041	Pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	Las torrenteras que acarrear flujo de lodo y material suelto proviene de derrumbes en la cabecera de la quebrada, además se tiene el material de desmonte que es arrojado al cauce de la quebrada por los pobladores del sector.	Puede afectar viviendas del sector Pocitos.
Quebrada Camal Mancora Talara 66211046	Pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	3	3	9	El flujo de lodo en la quebrada Camal. Se ha colocado un muro de contención en la margen izquierda para evitar erosión fluvial. El cauce del flujo ha sido desviado para evitar que afecte viviendas. Aguas abajo la quebrada está canalizada (fotografía 6.16).	Puede afectar viviendas precarias en la margen izquierda de la quebrada, un colegio y planta de Electro Perú en la margen derecha.
Sector Buenos Aires Buenos Aires Morropón 96031205	Pendiente del terreno; morfología; precipitaciones pluviales intensas y ocupación inadecuada del suelo por el hombre (áreas vulnerables).	4	3	12	Los flujos de lodo excepcionales discurren por torrenteras que cortan al poblado de Buenos Aires y la carretera Buenos Aires- Huarmaca. Este poblado se encuentra ubicado sobre un abanico antiguo de aprox. 2.8 km de ancho, cortado por varias quebradas de las que destacan la Qda. Jahuary de la Chira, Jahuary del Coche y Jahuary El Almendro. Se ha canalizado una torrentera, también se ha colocado alcantarilla y badén.	Puede afectar 12 viviendas del poblado de Buenos Aires, un tramo de 2,8 km de la carretera Morropón-Cardal; destruyó una vivienda en el año 1998, km 19+953.
Carretera Negritos- Talara La Brea Talara 66141071	Naturalidad del terreno, pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	El flujo de lodo corta carretera Negritos-Talara. Se ha colocado una alcantarilla de 0.5 m de diámetro. El área también es afectada por erosión en cárcavas.	Puede afectar torres de alta tensión y la carretera Negritos-Talara.
Punta Farallón Los Órganos Talara 66211031	Pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, ausencia de vegetación y ocupación inadecuada del suelo por el hombre (áreas vulnerables).	3	2	6	Dos torrenteras acarrear flujos de lodos que intersectan la carretera Cabo Blanco-Los Órganos; aguas abajo, ambas quebradas se juntan. En la margen izquierda de la quebrada se ha colocado enrocado para evitar que dañe la infraestructura de una fábrica y de un muelle de petróleo, también se ha colocado un muro de contención en la margen derecha.	Puede afectar el muelle, 2 alcantarillas y 100 m de la carretera Lobitos-Los Órganos.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Los Órganos Los Órganos Talara 66211034	Pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas y naturaleza del suelo.	3	2	6	La zona tiene flujos de lodo que discurren por torrenteras que desembocan en una quebrada y en su recorrido intersectan al poblado de Los Órganos. Como medida de mitigación se ha canalizado en dos sectores la quebrada. Aguas arriba se ha arrimado material hasta 1 m de altura en ambas márgenes de la quebrada, actualmente la utilizan como botadero de basura y desmonte. Se recomienda limpieza del cauce (fotografía 6.17).	Puede afectar viviendas y la carretera Los Órganos-Máncora.
Quebrada Vichayito Los Órganos Talara 66211037	Pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	El flujo de lodo excepcional en la quebrada Vichayito. Se ha recortado 50 m aprox. del cauce de la quebrada hacia la margen izquierda, para colocar un muro de concreto con el fin de evitar que erosionen los estribos del puente.	Afecta 400 m aprox. por sectores de la carretera Los Órganos-Máncora en el km 138+165, el badén y el puente.
Sector Luís Alba Castro Pariñas Talara 66141067	Pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas y naturaleza del suelo.	3	3	9	El flujo de lodo es excepcional y ha sido canalizado aguas abajo de la quebrada. Dos viviendas que se encuentran en ambas márgenes del canal presentan grietas producto de asentamientos producido por las arcillas y niveles de yeso existente en la zona. El último evento ocurrió en el año 1998; el flujo alcanzó una altura de 1.5 m. (fotografía 6.18).	Afecta 100 m de carretera y 2 viviendas de sector Luis Alba Castro.
Urb. James Storm Pariñas Talara 66141069	Pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas y naturaleza del suelo.	3	3	9	La zona de flujos de lodo excepcionales que discurren por torrenteras, las cuales se han canalizado aguas abajo. Viviendas de la urbanización James Storm se ubican al pie de las torrenteras. En la cabecera de la quebrada se presenta derrumbes que aportan material al cauce. Se ha colocado alcantarillas (fotografía 6.19).	Puede afectar algunas viviendas de la urbanización James Storm.

P: peligro

V: Vulnerabilidad

R: Riesgo estimado



Fotografía 6.16 Flujo de lodo en quebrada Camal, se ha colocado un muro de contención en la margen izquierda para evitar erosión fluvial. Distrito de Mancora, provincia de Talara



Fotografía 6.17 Zona donde se tienen flujos de lodo que discurren por torrenteras que desembocan en quebrada, que en su recorrido intersecta al poblado de Los Organos. Distrito de Los Órganos, provincia de Talara



Fotografía 6.18 Sector Luis Alba Castro, Flujo de lodo excepcional, el cual ha sido canalizado aguas abajo de la quebrada. Distrito de Pariñas, provincia de Talara



Fotografía 6.19 Urb. James Store, zona donde se producen flujos de lodo de forma excepcional, las torrenteras han sido canalizadas. Distrito de Pariñas, provincia de Talara

Cuadro 6.7
Descripción de los principales flujos de tierra

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Villa Flor San Miguel de El Faique Huancabamba 96021098	Rocas muy fracturadas, naturaleza del suelo (incompetente), precipitaciones pluviales intensas, aguas subterráneas: infiltraciones/presión de poros, mal sistema de riego y uso inadecuado de agua de escorrentía.	3	2	6	El flujo de tierra en el sector Villa Flor se ha reactivado en los rellenos de la plataforma de la carretera, también se tiene filtración de agua. Existe presencia de bloques aislados y asentamiento de la carretera en un tramo de 4 m.	Puede afectar la carretera Huancabamba-El Higuierón.
Quebrada Pucutay, Caserío Cachacoto km 07+00 carretera Huancabamba- Sondor Sondor Huancabamba 106031125	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), precipitaciones pluviales intensas, deforestación de laderas; mal sistema de riego y uso inadecuado de agua de escorrentía.	4	2	8	El flujo de tierra es producto de las filtraciones permanentes de agua. El terreno es irregular (cóncavo-convexo), en la zona existen oconales, también se presentan hundimientos y asentamiento en la carretera. La velocidad del fenómeno es muy lenta, hace 15 años tiene actividad. Se ha colocado un muro de contención, el cual es insuficiente, ya que este presenta agrietamientos. Se recomienda reforestar el sector y colocar cunetas de coronación(fotografía 6.20).	Afecta terrenos de cultivos, 700 mde la carretera de acceso a Sondor, muro de contención de 30x0.2x0.3 m.
Huancabamba Huancabamba Huancabamba 106041163	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), alternancia de rocas de diferente competencia, naturaleza del suelo (incompetente), material de remoción antiguo-susceptible, pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	El flujo de tierra está activado en el cuerpo de un deslizamiento y localizado en la margen derecha de la quebrada Unguio.El movimiento se evidencia en las construcciones (paredes y pisos de las viviendas de Huancabamba) que presentan agrietamientos transversales y asentamientos. Estos efectos son localizados y no afectan a todas las viviendas. En el pie del deslizamiento también se observa caída de rocas y presencia de bloques aislados suspendidos en la ladera (fotografía 6.21).	Afecta viviendas de la localidad de Huancabamba y750 m de carretera de acceso a Huancabamba por sectores.

P: peligro

V: Vulnerabilidad

R: Riesgo estimado



Fotografía 6.20 Km 07+000 de la carretera Huancabamba-Sondor (Quebrada Pucutay), la plataforma se encuentra asentada y ondulada por el movimiento del terreno. Distrito de Sondor, provincia de Huancabamba



Fotografía 6.21 Ciudad de Huancabamba, afectado por flujo de tierra activo, el cual produce agrietamiento e inclinación de las paredes de las viviendas, también deformación y asentamientos en las pistas

Cuadro 6.8
Descripción de las principales avalanchas de rocas

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Puente Fierro Canchaque Huancabamba 96021070	Naturaleza del suelo (incompetente), material de remoción antiguo, precipitaciones pluviales intensas y aguas subterráneas: infiltraciones/ presión de poros.	3	3	9	Se presenta avalancha de rocas antiguas; de ocurrir un sismolos bloques suspendidos en la ladera que alcanzan hasta 1 m de diámetro podrían caer afectando la carretera. El área también es afectada por reptación de suelos (fotografía 6.22).	Puede afectar un tramo de 400 m de la carretera Canchaque-Huancabamba.
Palo Negro 96021131	Alterancia de rocas de diferente competencia, fracturamiento de las rocas y pendiente del terreno.	2	1	2	Existen viviendas construidas sobre depósitos de avalancha de rocas antiguas. Es posible encontrar bloques de hasta 3 m de longitud (fotografía 6.23)	Se estima que el evento se encuentra estabilizado.

P: peligro

V: Vulnerabilidad

R: Riesgo estimado



Fotografía 6.22 Avalancha de rocas antiguo, cuyos materiales se depositan sobre la ladera actualmente cubierta con pastizales, sector Puente Fierro, distrito de Canchaque, provincia de Huancabamba



Fotografía 6.23 Depósito de avalancha de rocas antiguo, en el sector de Palo Negro, distrito de San Juan de Bigote, provincia de Morropón

Reptación

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

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

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

En la región Piura, se ha identificado 21 ocurrencias de zonas afectadas por procesos de reptación de suelos, que representan el 2.16 % del total de movimientos en masa inventariados en la región. Las principales ocurrencias de reptación de suelos se describen en el cuadro 6.9.

Movimiento complejo

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

En la región Piura representan en porcentaje el 3.56 % de los movimientos en masa inventariados con 35 ocurrencias; y las principales ocurrencias se describen en el cuadro 6.10.

PELIGROS GEOHIDROLÓGICOS

Dentro de este tipo de peligros se han considerado la erosión fluvial o de riveras, inundación fluvial y erosión marina.

Erosión fluvial

Este fenómeno está relacionado con la acción hídrica de los ríos, socavando los valles, profundizándolos, ensanchándolos y alargándolos (Davila, J., 1999).

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

En la región Piura, en condiciones climáticas normales, la erosión fluvial se produce a lo largo de las márgenes de los ríos Huancabamba y Chira, esto durante los periodos de lluvia, que es cuando los ríos presentan caudales importantes. Esta condición

cambia radicalmente cuando se presenta el fenómeno de El Niño, donde se registran precipitaciones intensas, que hacen que se activen quebradas secas y los ríos Piura, Chira y Huancabamba registren caudales elevados, produciendo una intensa erosión fluvial a lo largo de sus márgenes; así como migración y cambios en sus cursos.

Dentro de la región Piura se han identificado 85 zonas afectadas por procesos de erosión fluvial. En el cuadro 6.11 se describen los principales sectores donde se han registrado problemas por erosión fluvial.

Inundación fluvial

Peligro natural que se presenta excepcionalmente en la cuenca baja de los ríos Piura y Chira, a lo largo de terrazas bajas del río Huancabamba y en quebradas secas de gran extensión; cuando se presenta el fenómeno de El Niño, debido a que la gran cantidad de precipitación caída en zonas de montaña, colinas y pampa costanera, al concentrarse en los cursos de ríos y quebradas sobrepasan sus capacidades de carga, provocando desbordes e inundación de tierras adyacentes.

Los cursos de ríos y quebradas que atraviesan zonas de pendiente mínima (pampa costanera), desarrollan amplias terrazas y llanuras de inundación donde el río divaga, para poder compensar la falta de pendiente y lograr que por él discurran los caudales excepcionales que transporta.

El ensanchamiento del cauce de un río y la destrucción de parte de la llanura de inundación son resultados frecuentes durante la ocurrencia de estos fenómenos.

En la región, las mayores inundaciones están asociadas al fenómeno de El Niño. Así se tienen desbordes de los ríos Piura, Chira, que afectaron principalmente terrenos de cultivo en los últimos eventos del fenómeno. Se han identificado 58 ocurrencias de zonas afectadas con inundación fluvial.

En el cuadro 6.12 se describen los principales sectores donde se han registrado problemas por inundación fluvial.

Erosión marina

Fenómeno que produce el desgaste de las formaciones rocosas del borde litoral por acción del oleaje y corriente marina, forma acantilados o afecta directamente a estructuras ubicadas cerca de la zona de influencia del oleaje marino. En la región se han identificado tres ocurrencias de este tipo de fenómeno, el cual se encuentra afectando viviendas e infraestructura turística.

En el cuadro 6.13 se describen los principales sectores donde se han registrado problemas por erosión marina.

Cuadro 6.9
Descripción de las principales zonas afectadas por procesos de reptación de suelos

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Membrillo Aul Ayabaca Piura 96121037	Suelo limo-arcilloso con pendiente media de 20° - 35°, precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	En la zona, se puede observar reptación en las laderas con dirección hacia el talud de corte de carretera. Se está estabilizando el fenómeno con el sembrado de plantas de eucalipto en toda la ladera. El terreno presenta irregularidades. Esta reptación podría desencadenar un deslizamiento ante la presencia de fuertes lluvias. El fenómeno es activo y de recurrencia periódica.	Se encuentra afectando 1 vivienda.
Santa Rosa Antigua Ayabaca Piura 96241041	Suelo proluvial arcillo-gravoso con menor porcentaje de limo y arena, pendiente media de 20-35°, precipitaciones pluviales intensas y filtraciones.	4	2	8	En este sector, ante la presencia de precipitaciones pluviales fuertes, el terreno se movilizó pendiente abajo de la quebrada. Todas las construcciones construidas en la zona fueron destruidas. Actualmente, se puede observar las paredes de viviendas deshabitadas con grietas, la loza deportiva de concreto también está agrietada, con asentamientos y levantamientos. Se destruyó un colegio, viviendas y la loza deportiva. El poblado ha sido reubicado a una zona cercana en una ladera y solo una vivienda está ubicada en la zona del fenómeno. Es muy probable que se produzca un deslizamiento ante la presencia de otras precipitaciones pluviales fuertes. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Destruyó 7 viviendas, 1 colegio y la loza deportiva
Huallanay San Miguel de El Faique Huancabamba 96021097	Rocas muy fracturadas o diaclasadas, material de remoción antiguo susceptible, precipitaciones pluviales intensas, aguas subterráneas, infiltraciones / presión de poros, mal sistema de riego y uso inadecuado de agua de escorrentía.	3	2	6	Se presenta un movimiento en masa antiguo reactivado a manera de reptación de suelos por sectores, con presencia de bloques aislados de hasta 2 m de diámetro y asentamientos en la carretera Huancabamba-Charanal. El poblado de San Miguel de El Faique se encuentra sobre el depósito de un movimiento complejo antiguo (fotografía 6.24).	Afecta un tramo de 30 m de la carretera Huancabamba-Charanal.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Codigo	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Cerro Jacochas Huancabamba Huancabamba 96011155	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Existe reptación de suelos con desgarro de cobertura vegetal, saltos y discontinuidades en la margen derecha de la quebrada Cash Cash. También, presenta derrumbes en el talud superior de carretera. En época de lluvias aporta material al cauce de la quebrada.	Afecta 250 m de la carretera Huancabamba-Chulucanitas, terrenos de cultivos y una vivienda.
Pajonal y Botonal Huancabamba Huancabamba 96011168	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Existe reptación de suelos en los sectores de Pajonal y Botonal. Se presenta desgarro de la cobertura vegetal, los saltos y las discontinuidades. Se observa un pequeño desizamiento en el cuerpo que está afectando los cultivos de papa (fotografía 6.25).	Afecta terrenos de cultivos de papa y una vivienda.
Carretera Huancabamba-La Laguna Huancabamba 96011172	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Existe reptación de suelos en el cerro Jacochas en la margen derecha de la quebrada Angostura. El área también está afectada por erosión en surcos. El material desprendido podría represar el río.	Puede afectar terrenos de cultivo.

P: peligro

V: Vulnerabilidad

R: Riesgo estimado



Fotografía 6.24 Sector de Huallanay, movimiento en masa antiguo reactivado por sectores a manera de reptación de suelos, produce asentamientos en la carretera Huancabamba-Charanal. Distrito de San Miguel de El Faique, provincia de Huancabamba



Fotografía 6.25 Reptación de suelos en los sectores de Pajonal y Botonal, se produce desgarramiento de cobertura vegetal, saltos y discontinuidades. Distrito y provincia de Huancabamba

Cuadro 6.10
Descripción de principales movimientos complejos

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Montero Ayabaca Piura 96111086	Substrato de andesitas extremadamente fracturada (F4) y altamente meteorizada (A4), suelos limo arcillosos, pendiente fuerte de 35° - 50° y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	La zona de arranque regular de unos 150 m de alto x 200 m de ancho involucra suelo y rocas. El material caído se comportó como flujo que destruyó toda la vegetación encontrada a su paso en el talud inferior de la carretera. Se observa en el cuerpo del deslizamiento material removido y bloques inestables. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Afecta 200 m de la carretera.
Pite Montero Ayabaca Piura 96111087	Suelo de naturaleza limo-arcilloso, pendiente media de 20° - 35°, morfología de ladera, precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	La zona de arranque es irregular, existe asentamiento de material saturado del talud superior hacia la carretera. Los terrenos están removidos.	Afecta 70 m de la carretera.
Cerro Caserío San Miguel de El Faique Huancabamba 96021057	Substrato de mala calidad (muy meteorizado); naturaleza del suelo (incompetente); pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	El deslizamiento es activo, el material desplazado se comportó como flujo, el cual discurrió por una pequeña quebrada aportando material al cauce de un tributario de la quebrada Uchupata. En toda la ladera se observan pequeños deslizamientos que están afectando a la carretera (fotografía 6.26).	Afecta la carretera de acceso a Sondorillo.
Santa Rosa Canchaque Huancabamba 96021079	Substrato de mala calidad (muy meteorizado); naturaleza del suelo (incompetente); precipitaciones pluviales intensas, aguas subterráneas: infiltraciones / presión de poros.	5	3	15	El deslizamiento es activo con escarpas sucesivas, el material removido saturado se comportó como flujo y se llevó parte de la carretera. Actualmente, se ha reactivado como derrumbes, los materiales siguen cayendo sobre la carretera. Se ha reconstruido trazo carretero y además se ha colocado muro de contención para tratar de estabilizarlo (fotografía 6.27).	Afecta aprox. 1 km de la carretera Canchaque- Loma Larga Alta por sectores.
Los Álamos San Miguel de El Faique Huancabamba 96021083	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, ocupación inadecuada del suelo por el hombre (áreas vulnerables) y deforestación.	4	3	12	El deslizamiento es activo, se comporta como flujo. Algunas viviendas del poblado Los Álamos, se encuentran muy cerca de la escarpa, también podría afectar a cultivos de plátanos. Se debe evitar el riego por inundación y prohibir la construcción de viviendas cerca a la escarpa del deslizamiento.	Puede afectar viviendas del poblado Los Álamos y cultivo de plátanos.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Puente Piedra San Miguel de El Faique Huancabamba 96021084	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), precipitaciones pluviales intensa, aguas subterráneas: infiltraciones/presión de poros y ocupación inadecuada del suelo por el hombre (áreas vulnerables).	5	3	15	El año 2007 este deslizamiento activo se comportó como flujo, se llevó dos viviendas y terrenos de cultivos de plátanos. Actualmente, se presentan grietas en la carretera. Hay dos viviendas que se encuentran en el límite de la escarpa.	Afectó dos viviendas, terrenos de cultivo de plátanos y la carretera Canchaque-Villa Flor.
San Miguel de El Faique Huancabamba 96021090	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), precipitaciones pluviales intensas, aguas subterráneas: infiltraciones/presión de poros, mal sistema de riego y uso inadecuado de agua de escorrentía.	5	315		El deslizamiento es activo de 300 m de longitud de escarpa, presenta dos saltos, en marzo de 2009 se comportó como flujo transportando gran cantidad de material, el cual afectó la carretera, en el sector La Tuna. Una cárcava de 3 m de profundidad aprox. con avance retrogresivo se desarrolla en el cuerpo del deslizamiento; se ha colocado una alcantarilla de 0,6 m de diámetro para encausar el agua pero no ha sido suficiente, el suelo se sigue saturando por lo que se debería colocar trinchos y evitar el riego por inundación.	Afectó 250 m de la carretera Canchaque-Higuerón, en el km 13+00, 01 alcantarilla y terrenos de cultivo.
Rosario Sondor Huancabamba 106031138	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), material de remoción antiguo, susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, mal sistema de riego y uso inadecuado de agua de escorrentía.	5	3	15	La zona de deslizamientos es activa, de tipo rotacional en la margen izquierda del río Huancabamba y con proceso de erosión de cárcavas en el cuerpo. Se presentan asentamientos en la carretera de 1 a 2 m aprox. En épocas de lluvias se intensifica más el fenómeno, obstruyendo el paso vehicular, algunos deslizamientos de tierra se comportan como flujos. Se recomienda evitar el riego por inundación.	Afecta 1.5 km de la carretera Sondor-Tabaconas, por sectores.
Laguna Caserío Sondor Huancabamba 106031140	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), material de remoción antiguo, susceptible, pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, deforestación o sobrepastoreo de laderas y mal sistema de riego.	4	312		El movimiento es complejo, el deslizamiento es activo con una longitud de escarpa aprox. de 1 km. Su cuerpo se comporta como flujo; presencia de bloques de hasta 0.50 m de diámetro. También se observa escarpas en el cuerpo y presenta asentamiento en la carretera de 1.5 m aprox.	Afecta a zonas de cultivos y 500 m de la carretera Sondor-Tabaconas.
Quebrada Linderos Ayabaca Ayabaca 96111348	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, deforestación o sobrepastoreo de laderas; mal sistema de riego y uso inadecuado de agua de escorrentía.	4	3	12	Deslizamiento rotacional activo, el cuerpo se comportó como flujo y tuvo un recorrido de 1 km aprox., el cual según versiones de los pobladores represó la quebrada Los Linderos, este evento ocurrió en marzo de 2009. En la margen izquierda además el área presenta reptación de suelos y pequeños deslizamientos; en la margen derecha un deslizamiento antiguo. En época de lluvias aportan material al cauce de la quebrada.	Afecta 2 km de la carretera Puerto Quiroz-Pacaipampa, 2 viviendas y terrenos de cultivo.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Sector Peñon Lagunas Ayabaca 96141369	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), material de remoción antiguo, susceptible, pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	Movimiento complejo (Deslizamiento-Flujo) antiguo en la margen izquierda del río Quiroz con reactivaciones en el cuerpo; el cual ha desviado el curso del río. Terreno irregular con presencia de bloques de hasta 2 m de diámetro. Dos viviendas se encuentran ubicadas en el cuerpo del deslizamiento.	Afecta 2 km de carretera (en 8 desarrollos) Puerto Quiroz-Pacajpampa, 2 viviendas y terrenos de cultivo.
Cerron Peñon Lagunas Ayabaca 96141371	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), material de remoción antiguo, susceptible, escasez de vegetación y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	El deslizamiento es rotacional, antiguo, con reactivaciones en el cuerpo. Se ha colocado dos muros de contención, los cuales son inadecuados, debido a la fuerza de empuje de este movimiento en el talud superior de la carretera puente Tondopa-Lagunas. Actualmente, estos muros están a punto de colapsar.	Afecta 400 m de la carretera Puente Tondopa-Lagunas-Pacajpampa.
Huacas (Antiguo Simiris) Santo Domingo Morropon 96041181	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, ausencia de vegetación, precipitaciones pluviales intensas y deforestación de laderas.	3	3	9	Se encontró un movimiento complejo (deslizamiento rotacional-flujo) en Huacas, antes llamado poblado de Simiris. El evento ocurrió después de la época de lluvias (junio 1956) y se estabilizó después de 2 meses, según versiones de los pobladores del sector, afectó viviendas del poblado Simiris. Actualmente, el poblado Simiris ha sido reubicado, ahora el terreno lo ocupa el poblado Huacas. Presenta reactivaciones, bloques aislados, pequeñas escarpas por sectores en el cuerpo y derrumbes en el pie, localizado en la margen izquierda de la quebrada Grande.	Afecta 400 m de la carretera Morropon-Santo Domingo-San Jorge, viviendas del poblado Simiris y terrenos de cultivo.
La Rinconada Huarmaca Huancabamba 95911169	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas, excavaciones y voladuras (cortes en el pie de ladera o talud).	3	2	6	Se encontró un derrumbe-flujo en el sector La Rinconada. El derrumbe en el talud superior de la carretera Huarmaca-Chignia se comportó como flujo. Se recomienda desquincar bloques colgados en el talud, construir badén, y colocar enrocado y trinchos para proteger erosión de la plataforma. Este fenómeno es recurrente.	Afecta un tramo de 40 m de la carretera sin afirmar Huarmaca-Chignia.

P: peligro

V: Vulnerabilidad

R: Riesgo estimado



Fotografía 6.26 Cerro Caserío, donde se produjo un deslizamiento, cuyo material desplazado se comportó como flujo, el cual se encausó y discurió por una pequeña quebrada, aportando material al cauce de la quebrada Uchupata. Distrito de San Miguel de El Faique, provincia de Huancabamba



Fotografía 6.27 Sector Santa Rosa, deslizamiento que presenta escarpas sucesivas, el material removido y saturado se comportó como flujo y se llevó parte de la carretera a Canchaque. Distrito de Canchaque, provincia de Huancabamba

Cuadro 6.11
Descripción de principales erosiones fluviales

Paraje/Sector Distrito/Provincia Codigo	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Paimas Ayabaca Piura 96111096	Pendiente baja, menor a 5°, morfología de valle fluvial, precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	4	3	12	La erosión de riberas en la margen izquierda del río Quirozha socavado la carretera. Fenómeno activo de recurrencia periódica.	Afecta el tramo de la carretera.
La Huaca Paita Piura 76131082	Pendiente muy baja, menor a 5°, precipitación pluvial intensa y dinámica fluvial.	4	3	12	En este sector, el río Chira erosiona terrenos de cultivo ubicados en la margen izquierda, el dique de tierra ha sido totalmente roto y ha dejado un acantilado vertical de 6 m de alto. Los daños causados son severos. Se produjo con los eventos de El Niño de los años 1982-1983 y 1997-1998. Fenómeno activo de recurrencia excepcional.	Afecta unos 1000 m del dique de protección y 200 has de terrenos de cultivo.
Paimas Ayabaca Piura 96111097	Pendiente muy baja, menor a 5°, morfología de valle fluvial, precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	4	3	12	La erosión en la margen derecha del río Quiroz afectó el puente peatonal. Se han colocado rocas al estribo derecho del puente para darle protección. El fenómeno es activo y de recurrencia periódica.	Afecta el tramo de la carretera.
Hacienda San José La Huaca Sullana Piura 76131083	Pendiente muy baja, menor a 5°, precipitación pluvial intensa y dinámica fluvial.	4	3	12	En este sector, no se observa la presencia del dique de protección; el río Chira está en constante erosión y deja acantilados de hasta 8 m de alto. Afecta terrenos de cultivo. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Afecta terrenos de cultivo. Los daños causados son severos.
Quebrada Samán Marcavelica Sullana Piura 76131085	Pendiente muy baja menor a 5°, precipitaciones pluviales intensa y dinámica fluvial.	4	3	12	En este punto, la quebrada Samán en el último fenómeno "El Niño" causó erosión en su margen derecha y afectó los terrenos de cultivo de la zona. Se han colocado espigones de gaviones. Por la quebrada actualmente discurre poca agua; asimismo, el canal norte de regadío del Proyecto especial Chira-Piura cruza esta quebrada con un sifón. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Afectó terrenos de cultivo. Los daños causados pueden ser severos.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Puente Simón Rodríguez Amotape Paita Piura 66141004	Pendiente menor a 5°, morfología de valle inundable del río Chira; terrazas altas; precipitación pluvial intensa y dinámica fluvial.	4	3	12	El puente colapsó con las lluvias de 1998, en una longitud de 100 m, encontramos terrenos de cultivo en terrazas bajas con arenamiento producto de avenidas. En el tramo del puente colapsado, se ha construido un puente colgante para el paso de la tubería de agua potable para Talara.	Afectó el puente en un tramo de 100 m, hasta el momento no se ha reconstruido la parte afectada.
Vichayal Paita Piura 66141046	Pendiente muy baja, menor de 5°, precipitación pluvial intensa y dinámica fluvial. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	4	3	12	En este punto, el río Chira rompió el dique de protección en un tramo de unos 150 m. Actualmente, el dique se ha reconstruido variando el trazo y la altura del mismo. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Afectó el dique de protección y terrenos de cultivo. Los daños causados son moderados.
Las Playas Lancones Sullana Piura 86231002	Pendiente menor a 5°, morfología de valle fluvial; precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	4	2	8	El río Chira al subir su caudal puede producir erosión en su margen izquierda y afectar al pozo tubular de agua potable colocado muy cerca de esta margen, como medida de protección se han colocado sacos de arena. Por la parte central del poblado de Las Playas cruza una quebrada pequeña por la cual pueden discurrir flujos que pueden afectar también el poblado y el pozo de agua. Fenómeno activo de recurrencia excepcional, con un grado de reactivación alto.	Puede afectar al poblado de Las Playas y el Pozo de agua potable. Los daños causados son severos.
La Huaca Paita Piura 76131081	Pendiente muy baja, menor a 5°, precipitación pluvial intensa y dinámica fluvial.	4	3	12	En 1983, el río Chira afectó su margen izquierda al romper el dique de protección construido de tierra y que fue colocado para darle protección a los terrenos de cultivo. Actualmente, el dique continúa roto y el río Chira se encuentra pegado a esta margen. Se produjo con los eventos de "El Niño" de los años 1982-1983 y 1997-1998. El fenómeno es activo y se produce de manera excepcional.	Afectó 100 m del dique de protección y 20 ha de terrenos de cultivo. Los daños causados son severos.
Quebrada Hualapampa Huarmaca Huancabamba 105931121	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial (socavamiento del pie de un talud).	3	2	6	Se observa la erosión fluvial en la margen izquierda de la quebrada Hualapampa, al pie del cerro Minas y la erosión en cárcavas en las laderas aledañas (fotografía 6.28).	Afecta 100 m de la carretera Hualapampa-Jaén.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Quebrada San Francisco Tambo Grande Piura 86131058	Pendiente del terreno, morfología, ausencia o escasez de vegetación y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	La erosión fluvial socava la terraza en la margen derecha de la quebrada San Francisco; en época de lluvias la quebrada crece y se desborda, inundando la margen izquierda en una longitud de 200 m. En el km 23+004 destruyó un badén, y en época de lluvias excepcionales el paso vehicular se interrumpe. La quebrada tiene un curso muy divagante, especialmente cuando se presenta el fenómeno de El Niño. Debe colocarse espigones y entrocados para controlar la erosión fluvial y construir un puente.	En los años 1983-64 y 1997-98, afectó terrenos de cultivo ubicados en ambas márgenes y la carretera Chulucanas-Tambo.
Puente Virrilá Sechura Sechura 75931004	Pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	La erosión fluvial en la margen izquierda del Estuario de Virrilá afecta una longitud de 150 m. Se ha colocado entrocado en los estribos del puente Virrilá.	Puede afectar 2 viviendas en la margen izquierda y el puente el Virrilá.
Río Piura, sector Chihuana Buenos Aires Morropón 96041031	Pendiente del terreno, morfología y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	La erosión fluvial en la margen izquierda del río Piura, en una longitud de 1 km y en la margen derecha de la terraza de 1 m de alto estánsujetas a inundaciones en época de lluvias excepcionales. Estas alcanzaron una altura de casi 5 m.	En la margen izquierda puede afectar la carretera Morropón-Huancabamba en el km 14+587, alcantarilla y 1 vivienda. En la margen derecha puede afectar los terrenos de cultivo.
Quebrada Carrizal Buenos Aires Morropón 96031039	Pendiente del terreno, morfología, y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	La erosión fluvial en la margen izquierda de la quebrada Carrizal. En época de lluvias excepcionales (El Niño), discurre flujo de detritos por la quebrada. Se ha colocado un entrocado en la margen izquierda para proteger viviendas del sector Río Seco y gaviones para proteger el badén.	Puede afectar la carretera Morropón-Huancabamba, el badén y las viviendas del sector Río Seco.
Río Piura Buenos Aires Morropón 96031041	Pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial (socavamiento del pie de un talud).	3	2	6	La erosión fluvial, en la margen izquierda del río Piura, afecta una longitud de 1 km aproximadamente. Se ha colocado una defensa ribereña (entrocado) en la margen izquierda. También, presenta inundación en ambas márgenes del río. El río Piura es muy divagante, especialmente cuando se presenta el fenómeno de El Niño.	Puede afectar la carretera Morropón-Huancabamba desde el km 30+600 al km 31+000 y también los terrenos de cultivo.
Río Olmos Huarmaca Huancabamba 95921116	Pendiente del terreno, morfología, escasez de vegetación, precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial (socavamiento del pie de un talud).	3	3	9	La erosión fluvial, en ambas márgenes del río Olmos, afecta una longitud de 250 m. Se recomienda colocar un entrocado para proteger la carretera y realizar la limpieza y descolmatación del cauce.	Puede afectar un tramo de 200 m de la carretera Olmos-Jaén en el km 16+550, la tubería de agua que cruza el cauce, los terrenos de cultivo y una vivienda.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Río Huancabamba Huancabamba Huancabamba 106031096	Pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial (socavamiento del pie de un talud).	4	2	8	La erosión fluvial en la margen derecha del río Huancabamba, de continuar socavando la terraza, puede afectar el tramo de la trocha carrozable Huancabamba-Sondorillo.	Puede afectar la trocha carrozable Huancabamba-Sondorillo y los terrenos de cultivo.
Río Piura, puente Independencia Catacaos Piura 76021001	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, morfología, precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial (socavamiento del pie de un talud).	4	3	12	La erosión fluvial en el puente Independencia afecta ambas márgenes del río Piura, cuyo ancho de cauce es de 350 m. Se ha colocado una defensa ribereña (diques, gaviones y arriado de material) para proteger de la erosión a los estribos del puente y evitar el desborde del río en época de lluvias excepcionales. El área también está sujeta a inundaciones.	Puede afectar un puente de 230 m de longitud aproximadamente, terrenos de cultivo y 500 m de la carretera asfaltada Piura-Sechura. En marzo de 2001, el río Piura destruyó el lado izquierdo del puente Independencia, restringiendo el tránsito hacia Sechura.
Río Piura - Carretera Malacasi-La Tortola Salitral Morropón 96031203	Pendiente del terreno, morfología, dinámica fluvial (socavamiento del pie de un talud) y colmatación del cauce fluvial (sedimentación).	4	2	8	Se encuentra erosión fluvial en la margen izquierda del río Piura, cerca de la confluencia de los ríos Bigote y Piura.	Afecta la carretera Malacasi-La Tortola y los terrenos de cultivo. En época de lluvias excepcionales corta el tramo de la trocha carrozable Malacasi-La Tortola y obstruye el paso vehicular.

P: peligro

V: Vulnerabilidad

R: Riesgo estimado



Fotografía 6.28 Erosión fluvial en la margen izquierda de la quebrada Hualapampa, al pie del cerro Minas, afecta 100 m de la carretera Hualapampa-Jaén. Distrito de Huarmaca, provincia de Huancabamba

Cuadro 6.12
Descripción de principales inundaciones fluviales

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Paimas Ayabaca Piura 96111095	Pendiente baja, menor a 5°, morfología de valle inundable, precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	4	3	12	El área de inundación está ubicada en la margen derecha del río Quiroz y afecta los terrenos de cultivo. Se han colocado enrocados y arimados de material del cauce del río para dar protección a la margen. El fenómeno es activo y de recurrencia periódica.	Afecta los terrenos de cultivo.
Sullana Piura 76141040	Pendiente muy baja, menor a 5°, morfología de valle inundable, precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	4	3	12	La inundación en este sector de la margen izquierda del río Chira afecta los terrenos de cultivo. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Una subida de nivel del río afectaría 5 viviendas precarias construidas en el mismo cauce, hacia la margen izquierda. Afecta también los terrenos de cultivo.
Alamor Lancones Sullana Piura 86231001	Pendiente menor a 5°, morfología de valle fluvial, precipitación pluvial intensa y dinámica fluvial. La vegetación en las terrazas es abundante de tipo sembrío y arbustos.	4	3	12	Las terrazas bajas inundables ubicadas en la margen derecha del río Alamor, en el fenómeno "El Niño" del año 1997-1998, se inundaron en ambas márgenes. Algunas viviendas han sido reubicadas a zonas más altas. El fenómeno es activo, de recurrencia excepcional y con un grado de reactivación alto.	Afectó 15 viviendas del poblado de Alamor, construidas muy cerca de la llanura de inundación del río. Los daños causados pueden ser severos.
Puente Simón Rodríguez Amotape Paita Piura 66141005	Pendiente muy baja menor a 5°, morfología de valle inundable, terrazas altas y precipitaciones pluviales intensas, dinámica fluvial.	4	3	12	Se encuentran las estructuras de defensa ribereña destruidas, se observa un enrocado en la margen derecha del río Chira y terrenos planos inundables cubiertos con depósitos de arena. La inundación se produjo el año 1998. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Afectó los terrenos de cultivo.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Amotape Paita Piura 66141006	Pendiente muy baja, menor a 5°, morfología de valle inundable; terrazas altas; precipitaciones pluviales intensas y dinámica fluvial.	4	3	12	En la zona, se observa un enrocado en la margen derecha del río Chira, los terrenos de cultivo malogrados e invadidos por el agua. La inundación se produjo el año 1998. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Puede afectar el distrito de Amotape por la margen derecha del río Chira, se recomienda continuar con la construcción de las defensas ribereñas. Afectó los terrenos de cultivo.
Sullana Piura 76141019	Topografía muy baja, con pendiente menor a 5°; morfología formada por terrazas altas (valle del río Chira). Substrato cubierto por material fluvio-aluvial y suelo residual, precipitaciones pluviales y dinámica fluvial.	4	2	8	En el año 1972, la crecida del río Chira inundó la margen derecha. Este fenómeno se repitió en el año 1998 y afectó el club Náutico del Chira, ubicado en la margen derecha. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Afectó el club Náutico del Chira y viviendas.
Sullana Piura 76131088	Suelos residuales y eólicos conformados por arenas, limos, arcillas y en menor porcentaje gravas, pendiente muy baja menor a 5° y morfología de pampas.	4	2	8	Las intensas precipitaciones pluviales ocurridas en el fenómeno de El Niño en el año de 1997-1998, en la ciudad de Sullana, se concentraron en una zona plana para luego abrirse paso y discurrir hacia la ciudad inundando y afectando calles y viviendas, las cuales fueron anegadas y en algunos casos destruidas. Actualmente, se ha construido un canal-vía revestido de rocas y concreto para drenar las aguas en caso de producirse otro fenómeno de similares dimensiones. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Afectó calles, servicio de desagüe y agua, viviendas.
Sullana Piura 76131089	Pendiente muy baja, menor a 5°, morfología de pampa; suelos residual, eólico, conformado por arenas, limos, gravas y en menor porcentaje gravas.	4	2	8	El agua que proviene de la precipitación pluvial intensa discurrió hacia la ciudad de Sullana abriendo un nuevo cauce por media ciudad, que afectó sistemas de agua, desagüe, viviendas, mercados y anegó calles. Actualmente, se ha construido un canal-vía revestido de concreto, que es usado para drenar las aguas en caso de producirse una precipitación de gran magnitud (fotografía 6.29). El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Afectó calles, viviendas, mercados, sistemas de agua y desagüe.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
La Bocana de Miramar Vichayal Paita Piura 66141007	Pendiente muy baja, menor 5°, morfología de valle inundable, planicie costanera, barra de arena, precipitación pluvial intensa y dinámica fluvial.	4	2	8	Lasterrazas son bajas e inundables en ambas márgenes del río Chira. La inundación se produjo el año 1997-1998 (fotografía 6.30). El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Afectó 14 viviendas, el pozo de petróleo y los terrenos de pastoreo.
Paredones Vichayal Paita Piura 66141013	Suelo de naturaleza gravo-arenosa; pendiente muy baja menor a 5° y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	La zona se inundó el año 1998 y el cauce del río Chira se desplazó hacia su margen izquierda por el elevado caudal, inundando y erosionando esta margen. Se observan diques de roca destruidos. Se ha construido actualmente diques y enrocados en unos 500 m de margen. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	El año 1998, afectó las viviendas ubicadas cerca del borde izquierdo del río Chira.
La Huaca Paita Piura 76131010	Pendiente muy baja, menor a 5°, precipitación pluvial intensa y dinámica fluvial.	3	2	6	En el año de 1998, el río se desbordó por su margen izquierda y llegó al poblado de La Huaca. Se observan muros de defensa de concreto y también enrocados. Actualmente se observan planicies inundables hacia ambas márgenes del río Chira. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	El año 1998, afectó las viviendas ubicadas en la margen izquierda del río Chira.
Saillral Sullana Piura 76141024	Topografía muy baja, con pendiente menor a 5°; morfología formada por valle inundable; substrato sedimentario cubierto por material fluvio-aluvial (gravas y arenas) y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Se presenta la inundación de la terraza y de la llanura de inundación en ambas márgenes del río Chira. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Afectó una vivienda y la calle Sullana.

P.: peligro

V.: Vulnerabilidad

R.: Riesgo estimado



Fotografía 6.29 Canal-vía en Sullana, construido para evitar inundaciones en la ciudad con las lluvias excepcionales del fenómeno de El Niño. Distrito de Sullana, provincia de Piura



Fotografía 6.30 Zona inundable en el sector de La Bocana de Miramar, terrenos bajos inundables hacia ambas márgenes del río Chira, distrito de Vichayal, provincia de Piura

Cuadro 6.13
Descripción de principales erosiones marinas

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
La Esmeralda Colón Paita Piura 66141019	Pendiente del terreno muy baja, de menos de 5° y dinámica marina.	4	3	12	El oleaje marino erosiona las viviendas ubicadas en la línea de playa muy próximas a la zona de acción del mar, se observa algunas viviendas destruidas por el oleaje. Se han colocado sacos de arena y roca en las viviendas para darles protección. Se ha colocado espigones para ganar terreno al mar (fotografía 6.31). El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	El año 1998 afectó 20 viviendas del balneario La Esmeralda de Colón, ubicadas muy cerca al mar.
Puerto de Paita Paita Paita 66011009	Pendiente del terreno, morfología, dinámica marina (erosión de costas) y ocupación inadecuada del suelo por el hombre.	4	3	12	La erosión marina afecta estructuras del muelle y viviendas del poblado de Paita que se encuentran a pocos metros del mar, invadiendo la playa de Paita. De ocurrir un maremoto o tsunami ocasionaría grandes pérdidas económicas y humanas. Actualmente, se observa las estructuras de algunos locales comerciales afectados por la erosión. Se recomienda señalar las rutas de evacuación (fotografía 6.32).	Afecta las viviendas de Paita y estructuras de muelle.
Malecón Mancora Mancora Talara 66211057	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, morfología, dinámica marina (erosión de costas) y dinámica eólica.	3	2	6	Se presenta erosión marina en el malecón Mancora. En marea alta, el oleaje alcanza al malecón afectando su infraestructura, como bancos, bermas y veredas de concreto (fotografía 6.33).	Afectó parte del malecón Mancora (bancos, bermas y veredas).

P: peligro

V: Vulnerabilidad

R: Riesgo estimado



Fotografía 6.31 Erosión marina en la playa La Esmeralda de Colán, distrito de Colán, provincia de Paita. Afecta viviendas ubicadas muy cerca de la línea de costa; se han colocado enrocados para proteger las viviendas



Fotografía 6.32 Erosión marina en el malecón de Máncora, ha destruido estructuras de concreto, provincia de Talara.



Fotografía 6.33 Puerto de Paita, erosión marina afecta estructuras del muelle y viviendas que se encuentran a pocos metros del mar, distrito y provincia de Paita.

OTROS PELIGROS NATURALES

Se han reconocido otros peligros naturales no tipificados dentro de las clasificaciones de movimientos en masa y se han inventariado áreas sujetas a arenamiento y erosión de laderas.

Arenamiento

Proceso activado por acción eólica, por el cual las arenas invaden terrenos de cultivo y obras de infraestructura diversa. Se identifican por la presencia de acumulaciones de arena. Las construcciones realizadas sobre estas arenas son vulnerables a sismos.

En la región se han identificado 25 zonas con procesos de arenamiento, los cuales se encuentran afectando terrenos de cultivo, carreteras y viviendas. En el cuadro 6.14 se presentan los principales sectores afectados por arenamiento dentro de la región.

Erosión de laderas

Representan un total de 200 ocurrencias inventariadas; estos procesos, en muchos de los casos, son predecesores a un

movimiento en masa como puede ser un deslizamiento o movimiento complejo; así como, el desarrollo de los surcos y cárcavas se producen por medio de derrumbes y deslizamientos hacia su cara libre. La erosión de laderas se presenta a manera de surcos y cárcavas que alcanzan extensiones de decenas de metros y afectan principalmente, terrenos de cultivo y tramos de carretera.

Algunos sectores con gran desarrollo de erosión en surcos y cárcavas, se encuentran en:

- Laderas de las montañas ubicadas hacia ambos márgenes del río Huancabamba, entre los poblados de Sondor y Tacarpo; y entre Sondorillo y Huarmaca.
- Laderas de montañas por donde está trazada la carretera Olmos-Pucará, específicamente entre los sectores de Puente Zapate 1-Abra de Porculla-El Tambo.

Las principales áreas afectadas con erosión de laderas se describen en el cuadro 6.15.

Cuadro 6.14
Descripción de los principales arenamientos

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Salinas de Colán Colán Paita Piura 66021001	Pendiente muy baja de menos de 5°, morfología de faja litoral y dinámica eólica.	4	3	12	Se observa que las dunas invaden las viviendas en esta zona, así como, la carretera de acceso. Se debe llevar a cabo de manera constante la limpieza del cauce. El fenómeno es activo de recurrencia periódica.	Afecta 1500 m de la carretera y 20 viviendas.
Colán Paita Piura 66021003	Suelos eólicos de tipo arenoso; pendiente muy baja, menor de 5° y dinámica eólica.	4	3	12	Se observa acumulación de arena sobre las paredes de las viviendas. Se recomienda reforestar la zona. El fenómeno es activo.	Constantemente se forman dunas que invaden las casas del balneario.
Av. Costanera Colán Paita Piura 66141001	Suelo conformado por arenas y la dinámica eólica, la morfología de planicie costanera y tablazos.	3	2	6	Las dunas eólicas tapan las viviendas y los muros de ladrillo, en 4 meses llegan hasta 2 m de altura, hacen presión en los muros y causan su colapso. Se observan en el lugar viviendas sin habitar destruidas por el arenamiento (fotografía 6.34). El fenómeno es activo y de recurrencia periódica.	Afecta 30 viviendas.
La Bocana Colán Paita Piura 66141003	Suelos arenosos, pendientes bajas menor de 5°, morfología de planicie costanera y lomada; y dinámica eólica.	3	2	6	Las dunas eólicas se encuentran tapando viviendas construidas con esteras, también están afectando terrenos de cultivo. El fenómeno es activo y de recurrencia periódica.	Afecta viviendas.
Carretera La Brea-Negritos La Brea Talara 66141074	Pendiente de terreno, ausencia de vegetación y dinámica eólica.	3	1	3	El arenamiento en quebradas secas posiblemente se activa con el fenómeno de El Niño. Invade la carretera La Brea-Negritos.	Afecta 1500 m de la carretera sin afirmar La Brea-Negritos.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Quebrada Acholada La Brea Talara 66141076	Pendiente de terreno, ausencia de vegetación y dinámica eólica.	3	1	3	El campo es de dunas con vegetación. Las dunas invaden la carretera antigua Negritos-Vichayal.	Afecta la carretera antigua Negritos- Vichayal.
Carretera Vichayito- Peña Mala Los Organos Talara 66211043	Pendiente de terreno, ausencia de vegetación y dinámica eólica.	3	2	1	Los médanos han invadido la carretera Vichayito-Pocitas y algunas viviendas de ambos sectores. En algunas zonas las dunas han sido estabilizadas por la vegetación.	Afecta la carretera Vichayito-Pocitas y algunas viviendas.
Playa Cangrejos Paita Paita 66011012	Morfología, ausencia o escasez de vegetación, dinámica eólica y ocupación inadecuada del suelo por el hombre (áreas vulnerables).	4	3	12	El campo es de dunas de 3 m de altura aproximadamente, han invadido viviendas, veredas, postes de luz eléctrica y la carretera de la playa Cangrejos. Se recomienda limpieza constante de carretera (fotografía 6.35).	Sepultó por completo 04 viviendas de la playa Cangrejos, también invade veredas, postes de luz eléctrica y carretera.

P: peligro

V: Vulnerabilidad

R: Riesgo estimado



Fotografía 6.34 Arenamiento en la avenida Costanera del poblado de La Esmeralda-Colán, provincia de Paita. La arena se acumula sobre las paredes de las viviendas



Fotografía 6.35 Sector Playa Cangrejos, campo de dunas de 3 m de altura, que invaden viviendas, veredas, postes de transmisión eléctrica y carretera de acceso a la playa. Distrito y provincia de Paita

Cuadro 6.15
Descripción de las principales zonas afectadas por erosión de laderas

Paraje/Sector Distrito/Provincia Codigo	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Paíta Piura 66021008	Pendiente variable de muy baja (<5°) a baja (5° - 20°), suelo residual arcillo-limoso con menor porcentaje de arena y grava; substrato de areniscas, limolitas, arcillitas y precipitaciones pluviales intensas. Vegetación nula en la zona.	3	3	9	La zona presenta erosión en cárcavas muy intensa, con derrumbes hacia la cara libre, hay asentamientos de grandes bloques provenientes de las capas horizontales de la Formación Chira, el avance retrogresivo de las cárcavas puede comprometer a las viviendas ubicadas en la parte alta de la terraza. El fenómeno es activo y de recurrencia ocasional.	Afectaría aproximadamente unas 10 viviendas. Los daños son severos.
Cerro Yambur Pacaipampa Ayabaca Piura 96141265	Pendiente media de 20° - 35°, suelo residual arenoso, substrato de rocas intrusivas de tipo granodiorita y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	Existe erosión en cárcavas de 5 - 10 m de ancho y 1 - 5 m de profundidad, están separadas unos 30 - 50 m, todas convergen a una sola, se generan flujos. Se pueden producir derrumbes. Se recomienda reforestar la zona y evitar la tala de árboles. El fenómeno es activo.	Afecta 300 m de la carretera Pacaipampa - Tulman en el km 5 + 300 por sectores.
Ayabaca Piura 96121152	Pendiente media de 20° - 35°, substrato de rocas volcánicas, suelo residual conformado por arena, grava y limo y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Existe erosión en cárcavas de 10 m de ancho y profundidades de 5 a 10 m, donde se producen derrumbes, se pueden generar flujos, estas cárcavas alimentan a una quebrada que es afluente del río Calvas. El fenómeno es activo.	Afecta 200 m de la carretera Aul - Mostaza a la altura del km 7.
Fijollito Ayabaca Piura 96141179	Pendiente del terreno media de 20° - 35°, suelo gravo-arenoso y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Erosión en cárcavas con anchos de entre 5 - 10 m y 3 m de profundidad. Se forman pequeños flujos y derrumbes, las cárcavas se encuentran distanciadas entre ellas 20 - 50 m. Se recomienda reforestar la zona. El fenómeno es activo.	Afecta 400 m de la carretera Ayabaca - San Sebastián a la altura del km 65 + 000.
Yapango Lagunas Ayabaca Piura 96131220	Suelo coluvio-residual areno-gravoso, substrato de roca intrusiva de tipo granodiorita y pendiente del terreno media de 20° - 35°.	3	2	6	Existe erosión en cárcavas y surcos, se observa cárcavas con profundidades de 1 m y 1 - 3 m de ancho, se pueden producir flujos. El fenómeno es activo.	Afecta 300 m de la carretera Tondopa - Lagunas en el km 15 + 100.
Yapango Alto Lagunas Ayabaca Piura 96131223	Pendiente media de 20° - 35°, substrato de rocas intrusivas de tipo granodiorita y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Existe erosión en cárcavas con profundidades de 1 - 3 m de ancho, se pueden generar flujos. Estas cárcavas convergen formando una quebrada principal. El fenómeno es activo.	Afecta 300 m de la carretera Tondopa - Lagunas en el km 22 + 200.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Codigo	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Quebrada Grande Lagunas Ayabaca Piura 96131224	Suelo residual areno-limoso, pendiente media de 20° - 35°, substrato de rocas intrusivas de tipo granodiorita, precipitaciones pluviales intensas y talud de corte de carretera.	3	2	6	Existe erosión en cárcavas y surcos de 5 - 10 m de ancho, separadas entre 30 - 50 m. Las cárcavas se unen en una quebrada principal por donde discurren huaycos. Se recomienda reforestar la zona y mejorar el talud de corte de la carretera. El fenómeno es activo.	Afecta 200 m de la carretera Tondopa - Lagunas en el km 24 + 000.
Lagunas Ayabaca Piura 96131225	Suelo residual arenoso, pendiente media de 20° - 35°, substrato de rocas intrusivas de tipo granodiorita y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Existe erosión de laderas en cárcavas de 10 - 20 m de ancho por 5 - 10 m de profundidad, se producen derrumbes hacia la cara libre de la cárcava. Se recomienda reforestar la zona. El fenómeno es activo.	Afecta 200 m de la carretera Tondopa - Meseta Andina en el km 25 + 400 por tramos.
Lagunas Ayabaca Piura 96131226	Suelo residual areno-gravoso, pendiente del terreno media de 20° - 35°, substrato de rocas intrusivas de tipo granodiorita y precipitaciones pluviales intensas. El fenómeno es activo.	3	2	6	Existe erosión en cárcavas con dimensiones que oscilan entre 10 - 20 m de ancho por 5 - 15 m de profundidad, en las cuales se producen derrumbes hacia la cara libre de la cárcava, cuyos materiales sueltos son arrastrados a manera de huayco.	Afecta 500 m de la carretera Tondopa - Meseta Andina en el km 29 + 100.
Cascajal Pacaipampa Ayabaca Piura 96141237	Suelo arenoso, pendiente del terreno media de 20° - 35°, substrato de roca intrusiva de tipo granodiorita y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Existe erosión en cárcavas separadas entre 20 - 30 m, de 5 - 20 m de ancho por 2 - 5 m de profundidad. Se producen derrumbes y se generan huaycos. Se recomienda reforestar la zona. El fenómeno es inactivo-joven.	Afecta 400 m de la carretera Pacaipampa - Maray en el km 29 + 000, con el tiempo podría afectar viviendas.
Maray Pacaipampa Ayabaca Piura 96131238	Suelo residual areno-limoso, pendiente media de 20° - 35°, substrato de roca metamórfica de tipo esquistoso y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Existe erosión en cárcavas de 2 - 5 m de ancho, profundidades de 2 - 3 m, separadas entre sí de 50 - 80 m, las cuales convergen a una principal. El fenómeno es activo.	Afecta 300 m de la carretera Pacaipampa - Maray en el km 35 + 900, puede afectar viviendas.
Pacaipampa Ayabaca Piura 96141252	Suelo residual arenoso, pendiente media de 20° - 35°, substrato de rocas intrusivas tipo granodiorita y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Existe erosión en cárcavas de 5 - 10 m de ancho y 1 - 5 m de profundidad, separadas entre sí 20 - 50 m las cuales convergen en una principal, se generan pequeños flujos, derrumbes y erosión en surcos. El fenómeno es activo.	Afecta 500 m de la carretera Pacaipampa - Tulman en el km 15 + 300.
San Luis Pacaipampa Ayabaca Piura 96141254	Suelo residual arenoso, pendiente media de 20° - 35°, substrato de roca intrusiva tipo granodiorita y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Existe erosión en cárcavas de 5 - 10 m de ancho x 1 - 5 m de profundidad, todas convergen a una principal, también se pueden generar flujos y erosión en surcos. Se recomienda reforestar la zona. El fenómeno es activo.	Afecta 150 m de la carretera Pacaipampa - Tulman en el km 13 + 000.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Codigo	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
San Luis Pacaipampa Ayabaca Piura 96141256	Suelo residual arenoso, pendiente media de 20° - 35°, sustrato de rocas intrusivas de tipo granodiorita y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Existe erosión en cárcavas de 5 - 10 m de ancho x 1 - 5 m de profundidad, separadas entre sí de 20 - 50 m, las cuales se unen en una principal para formar pequeñas quebradas donde se generan flujos. También, se puede producir erosión en surcos y derrumbes. Se recomienda reforestar la zona. El fenómeno es activo.	Afecta 300 m de la carretera Pacaipampa - Tulman en el km 10 + 400.
Macacara La Huaca Paita Piura 76131078	Sustrato de arenisca y conglomerados, suelo residual areno-gravoso con menor porcentaje de limo, pendiente baja de 5° - 20° y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	La zona presenta abundante erosión en cárcavas que disecta los terrenos, el trazo de la carretera la corta, se han realizado rellenos para su construcción, las cárcavas pueden comprometer los cimientos de postes de transmisión eléctrica. La vegetación en la zona es escasa de tipo arbustiva. El fenómeno es activo y de recurrencia excepcional.	Puede afectar 500 m de la carretera a Paita y postes de transmisión eléctrica.
La Bocana Las Lomas Piura 86111028	Pendiente baja de 5° - 20°, sustrato de roca intrusiva de tipo granodiorita, suelo proluvial areno-gravoso, precipitaciones pluviales intensas y talud de corte de carretera.	3	2	6	La erosión en cárcavas alcanza los 5 m de profundidad, separados unas de otras entre 50 y 100 m. Se pueden generar flujos.	Afecta 300 m de la carretera Las Lomas - represa de Poechos.
Colán Paita Piura 66021004	Sustrato de areniscas, conglomerados, limolitas y arcillitas, pendiente de 5 - 20°, morfología de valle fluvial y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	En los acantilados, se observa intensa erosión en cárcavas de unos 300 m de longitud x 60 m de profundidad, derrumbes hacia su cara libre, asentamientos de terreno. En la carretera de acceso al balneario de Colán se ha construido un badén que permita el paso de las aguas que discurren desde las cárcavas. El fenómeno es activo, de recurrencia excepcional y con un grado de reactivación alto.	Puede afectar un tramo de la carretera de acceso al balneario de Colán.
Pacaipampa Ayabaca Piura 96021013	Pendiente fuerte de 35 - 50°, suelo residual arenoso, sustrato de roca intrusiva de tipo granodiorita y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Existe erosión en cárcavas de 5 - 10 m de ancho x 1 - 5 m de profundidad, separadas de 30 a 50 m, se unen y forman una quebrada. Se pueden generar flujos. Se debe reforestar las lomas.	Afecta 300 m de la carretera Pacaipampa - Chalaco en el km 16 + 500.
Cerro Celam Pampa Huamaca Huancabamba 105931100	Sustrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	Existe intensa erosión en cárcavas de 5 m de profundidad y 2 km de longitud aproximadamente, en la margen derecha de la quebrada Rincón. Acarrean flujos y generan derrumbes en el talud superior de la carretera. Se recomienda constante mantenimiento de la carretera.	Afecta un tramo de 1250 m de la carretera asfaltada que lleva a Olmos-Jaén, por sectores.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Nuevo Hualapampa, Cerro Celam Pampa Huarmaca Huancabamba 105931107	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno, escasez de vegetación y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	La erosión en cárcavas es de 500 m de longitud y 1.5 m de profundidad, en épocas de precipitaciones pluviales intensas acarrear flujos; también se presenta erosión fluvial en la margen derecha de la quebrada Hualapampa (fotografía 6.36).	Afecta algunas viviendas del poblado Nuevo Hualapampa, y un camino de herradura.
Cerro Mina Huarmaca Huancabamba 105931120	Substrato de mala calidad (muy meteorizado); naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	La zona de erosión en cárcavas es de 3 m de profundidad y de 500 a 1000 m de longitud; también se presenta erosión fluvial en la margen izquierda de la quebrada Hualapampa. En época de lluvias acarrear flujos, los cuales cortan la carretera y obstruyen el paso vehicular.	Afecta 300 m de la carretera asfaltada Olmos-Jaén, por sectores.
Carretera Olmos-Jaén Huarmaca Huancabamba 95921122	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	La erosión en cárcava es de 1 km de longitud y 2 m de profundidad, en la cabecera presenta derrumbes en ambas márgenes. Ha destruido unos 15 m de camino de herradura, el cual se ha tenido que rellenar.	Destruyó un camino de herradura, puede afectar terrenos de cultivo y la carretera Olmos-Jaén, en el km 22+270.
Cerro Tortero Sondor Huancabamba 106031136	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	La erosión de cárcavas es de 2.5 m de profundidad y 500 m de longitud, en época de lluvias acarrea flujos que afectan al poblado de Tacarpo y la carretera de acceso al poblado de Tuluze (fotografía 6.37).	Puede afectar algunas viviendas del poblado Tacarpo, terrenos de cultivo y la carretera de acceso al poblado de Tuluze.
Cerro Quirdillo Sondor Huancabamba 106031146	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	3	12	La erosión en cárcava es de 3 m de profundidad y 1250 m de longitud, debido a que el sustrato rocoso se encuentra muy meteorizado. En época de lluvias acarrea flujos de detritos, este se considera un evento periódico. Destruyó parte de la carretera, y continúa erosionando, también presenta derrumbes en talud superior de la carretera y asentamientos. Se recomienda colocar trinchos o muros de gaviones transversales a la cárcava.	Afectó un tramo de 20 m de la carretera de acceso a Tuluze.
Paríñas Talara 66221052	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno; escasez de vegetación y precipitaciones pluviales intensas.	3	3	9	La erosión en cárcavas es muy intensa, con derrumbes hacia su cara libre, los cuales aportan material suelto al cauce. En época de lluvias excepcionales (El Niño) se generan flujos. De seguir erosionando puede cortar la carretera Talara-Lobitos. En el bosque seco existen muchos cauces secos, que llevan agua cuando se producen lluvias intensas. Durante la época seca, que puede durar entre nueve meses y varios años, en estos cauces secos o quebradas se presentan afloramientos de agua que se conocen como jagüeyes.	Puede afectar 1 km de la carretera Talara-Lobitos.

Paraje/Sector Distrito/Provincia Código	Causas o factores desencadenantes	P	V	R	Comentario geodinámico	Daños ocasionados o probables
Carretera Olmos- Jaén Huamaca Huancabamba 105931110	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), escasez de vegetación y precipitaciones pluviales intensas (pluviosidad alta).	4	2	8	La erosión en cárcava es de 400 m de longitud, se generan flujos de detritos. Se ha colocado un badén para que no dañe la carretera Olmos-Jaén. Todo el tramo carretero de aproximadamente 2 km se ve afectado por erosión en cárcavas, flujos y derrumbes.	Afecta un tramo de la carretera Olmos-Jaén desde el km 60 al km 58+00 y 3 viviendas. .
Cerro Huitlingún Huancabamba Huancabamba 106041037	Naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	3	2	6	Las zonas de cárcavas, que alcanzan a tener 2 m de profundidad, intersectan la carretera Morropón-Huancabamba. Pueden acarrear flujos.	Afecta 400 m de la carretera Morropón-Huancabamba, 3 Ha de terrenos de cultivo y viviendas que se encuentran debajo.
Cerro Infernillo Sondor Huancabamba 106031134	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	4	2	8	Existe erosión de laderas muy desarrolladas de 3 m de profundidad, con avance retrogresivo. En épocas de precipitaciones fuertes acarrear gran cantidad de material al cauce de la quebrada.	Afecta terrenos de cultivo y puede afectar la carretera Sondorillo-Tacapo.
Cerro Suril Sondorillo Huancabamba 106031135	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas (pluviosidad alta).	4	2	8	La erosión de laderas de 3 m de profundidad acarrear flujos en el cerro Suril, en la margen derecha de la quebrada Shumaya, las cárcavas intersectan la carretera Sondorillo-Tacapo.	Afecta 2 km de la carretera Sondorillo-Tacapo y terrenos de cultivo.
Cerro Uchupata Sondorillo Huancabamba 106031114	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	5	3	15	Existe excesiva erosión en cárcavas de 2.5 m de profundidad, con presencia de infiltración de agua, alta meteorización de lavas andesíticas del volcánico Llama y pizarras de la Formación Río Seco. La carretera a Sondorillo que intersecta la cárcava presenta asentamiento de 1 m de altura aproximadamente, así como, también grietas transversales. En época de lluvias, el paso vehicular es casi inaccesible, además de la erosión se generan derrumbes y flujos.	Afecta 600 m de la carretera de acceso a Sondorillo.
Chirimoyo Sondor Huancabamba 106031149	Substrato de mala calidad (muy meteorizado), naturaleza del suelo (incompetente), pendiente del terreno y precipitaciones pluviales intensas.	5	3	15	Los derrumbes en el talud superior de la carretera de acceso a Chirimoyo, en la margen derecha de cárcava hacia su cara libre, se tiene avance retrogresivo; en época de lluvias obstaculiza el paso vehicular.	Afecta 150 m de la carretera de acceso a Chirimoyo.
Sector El Ciénego y Las Lomas Sicchez Ayabaca 96141334	Substrato de mala calidad (muy meteorizado); naturaleza del suelo (incompetente); pendiente del terreno; precipitaciones pluviales intensas; deforestación de laderas; mal sistema de riego y uso inadecuado de agua de escorrentía.	3	2	6	La erosión en cárcava con avance retrogresivo podría afectar viviendas que se encuentran en la cabecera de la cárcava. También se presentan pequeños deslizamientos.	Puede afectar 4 viviendas, terrenos de cultivo y un tramo de carretera.

P: peligro

V: Vulnerabilidad

R: Riesgo estimado



Fotografía 6.36 Sector de Nuevo Hualapampa, C° Celam Pampa afectado por erosión en surcos y cárcavas por donde también discurren flujos de detritos. Distrito de Huarmaca, provincia de Huancabamba



Fotografía 6.37 Cerro Tortero, cortado por surcos y cárcavas, que afectan al poblado de Tacarpo y la carretera de acceso al poblado de Tuluze. Distrito de Sondor, provincia de Huancabamba

ZONAS CRÍTICAS

Definición de zonas críticas

La identificación y descripción de «Zonas Críticas» se llevó a cabo mediante la determinación de peligros potenciales individuales y/o el análisis de densidad de ocurrencias de peligros potenciales en un área o sector, donde se exponen infraestructura o poblaciones, que pueden resultar vulnerables a uno o más peligros geológicos.

En estas zonas críticas se resalta las áreas o lugares, que luego del análisis de él o los peligros geológicos identificados y la vulnerabilidad a la que están expuestas (infraestructura y centros poblados) por estos peligros, se consideran con peligro potencial de generar desastres, y que necesitan que se realicen obras de prevención y/o mitigación.

Dentro de la región Piura, se ha determinado «48 zonas críticas»; se debe tener presente, que muchas de estas zonas señaladas como críticas, presentan un comportamiento tranquilo durante largos períodos de tiempo, cuando las condiciones climáticas son normales, donde las precipitaciones en la zona costera de esta región es escasa y se presenta ocasionalmente lluvias fuertes tanto en zonas de montaña como en la zona costera de Piura.

Sin embargo durante la ocurrencia del fenómeno de El Niño, la actividad de los procesos se incrementa producto de las fuertes precipitaciones pluviales, las cuales saturan los terrenos, forman escorrentía superficial que produce erosión de laderas, hasta llegar a discurrir por quebradas y torrenteras secas de corto recorrido, formando flujos de detritos (huaycos), flujos de lodo y erosión fluvial. Estos procesos pueden destruir tramos de la carretera Panamericana Norte, puentes; así como también, puede afectar a las poblaciones asentadas dentro y cerca de estas zonas críticas.

Las zonas críticas permanentes, se encuentran localizadas en zonas de montaña, donde llueve de manera ocasional o periódica.

En el mapa 7 se muestra la distribución de zonas críticas dentro de la región Piura.

Descripción de zonas críticas

En los siguientes cuadros 6.16 al 6.28, se muestran de manera resumida las zonas críticas identificadas en la región Piura, las cuales se agrupan por provincias. Se presenta una descripción del tipo de peligro, los daños causados y las recomendaciones sugeridas para afrontar sus efectos.



Fotografía 6.38 Puente Independencia, vista aguas arriba. En su margen izquierda se han colocado espigones y gaviones para controlar la erosión

DESCRIPCIÓN DE ZONAS CRÍTICAS SIN EL FENÓMENO DE EL NIÑO
ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA REGIÓN PIURA

Cuadro 6.16
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Piura

Sector (Distrito) Número	Áreas sujetas alcomentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Río Piura (Entre Catacaos y Puente Independencia) (Catacaos) 3	El área está sujeta a inundaciones y erosión fluvial. Estas afectaron el dique de encauzamiento del río Piura en ambas márgenes; así como también los estribos del puente Independencia (fotografía 6.38). Los caudales excepcionales están relacionados al fenómeno de El Niño. La zona afectada se encuentra distribuida en unos 6 km. del curso del río, entre Catacaos y el puente Independencia. En marzo de 2001, el río Piura destruyó el lado izquierdo del puente Independencia, restringiendo el tránsito hacia Sechura.	Se puede producir la destrucción de diques de encauzamiento y pérdida de terrenos de cultivo por desborde del río Piura; también puede resultar afectada la carretera Piura-Sechura, por efectos de erosión. Así mismo, puede ser afectado el puente Independencia.	Colocar, mejorar y reforzar defensas ribereñas. Realizar trabajos de limpieza y encauzamiento del río. Reforzar defensas ribereñas en estribos y pilares del puente Independencia.

Cuadro 6.17
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Ayabaca

Sector (Distrito) Número	Áreas sujetas a / comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Pueblo Nuevo, Las Viudas (Montero) 6	Un tramo de unos 500 m de carretera conduce del sector Paraje Grande a Montero. Puntualmente, en el centro poblado de Pueblo Nuevo, que se encuentra asentado cerca del cauce de la quebrada Caña Brava, discurren flujos de detritos de gran magnitud de manera periódica (fotografía 6.39). También, se presenta en la zona un deslizamiento activo que produce el asentamiento de unos 50 m de carretera, donde es latente la condición de que se produzca la pérdida total de la plataforma de carretera. La zona se encuentra enmarcada dentro de dos deslizamientos antiguos de gran magnitud (fotografía 6.40).	El año 1983 afectó dos viviendas. El año 2009, de no ser por la vegetación arbórea que se encuentra en la margen derecha, hubiera resultado afectada más de una vivienda. Se ha construido un badén para que discurran los flujos y no afecten la carretera.	Se hace imprescindible la construcción de un muro de contención en la margen derecha para dar seguridad a las viviendas de Pueblo Nuevo, o en todo caso reubicar las viviendas que se encuentran asentadas cerca del cauce de la quebrada. También, se debe realizar trabajos de limpieza y encauzamiento de la quebrada. El deslizamiento debe tratar de estabilizarse con trabajos de drenaje de las aguas subterráneas; en lo posible dejar de regar en la zona.
Carretera de acceso a Ayabaca (Ayabaca) 7	El tramo de la carretera que conduce hacia Ayabaca, a la altura del puente Tondopa, comprende unos cuatro desarrollos afectados por cárcavas, derrumbes y deslizamientos por tramos (fotografía 6.41).	Puede afectar el tránsito hacia Ayabaca, debido a que las cárcavas que cortan la carretera acarrearán flujos de detritos.	Colocar badenes en zonas donde la carretera intercepta las cárcavas y reforestar la ladera.
Cerro Balcán, Desvío de la carretera a (Ayabaca) 11	El sector es afectado por un deslizamiento activo de unos 400 m de ancho de escarpa, 300 m de altura y un salto principal de unos 30 m. Se produjo el asentamiento de la ladera, que afectó la carretera hacia la zona arqueológica de Aypate (fotografía 6.42). Actualmente la carretera ha sido nuevamente trazada en el cuerpo del deslizamiento, la cual presenta nuevos asentamientos y pérdida de terrenos. Se presentan filtraciones en el cuerpo del deslizamiento.	Cortó el tránsito hacia la zona arqueológica de Aypate; la carretera Ayabaca-Aypate puede ser afectada por una reactivación ya que se evidencian nuevos asentamientos.	Se debe prohibir la construcción de viviendas. La zona no es apta para ser usada como terreno de cultivo. Realizar trabajos de monitoreo en el deslizamiento para detectar nuevos movimientos.
Carretera Ayabaca-Espindola, tramo entre Anchala Samanguilla (Ayabaca) 12	Un tramo de 14 km de carretera une Ayabaca con Espindola, entre el desvío hacia Aypate hasta el poblado de Anchala y El Toldo. Se han identificado 10 deslizamientos activos y 5 antiguos; 1 movimiento complejo; 7 sectores con derrumbes en el talud superior de carretera; 1 zona con reptación de suelos y 5 torrenceras por donde discurren flujos de detritos (fotografía 6.43 a y b). Todos estos eventos se encuentran afectando la carretera. El material movilizado por los derrumbes en el talud superior obstruye la carretera. Los deslizamientos producen el asentamiento y pérdida de la plataforma de la carretera. Los flujos de detritos producen la destrucción de parte de la carretera, estos flujos en algunos casos son el resultado del desplazamiento de material muy saturado, proveniente de un deslizamiento.	Se producen asentamientos y pérdida de la plataforma de la carretera en los sectores afectados por deslizamiento; así como, la obstrucción de la misma por el material caído desde los derrumbes y deslizamientos. Los flujos de detritos obstruyen el tránsito de la carretera.	Realizar trabajos de remoción de bloques colgados e inestables, en los taludes superiores de la carretera. Realizar el banquetado de taludes inestables con pendiente fuerte. Construir badenes de concreto en la carretera.



Fotografía 6.39 Quebrada Caña Braval, en el sector de Pueblo Nuevo, por donde discurren flujos de detritos que pueden afectar viviendas del poblado



Fotografía 6.40 Deslizamiento que compromete la carretera hacia Montero, sector Las Viudas



Fotografía 6.41 Tramos de la carretera de acceso a Ayabaca, afectados por deslizamientos, erosión de laderas y flujos de detritos



Fotografía 6.42 Carretera que conduce hacia el sitio arqueológico de Aypate, en el cerro Balcán, afectado por un deslizamiento activo que compromete tramo de carretera



(a)



(b)

Fotografías 6.43 a y b Derrumbes, asentamientos y derrumbe-flujo de detritos, en la carretera Ayabaca-Espíndola, impiden el tránsito de vehículos

Cuadro 6.18
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Huancabamba

Sector (Distrito) Número	Áreas sujetas alcomentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Carretera Huancabamba, Sondor, Tacarpo (Sondor) 14	En un tramo de 17 km aproximadamente, entre la quebrada Pucutay y el poblado de Tacarpo se tienen los siguientes eventos activos: deslizamientos que producen el asentamiento del terreno; evidenciando asentamientos y ondulamientos en los terrenos de cultivo y la plataforma de carretera; se tienen afloramientos de agua subterráneos y la formación de bofedales. Uno de los deslizamientos afecta el poblado de Sondor, este evento presenta movimientos sectorizados, y causó la destrucción de varias viviendas. También, se presenta en este tramo sectores afectados por reptación de suelos, los cuales producen irregularidades en la carretera y en terrenos de cultivo. La erosión de laderas es intensa en forma de cárcavas, las cuales disectan las laderas, producen la pérdida de terrenos y acarrear flujos de detritos. Estos flujos pueden obstruir la carretera que conduce de Huancabamba al poblado de Tuluze y hacia Tabaconas (fotografías 6.44 a, b y c).	Asentamientos y pérdida de terrenos de cultivo y plataforma de carretera. Destrucción total de viviendas en el poblado de Sondor, las cuales han tenido que ser deshabitadas. Obstrucción de la carretera con el material acarreado por los flujos de detritos.	Realizar drenajes para evacuar agua subterránea y evitar la formación de bofedales en los cuerpos de deslizamientos. Evitar construir o habitar en zonas donde el terreno se presenta removido, porque puede estar siendo afectada por deslizamientos o procesos de reptación de suelos. Monitoreo de zonas afectadas por deslizamientos. Colocar badenes de concreto en los sectores donde la carretera es interceptada por quebradas, torrenteras o cárcavas.
Poblado de Huancabamba (Huancabamba) 15	La zona presenta flujo de tierra, deslizamientos, flujo de detritos, derrumbes, reptación de suelos y procesos de erosión de riberas. El flujo de tierra presenta una escarpa de forma elongada de unos 300 m de ancho y altura de 200 m. Se presentan reactivaciones, a manera de asentamientos y agrietamientos en paredes de viviendas, pistas y pisos. El movimiento es extremadamente lento y se produce de manera sectorizada, ya que no afecta a todo el poblado. Los deslizamientos son menores en el pie del flujo de tierra y produce el empuje de terrenos, que han destruido tuberías de desagüe, viviendas y un puente peatonal que cruza el río Huancabamba. El flujo de detritos que discurre por la quebrada Unguillo puede afectar viviendas ubicadas en las márgenes de la quebrada y la carretera que conduce a Sondor. Los procesos de erosión fluvial, en ambas márgenes del río Huancabamba (1 km aguas arriba de la ciudad) afectan viviendas del sector de La Perla, ubicadas en la margen derecha, donde las aguas del río se encuentran a menos de 1 m de altura. Se han colocado sacos de arena para proteger las viviendas (fotografía 6.45 a, b y c). Los derrumbes que pueden afectar viviendas del sector de La Perla se ubican debajo de un corte de ladera, de pendiente subvertical; conformado por rocas muy fracturadas e inestables, las cuales pueden caer sobre las viviendas, (fotografía 6.46).	Produjo la destrucción de viviendas; afecta pistas. El empuje ejercido por los deslizamientos afectó una tubería de desagüe y un puente peatonal. Pueden resultar afectadas las viviendas del sector de La Perla, por procesos de erosión fluvial e inundaciones del río Huancabamba. La caída de rocas puede afectar viviendas ubicadas debajo de zona inestable.	Reubicar viviendas afectadas por el flujo de tierra, donde se evidencien agrietamientos en paredes y pisos en la ciudad de Huancabamba. Reubicar viviendas que se localizan en la zona inundable de La Perla y las que se encuentran debajo de la zona de derrumbe.

Sector (Distrito) Número	Áreas sujetas alcomentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Carretera Huancabamba (Sondorillo) 16	Las laderas de los cerros Colorado, Uchupata, San Antonio, Alisal y Loma Larga son afectadas por intensa erosión en cárcavas; las cuales acarrear flujos de detritos pequeños y cortan la plataforma de la carretera en los tramos donde la interceptan (fotografía 6.47). La quebrada Carhuanchu acarrea flujos de regular magnitud; por esta quebrada se encausan todos los materiales producto de la erosión en cárcavas, que afecta las laderas superiores de los cerros.	Produce la pérdida de la plataforma de la carretera, llegando incluso a interrumpirla totalmente, imposibilitando el tránsito hacia Huarmaca.	Colocar trinchos o diques transversales en las cárcavas, para reducir sus efectos erosivos y de profundización. Colocar badenes de concreto en los sectores donde la carretera es cortada por una cárcava.
Sector Santa Rosa, desvío a Canchaque (Canchaque) 18	El movimiento complejo de tipo derrumbe-flujo activo, en la margen izquierda del río Puzmalca, produjo la pérdida total de la plataforma de la carretera que conduce al distrito de Canchaque. Se tuvo que realizar trabajos de rehabilitación de la carretera (fotografía 6.48).	Destruyó dos desarrollos de la carretera hacia Canchaque y cortó totalmente el tránsito.	Realizar trabajos de monitoreo en el cuerpo del evento, con el fin de detectar nuevos desplazamientos en la masa inestable.
Carretera San Miguel del Faique-Huarmaca (San Miguel del Faique) 19	El tramo de la carretera entre San Miguel del Faique y Chamelico es afectado por derrumbes y deslizamientos en el talud superior e inferior de la carretera. El substrato de esquistos es afectado por procesos de erosión de laderas en cárcavas, por donde discurren flujos de detritos, que cortan e interrumpen la carretera. En esta zona se ubica la quebrada San Antonio por donde discurren flujos de manera periódica. El año 1983 destruyó una vivienda. El año 2008, el flujo fue de regular magnitud y este tuvo su origen en un derrumbe producido en las cabecezas de la cuenca, cuyo material saturado se encauzó por la quebrada. Los flujos de esta quebrada pueden llegar a cortar el tránsito por la carretera (fotografía 6.49 a, b y c)	Una vivienda es afectada en el sector del Higuierón, encontrándose otras cerca de la zona inestable. Las viviendas están ubicadas en los bordes inestables de cárcava y quebradas. El material caído desde el talud superior de la carretera interrumpe el tránsito.	Colocar badenes en zonas donde la carretera es cortada por cárcavas y quebradas. Colocar trinchos o barreras transversales a los cauces de las torrenteras, para controlar los procesos de socavación y pérdida de terreno. Reubicar viviendas ubicadas dentro y cerca de zonas inestables o afectadas por deslizamientos. Contar con maquinaria pesada a disposición, que permita una rápida rehabilitación de los tramos de carretera afectados.



(a)



(b)



(c)

Fotografía 6.44 (a) Viviendas afectadas por el asentamiento de terrenos en el distrito de Sondor. (b) Erosión de laderas intensa (badlands) en el sector de Infiernillo. (c) Flujo de lodo que obstruyen tramo de la carretera Sondor-Tacarpo



(a)



(b)



(c)

Fotografía 6.45 (a) Viviendas en el distrito de Huancabamba, afectadas por un flujo de Tierra. (b) Quebrada Unguillo por donde discurren flujos. (c) Erosión fluvial e inundación de viviendas del sector La Perla



Fotografía 6.46 Caída de rocas en el sector de la Perla-Huancabamba



Fotografía 6.47 Tramo de la carretera Sondorillo-Huarmaca, cortado totalmente por la erosión en cárcavas intenso



Fotografía 6.48 Derrumbe-flujo en el sector de Santa Rosa, que interrumpió el tránsito hacia los poblados de Canchaque y Huancabamba



(a)



(b)



(c)

Fotografía 6.49 (a) Carretera San Miguel del Faique-Huarmaca, afectada por flujos de detritos (huaycos) que discurren por la quebrada San Antonio; (b) y (c) Viviendas del poblado de Higuerón, comprometidas por deslizamientos activos

Cuadro 6.19
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Morropón

Sector (Distrito) Número	Áreas sujetas alcomentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Puente Salitral (Salitral) 38	El proceso de erosión fluvial en ambas márgenes del río Piura, aguas arriba y aguas abajo del puente Salitral puede erosionar sus estribos. Se ha colocado un enrocado en los estribos del puente (fotografías 6.50 a y b). Las lluvias de enero-marzo de 2001, destruyeron los accesos al puente.	El tránsito por el puente se interrumpió durante las lluvias de enero-marzo de 2001, 2001.	Mejorar las defensas ribereñas en las zonas donde inciden las corrientes del río, colocando gaviones y espigones. Reforzar con mayor cantidad de rocas los estribos del puente.
Puente Carrasquillo (Morropón) 40	En un tramo de unos 900 m del río Piura se produce erosión fluvial cuando el río aumenta su caudal. Las lluvias de abril-marzo del año 2001 destruyeron los accesos al puente restringiendo el tránsito hacia el distrito de Morropón. El antiguo puente fue destruido durante el fenómeno de El Niño de 1982-83.	Destruyó el puente antiguo y el año 2001, destruyó los accesos al nuevo puente.	Mejorar defensas ribereñas en las zonas donde inciden las corrientes del río, colocando gaviones y espigones. Reforzar los estribos del puente con mayor cantidad de rocas.



Fotografía 6.50 a y b Puente Salitral, se observa el valle amplio, con procesos de erosión en ambas márgenes

Cuadro 6.20
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Paita

Sector (Distrito) Número	Áreas sujetas a / comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Colán (San Lucas) 43	Las viviendas, los terrenos de cultivo y diversas obras de infraestructura son afectadas por procesos de erosión marina y arenamiento (fotografía 6.51).	La erosión marina ha afectado viviendas ubicadas cerca de la playa. Las dunas cubren viviendas y terrenos de cultivo.	No construir viviendas cerca de la línea de acción del mar, forestar la zona.
Río Chira (Amotape-Vichayal) 45	El área está sujeta a erosión fluvial, inundaciones y derrumbes en las márgenes. Son producidos por caudales de agua excepcionales asociados al fenómeno de El Niño. La zona afectada se ubica entre los poblados de Amotape, San Felipe de Vichayal y la desembocadura del río Chira (fotografía 6.52).	Se presenta inundación de poblaciones y terrenos de cultivo, ubicados cerca de las márgenes del río. Existe pérdida de terrenos de cultivo por erosión. El fuerte caudal soportado por el cauce causó la caída del puente Simón Rodríguez en el año 1997-1998, que actualmente solo ha sido habilitado para el tránsito peatonal. En marzo de 2001, el puente Simón Rodríguez sufrió asentamientos, por efectos de la erosión del río Piura, que ponen en peligro el paso peatonal y las tuberías de agua potable.	Reforzar defensas ribereñas. Colocar enrocados en el puente, evitar en lo posible habitar zonas inundables cercanas al río.



Fotografía 6.51 Procesos de erosión marina que afecta viviendas en La Esmeralda del distrito de Colán, provincia de Paita



Fotografía 6.52 Vista panorámica del valle del río Chira entre los distritos de Amotape (margen derecha) y El Arenal (margen izquierda), afectados por inundaciones y erosión fluvial que hicieron colapsar el puente Simón Rodríguez, actualmente habilitado solo para el tránsito peatonal

DESCRIPCIÓN DE ZONAS CRÍTICAS CON PRESENCIA DEL FENÓMENO DE EL NIÑO
 ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA REGIÓN PIURA

Cuadro 6.21

Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Sechura

Sector (Distrito) Número	Áreas sujetas a / comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Puente Sechura (Sechura) 1	La terraza baja inundablese puede inundar nuevamente con lluvias excepcionales (fenómeno El de Niño). Se ha construido un nuevo puente con mayor altura con respecto al lecho del río (fotografías 6.53 y 6.54).	Puede ser afectada el área urbana de Sechura, que se encuentra cerca del cauce del río Piura. Así como también, los estribos del puente pueden ser erosionados.	Mejorar y reforzar defensas ribereñas. Realizar trabajos de limpieza y encauzamiento del río.



Fotografía 6.53 Vista de los dos puentes que permiten el acceso a Sechura



Fotografía 6.54 Vista de la amplia llanura de inundación del río Piura. Al lado izquierdo de la fotografía se observa viviendas del distrito de Sechura

Cuadro 6.22
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Piura

Sector (Distrito) Número	Áreas sujetas a / comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Piura, Castilla (Piura) 2	El área está sujeta a desbordes por elevación del nivel del cauce del río Piura durante el fenómeno de El Niño. El río en este tramo tiene un curso rectilíneo. Durante el de Niño del año 1971/72, el río Piura se desbordó, inundando la ciudad. Durante El Niño de 1982/83, el río se desbordó por el sector de Castilla; así mismo el río erosionó sus márgenes y amplió su cauce destruyendo viviendas y calles de la ciudad. Actualmente, se han colocado muros de concreto para elevar el tirante del cauce del río y encauzar las márgenes. Actualmente, se mantiene latente un peligro alto, por erosión y desbordes en el sector de Castilla, donde hace falta la construcción de un muro de contención, por encontrarse la zona ocupada por un asentamiento humano.	Los eventos del fenómeno de El Niño de los años 1982/83 y 1997/98, destruyeron el puente Bolognesi y el puente Viejo que dan acceso a la ciudad de Piura e inundó el sector Castilla (fotografías 6.55 y 6.56).	Mantener limpio el curso del río y realizar el mantenimiento constante en los sectores encauzados con muros de concreto para evitar daños severos.
Río Piura (Entre Puente Independencia y Fundo La Joya) (Cura Mori-La Arena) 4	En un tramo de 6.5 km de longitud del cauce del río Piurase han ubicado cuatro sectores distribuidos en ambas márgenes, afectadas por erosión fluvial (fotografías 6.57 a, b y c).	El proceso erosivo socavó y destruyó los diques de contención en longitudes de hasta 2.5 km. Se han colocado espigones y enrocados en los tramos de diques afectados por la erosión.	Mantener limpio el curso del río y realizar el mantenimiento constante en los sectores encauzados con diques. Mejorar y reforzar defensas ribereñas.
Carretera Las Lomas - Chipillico - Sapillica; entre la Pampa Elera y la quebrada Huabal (Las Lomas) 5	La zonapresenta varias torrenceras por donde discurren flujos de detritos de manera excepcional. Las torrenceras cortan la carretera y cruzan el poblado de Pampa Elera (fotografía 6.58).	Puede interrumpir y hasta cortar el tránsito hacia el distrito de Sapillica. Puede afectar viviendas del poblado de Pampa Elera.	Colocar badenes de concreto en los sectores que faltan. Reubicar y no construir viviendas cerca de los cauces de las torrenceras.



Fotografía 6.55 Vista del puente Sánchez Cerro sobre el río Piura



Fotografía 6.56 Vista del puente Bolognesi, se observa los muros de concreto colocados en las márgenes del río



Fotografías 6.57 a, b y c Río Piura Aguas abajo del puente Independencia, ha producido erosión fluvial, afectó dique de encauzamiento



Fotografía 6.58 Carretera Las Lomas-Chipillico-Sapillica, sector Pampa Elera, por donde discurren flujos de detritos muy cerca de viviendas

Cuadro 6.23
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Ayabaca

Sector (Distrito) Número	Áreas sujetas a / comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Sausal (Ayabaca) 8	El poblado de Sausal, ubicado en el material depositado en la desembocadura de la quebrada por donde discurren flujos de detritos de manera ocasional. El material suelto acarreado por los flujos proviene de las cárcavas ubicadas en la margen derecha y de un derrumbe localizado en la margen Izquierda (fotografía 6.59).	La zona es vulnerable a flujo de detritos de gran magnitud. Las viviendas ubicadas cerca del cauce pueden ser destruidas.	Encauzar la quebrada y colocar defensas por medio de la construcción de un dique.
Aranza-El Puerto (Pacaipampa) 9	Se presenta un tramo de unos 10 km de carretera entre los poblados de Aranza y El Puerto, trazada en las faldas de los cerros Hualtaquillo, Caña Brava y Sumir, por donde discurren siete flujos de detritos de regular magnitud (quebradas Papayal, el Panteón, entre otras). Las laderas de estos cerros también, se encuentran afectadas por intensa erosión en cárcavas, que a su vez originan pequeños flujos de detritos. Las quebradas y cárcavas forman abanicos en sus desembocaduras con el material que depositan, sobre los cuales se encuentran asentadas algunas viviendas. Estos terrenos también se utilizan como terrenos de cultivo (fotografía 6.60).	Los flujos de detritos interrumpen el tránsito hacia el distrito de Pacaipampa, por socavación de la plataforma de la carretera o por la acumulación de material detrítico. También es posible que las viviendas ubicadas sobre los abanicos proluviales (o aluviales), sean afectadas por nuevos flujos.	Construir badenes de concreto y pontones. Limpiar y encauzar las quebradas. No construir viviendas cerca de los cauces de quebradas o sobre los depósitos recientes de huaycos.
Las Pampas (Pacaipampa) 10	El poblado de Pampas, ubicado frente al poblado de Nangay, se encuentra asentado sobre un mega deslizamiento-flujo de unos 2.1 km de ancho de escarpa, formado en la ladera noreste del cerro San Miguel. El material colapsado se desplazó unos 1.7 km ladera abajo llegando hasta el cauce de la quebrada La Punta, desviando el río hacia su margen derecha. Asimismo, relleno el cauce tanto aguas arriba como aguas abajo. Actualmente en este depósito se asientan las cinco viviendas del poblado y se usa como terrenos de cultivo. El evento se encuentra reactivado; evidenciando la presencia de cárcavas con avance retrogresivo, derrumbes y deslizamiento, que interceptan la carretera y producen la pérdida de la plataforma y de terreno. También se observa en el pie del deslizamiento la formación de pequeños deslizamientos que empujan el terreno ladera abajo y puede afectar viviendas. Existen irregularidades en el terreno, debido a procesos de reptación de suelos y la presencia de afloramientos de agua subterránea (fotografía 6.61).	Pueden resultar afectadas las viviendas asentadas en el cuerpo del deslizamiento-flujo, por nuevas reactivaciones. También, puede ser afectada la carretera y los terrenos de cultivo.	Realizar el drenaje de las aguas subterráneas, que saturan los suelos; construir badenes en la carretera. En la medida de lo posible reubicar las viviendas ubicadas dentro de la zona deslizada; regar los cultivos por métodos que no requieran la inundación de los terrenos.
Carretera Las Lomas Chipillico, - Sapillica; sectores quebrada Huabal y Zapotal (Sapillica) 13	Los flujos de detritos de las quebradas Huabal, Tranca y Carrizalillo afectan tramo de 6 km de la carretera. Se observan bloques de hasta 1 m de longitud (fotografía 6.62).	Puede obstruir y cortar el tránsito hacia el distrito de Sapillica.	Realizar trabajos de limpieza de los cauces de quebradas, encauzar y colocar badenes en zonas donde sean necesarios.



Fotografía 6.59 Poblado de Sausal, asentado cerca de quebrada activa por donde discurren flujos de detritos en forma periódica



Fotografía 6.60 Carretera Aranza-El Puerto-Pacaypampa, se presentan gran cantidad de cárcavas y torrenteras por donde discurren flujos de detritos, que interrumpen el tránsito



Fotografía 6.61 Sector Las Pampas, donde se presenta un deslizamiento-flujo de gran magnitud, reactivado con deslizamientos en el cuerpo, que puede afectar viviendas



Fotografía 6.62 Carretera Chipillico-Sapillica, cortado por flujos de detritos

Cuadro 6.24
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Huancabamba

Sector (Distrito) Número	Áreas sujetas a / comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Carretera Olmos-Pucará, tramo comprendido entre Quebrada Cashirca y Río Huancabamba (Huarmaca)	La zona está sujeta a derrumbes, procesos de erosión de laderas, flujo de detritos y deslizamientos activos e inactivos. El tramo de la carretera que conduce de Olmos a Pucará es afectado por derrumbes desde el talud superior de la carretera. El material caído obstruye la carretera y puede causar accidentes. Las laderas son afectadas por la intensa erosión en cárcavas, por donde discurren flujos de detritos. La quebrada por donde discurren flujos es de considerable magnitud (fotografías 6.63 a y b).	Existe material caído desde el talud superior de carretera y los materiales acarreados por los flujos obstruyen la carretera.	Realizar trabajos de limpieza de los cauces de torrenteras y quebradas. Encauzar y colocar defensas ribereñas en sectores donde se observe incidencia de los flujos (colocar gaviones y enrocados donde sea necesario). Realizar el diseño de alcantarillas y puentes, que no impliquen el estrangulamiento de los cauces, porque podría propiciarse los procesos de erosión de los estribos y márgenes. Realizar un mantenimiento y limpieza constante de cunetas, pontones y alcantarillas. Colocar badenes de ser necesario. Contar con maquinaria pesada a disposición, que permita una rápida rehabilitación de los tramos de carretera afectados. Colocar trinchos o barreras transversales a los cauces de las torrenteras, para controlar los procesos de socavación y pérdida de
17 Carretera Olmos-Pucará km 16+550 al km 48+600, entre Tupac Amaru y el Abra de Porculla (Huarmaca)	La zona crítica presenta una gran cantidad de peligros. El tramo de carretera, trazado por laderas y márgenes del río Olmos, está sujeto a procesos de erosión fluvial, erosión de laderas, flujos de detritos, derrumbes y deslizamientos. Se ha producido la pérdida total de la plataforma, en los tramos de la carretera que pertenecen a la región Lambayeque. Los procesos de erosión en cárcavas son intensos y producen la pérdida de terreno y generan flujos de detritos. Hay derrumbes en el talud superior de la carretera. Los deslizamientos comprometen toda la ladera y otros afectan solo el talud superior de carretera. Se produce el asentamiento de terrenos y de la plataforma de carretera (fotografías 6.64 a y b).	El material producto de los derrumbes obstruye la carretera y las cunetas. Los deslizamientos activos que producen el asentamiento del terreno, podrían bloquear la carretera con el material colapsado. También es posible la pérdida total de la plataforma de carretera. Las cárcavas acarrear flujos de detritos que pueden obstruir tramos de la carretera.	Realizar trabajos de limpieza de los cauces de torrenteras y quebradas. Encauzar y colocar defensas ribereñas en sectores donde se observe incidencia de los flujos. Colocar gaviones y enrocados donde sea necesario. Reparar los gaviones, enrocado y muros de encauzamiento de concreto para evitar deterioros mayores y pérdida total de las defensas. Realizar el diseño de alcantarillas y puentes, que no impliquen el estrangulamiento de los cauces, ya que puede propiciarse la erosión de los estribos. Colocar badenes de ser necesario. Contar con maquinaria pesada a disposición, que permita una rápida rehabilitación de los tramos de carretera afectados. Colocar trinchos o barreras transversales a los cauces de cárcavas y torrenteras, para controlar los procesos de socavación y pérdida de terreno. Realizar el drenaje de aguas subterráneas. Implementar sistemas de monitoreo constante de zonas afectadas por deslizamientos activos.
20			



(a)



(b)

Fotografía 6.63 a y b Carretera Olmos-Pucará, deslizamiento en márgenes de la quebrada Lindero a la altura del km 55+000; (b) derrumbe a la altura del km 55+200



(a)



(b)

Fotografía 6.64 a y b Carretera Olmos-Pucará, tramo entre Tupac Amaru-Porculla, afectada por erosión fluvial y deslizamientos, que comprometen la plataforma de la carretera

Cuadro 6.24
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Huancabamba

Sector (Distrito) Número	Áreas sujetas a / comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Carretera Olmos-Pucará, tramo comprendido entre Quebrada Cashirca y Río Huancabamba (Huarmaca)	La zona está sujeta a derrumbes, procesos de erosión de laderas, flujo de detritos y deslizamientos activos e inactivos. El tramo de la carretera que conduce de Olmos a Pucará es afectado por derrumbes desde el talud superior de la carretera. El material caído obstruye la carretera y puede causar accidentes. Las laderas son afectadas por la intensa erosión en cárcavas, por donde discurren flujos de detritos. La quebrada por donde discurren flujos es de considerable magnitud (fotografías 6.63 a y b).	Existe material caído desde el talud superior de carretera y los materiales acarreados por los flujos obstruyen la carretera.	Realizar trabajos de limpieza de los cauces de torrenteras y quebradas. Encauzar y colocar defensas ribereñas en sectores donde se observe incidencia de los flujos (colocar gaviones y enrocados donde sea necesario). Realizar el diseño de alcantarillas y puentes, que no impliquen el estrangulamiento de los cauces, porque podría propiciarse los procesos de erosión de los estribos y márgenes. Realizar un mantenimiento y limpieza constante de cunetas, pontones y alcantarillas. Colocar badenes de ser necesario. Contar con maquinaria pesada a disposición, que permita una rápida rehabilitación de los tramos de carretera afectados. Colocar trinchos o barreras transversales a los cauces de las torrenteras, para controlar los procesos de socavación y pérdida de
17			
Carretera Olmos-Pucará km 16+550 al km 48+600, entre Tupac Amaru y el Abra de Porculla (Huarmaca)	La zona crítica presenta una gran cantidad de peligros. El tramo de carretera, trazado por laderas y márgenes del río Olmos, está sujeto a procesos de erosión fluvial, erosión de laderas, flujos de detritos, derrumbes y deslizamientos. Se ha producido la pérdida total de la plataforma, en los tramos de la carretera que pertenecen a la región Lambayeque. Los procesos de erosión en cárcavas son intensos y producen la pérdida de terreno y generan flujos de detritos. Hay derrumbes en el talud superior de la carretera. Los deslizamientos comprometen toda la ladera y otros afectan solo el talud superior de carretera. Se produce el asentamiento de terrenos y de la plataforma de carretera (fotografías 6.64 a y b).	El material producto de los derrumbes obstruye la carretera y las cunetas. Los deslizamientos activos que producen el asentamiento del terreno, podrían bloquear la carretera con el material colapsado. También es posible la pérdida total de la plataforma de carretera. Las cárcavas acarrear flujos de detritos que pueden obstruir tramos de la carretera.	Realizar trabajos de limpieza de los cauces de torrenteras y quebradas. Encauzar y colocar defensas ribereñas en sectores donde se observe incidencia de los flujos. Colocar gaviones y enrocados donde sea necesario. Reparar los gaviones, enrocado y muros de encauzamiento de concreto para evitar deterioros mayores y pérdida total de las defensas. Realizar el diseño de alcantarillas y puentes, que no impliquen el estrangulamiento de los cauces, ya que puede propiciarse la erosión de los estribos. Colocar badenes de ser necesario. Contar con maquinaria pesada a disposición, que permita una rápida rehabilitación de los tramos de carretera afectados. Colocar trinchos o barreras transversales a los cauces de cárcavas y torrenteras, para controlar los procesos de socavación y pérdida de terreno. Realizar el drenaje de aguas subterráneas. Implementar sistemas de monitoreo constante de zonas afectadas por deslizamientos activos.
20			

Cuadro 6.25
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Talara

Sector (Distrito) Número	Áreas sujetas a / comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Panamericana Norte km 85+000 al km 90+001 (Talara) 21	El tramo de 5 km de la carretera Panamericana Norte es afectado por flujos de lodo y erosión en cárcavas de manera excepcional. Uno de los flujos principales discurre por la quebrada Ancha, donde se han realizado trabajos de encauzamiento y defensa ribereña con muros de concreto. El tramo de la carretera hacia el tablazo viene siendo cortado por cárcavas y torrenceras que tienen avances retrogresivos, así como derrumbes y deslizamientos, que comprometen la plataforma de carretera (fotografías 6.65 a y b).	Se puede perder la plataforma de la carretera por el avance de las cárcavas, que se encuentran profundizando y retroceden peligrosamente.	Mejorar y reforzar defensas ribereñas en las márgenes de la quebrada. Colocar trinchos o barreras transversales a los cauces de cárcavas y torrenceras para controlar el proceso de socavación.
Panamericana Norte, entre el km 109+000 al km 111+901 (El Alto) 22	El tramo de unos 2.9 km de la carretera Panamericana Norte se ha cortado en tres sectores por el cauce de la quebrada Chamizal y dos tributarios de la quebrada El Cardo. Estas quebradas permanecen generalmente secas, pero cambian su condición cuando se presenta el fenómeno de El Niño; produciéndose flujos de lodo, que han llegado a destruir la plataforma de la carretera. Se cambió por ello el trazo de la carretera; cruzando actualmente la quebrada por medio de un badén (fotografías 6.66 a y b).	Se puede producir la pérdida de la plataforma de la carretera en los puntos mencionados.	Colocar defensas en los extremos de pontones y alcantarilla. En la medida de lo posible, diseñar estas obras de arte con la suficiente longitud para que permitan el libre paso de los flujos y no se produzcan obstrucciones y posteriores reboses que destruirían la carretera.
Antigua carretera Lobitos-El Alto (Lobitos) 23	La antigua carretera que conecta los distritos de Lobitos y El Alto es afectada por la intensa erosión de laderas que forma cárcavas, torrenceras y quebradas (entre las que destacan las quebradas Monte, Las Ánimas, La Cruz, Salinas, Chacallaza, Los Amarillo y Taime), las cuales durante largos periodos de tiempo permanecen inalterables debido a la escasa precipitación pluvial de la zona, donde solo se altera y acumula material suelto en las laderas y cabeceras de las quebradas. Este material suelto también es producto de derrumbes y deslizamientos en las cabeceras superiores de las quebradas. Esta condición cambia drásticamente cuando se presenta el fenómeno de El Niño, generándose flujos de detritos y flujos de lodo, que acarrearán todo el material suelto acumulado en las cuencas de recepción de las quebradas. Estos flujos erosionan y pueden destruir tramos de la carretera que interceptan, así como también a las tuberías de conducción de petróleo, puentes, pontones, badenes y alcantarillas.	Se destruyó el tramo de la antigua carretera asfaltada que cruzaba la quebrada. Se ha tenido que variar su trazo. Se puede producir la pérdida de tramos de carretera en los puntos mencionados; así como también, pueden ser afectadas las tuberías de conducción de petróleo.	Colocar defensas en los extremos de pontones y alcantarilla. En la medida de lo posible diseñar estas obras de arte con la suficiente longitud para que permitan el libre paso de los flujos y no se produzcan su obstrucción y posteriores reboses que destruirían la carretera.

Sector (Distrito) Número	Áreas sujetas a / comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Entre Cabo Blanco y El Niño (Los Órganos) 24	La trocha carrozable que conecta Cabo Blanco con El Niño, es afectada por la erosión de laderas intensa, con la consecuente formación de cárcavas, torrenteras y quebradas (quebradas Cahirula, Hospital y El Verde), por donde discurren flujos de manera excepcional. Estos cauces depositan y forman abanicos en su desembocadura, los cuales pueden llegar a obstruir la carretera y afectar viviendas que se asientan irresponsablemente cerca y dentro del cauce de las torrenteras (fotografía 6.67).	Pueden ser afectadas las viviendas que se ubican cerca y dentro del cauce de las torrenteras. Los flujos pueden obstruir el tránsito y cortar la plataforma de carretera. También pueden afectar las tuberías de conducción de petróleo.	Colocar defensas en los extremos de pontones y alcantarilla. En la medida de lo posible diseñar estas obras de arte con la suficiente longitud para que permita el libre paso de los flujos y no se produzcan atoros y posteriores reboses que destruirían la carretera. Realizar obras de encauzamiento y construcción de badenes de concreto.
Panamericana Norte entre quebrada El Verde y el distrito de Los Órganos (Los Órganos) 25	El tramo de carretera asfaltada entre los km 119+000 al km 130+000, presenta erosión en cárcavas intensa y, en algunos de los casos, deslizamientos y derrumbes que comprometen la plataforma de la carretera y un pozo de recuperación secundaria de petróleo. La intensa erosión de laderas forma torrenteras y quebradas, las cuales permanecen secas la mayor parte del tiempo y se activan cuando se presenta el fenómeno de El Niño. La quebrada el Niño, es la de mayor longitud, la cual cortó la Panamericana Norte el año 1997-98, en tres sectores (en una extensión de 200 m) al resultar insuficiente las cuatro alcantarillas circulares colocadas para permitir el paso de los flujos. Al parecer estas alcantarillas se obstruyeron y permitieron el rebose del flujo por encima de la carretera, facilitando su erosión y corte de la misma. Por otro lado, esta misma quebrada erosionó en otro punto su margen derecha y destruyó 200 m de carretera (fotografía 6.68).	Destruyó dos tramos de 200 m, cada uno, de la carretera Panamericana Norte. El avance retrogresivo de las cárcavas pueden destruir la plataforma de la carretera.	Realizar trabajos de limpieza de los cauces de torrenteras y quebradas. Encauzar y colocar defensas ribereñas en sectores donde se observe incidencia de los flujos. Colocar gaviones y enrocados en zonas donde sean necesarios. Reparar los gaviones, enrocado y muros de encauzamiento de concreto para evitar deterioros mayores y pérdida total de las defensas. Realizar los diseños de alcantarillas y puentes, que no impliquen el estrangulamiento de los cauces, ya que puede propiciarse los procesos de erosión de los estribos y márgenes. Realizar un mantenimiento y limpieza constante de los pontones y alcantarillas de torrenteras pequeñas, ya que estas pueden estar obstruidas por flujos antiguos secos y acumulados, propiciándose los embalses y reboses que pueden destruir la plataforma de la carretera asfaltada. Colocar badenes de ser necesario. Contar con maquinaria pesada a disposición, que permita una rápida rehabilitación de los tramos de carretera afectados. Colocar trinchos o barreras transversales a los cauces de las torrenteras y cárcavas.

Sector (Distrito) Número	Áreas sujetas a / comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Panamericana Norte entre los Órganos y Máncora (Máncora) 26	Los poblados de Los Órganos, Máncora y el tramo de la carretera Panamericana Norte están sujetos a flujos de detritos y flujos de lodo (fotografías 6.69 y 6.70). La intensa erosión de laderas que afecta los tablazos, forma cárcavas y torrenteras por donde discurren flujos. Los estribos de los puentes que cruzan las quebradas Carrillos y Vichayito han tenido que protegerse con gaviones y muros de mampostería, respectivamente. El poblado de Los Órganos, se encuentra rodeado por torrenteras que bajan desde el tablazo. Por estas discurren flujos de manera excepcional, motivo por el cual se ha tenido que desviar el curso de las torrenteras por medio de un dique de tierra y canalizarlos con muros de concreto, que permitan discurrir los flujos. Por la quebrada Cabo Blanco, ubicada en la entrada de Máncora, también discurren flujos de lodo, los cuales de llegar a alcanzar grandes magnitudes pueden afectar viviendas y hospedajes construidos en la margen izquierda y dentro de su cauce. Los materiales sueltos que son acarreados por los flujos provienen de derrumbes y deslizamientos ocurridos en las cabeceras de las quebradas. Por la quebrada Camal, cuyo cauce ha sido derivado y encauzado con muros de concreto,	Puede afectar estribos de puentes. Pueden afectar viviendas del poblado de Los Órganos y tuberías de conducción de petróleo. Las viviendas ubicadas en las márgenes, desprovisas de muros de encauzamiento, en la quebrada Camal, pueden ser afectadas por procesos de erosión y desborde.	Realizar trabajos de limpieza de los cauces de torrenteras y quebradas. Encauzar y colocar defensas ribereñas en sectores donde se observe incidencia de flujos (colocar gaviones y enrocados donde sean necesarios). Reparar los gaviones, enrocado y muros de encauzamiento de concreto, para evitar deterioros mayores y pérdida total de la defensa. Realizar el diseño de alcantarillas y puentes, que no impliquen el estrangulamiento de los cauces, ya que puede propiciarse los procesos de erosión de los estribos y márgenes. Colocar badenes de ser necesario. Contar con maquinaria pesada a disposición, que permita una rápida rehabilitación de los tramos de la carretera afectados. Colocar trinchos o barreras transversales a los cauces de cárcavas y torrenteras, para controlar los procesos de socavación y pérdida de terreno.
Carretera Las Positas-Vichayito (Máncora) 27	El sector es afectado por flujos de lodo, derrumbes y caída de rocas. El acantilado del cerro Peña Mala (en cuyas faldas se encuentra la carretera que conecta los sectores de Las Positas y Vichayito), así como los hoteles y las viviendas particulares son cortados o están construidos cerca de los cauces. Se produce caída de bloques de roca y derrumbes desde el acantilado, los cuales pueden afectar las viviendas (fotografías 6.71 a y b).	Los derrumbes y las caídas de rocas pueden afectar las viviendas. Las alcantarillas obstruidas pueden ocasionar el desborde de torrenteras, que puede comprometer la seguridad física de viviendas.	Realizar trabajos de limpieza de los cauces de torrenteras. Realizar el diseño de alcantarillas y puentes, que no impliquen el estrangulamiento de los cauces, ya que puede propiciarse los procesos de erosión de los estribos. Colocar badenes de ser necesario. Colocar trinchos o barreras transversales a los cauces de cárcavas y torrenteras, para controlar los procesos de socavación y pérdida de terreno. Realizar limpieza de bloques colgados e inestables en los acantilados.
Talara (Talara) 28	Los acantilados del lado sur de Talara (AA. HH. Luis Alva Castro, urbanización Sudamérica) son afectados por erosión en cárcavas, las cuales se activan de manera excepcional (fenómeno de El Niño). La mayoría de las cárcavas han sido encauzadas con canales de concreto; sin embargo, algunas de las viviendas se encuentran localizadas muy cerca de las cárcavas o de los canales de desviación; en otros casos, las torrenteras cruzan la carretera por medio de badenes. Las cárcavas presentan un avance retrogresivo. Se observa derrumbes y deslizamientos en sus cabeceras, que en algunos de los casos, compromete a las construcciones ubicadas en la parte alta del tablazo. También, se presentan problemas de asentamientos diferenciales que afectan viviendas de la urbanización Sudamérica; posiblemente, el fenómeno esté relacionado a la presencia de arcillas expansivas. Estos asentamientos se manifiestan como agrietamientos en las paredes de viviendas (fotografías 6.72 a y b).	Los flujos pueden cortar el tránsito; pueden afectar viviendas ubicadas cerca y en el cauce de las torrenteras. Los asentamientos diferenciales hacen inhabitables las viviendas, las cuales debería de ser evacuadas.	Construcción de badenes, encauzamiento y limpieza de los cauces de quebradas y canales de derivación. No arrojar desmonte ni basura a los cursos de torrenteras secas. Declarar inhabitable las viviendas afectadas por los asentamientos y reubicar a los pobladores.

Sector (Distrito) Número	Áreas sujetas a / comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Carretera Talara-Negritos (La Brea) 29	La carretera que conecta Talara con Negritos es cortada en varios tramos por flujos de lodo, que discurren de manera excepcional (fenómeno de El Niño). Se han realizado trabajos de encauzamiento con canales de concreto en el poblado de Negritos. Durante el fenómeno de El Niño de 1982-83, el flujo de la quebrada Acholada cortó el tránsito hacia Vichayal. El avance retrogresivo de cárcavas y torrenteras compromete la seguridad física de la carretera asfaltada trazada en la parte alta del tablaizo (fotografía 6.73).	El flujo de la quebrada Acholada cortó el tramo de la carretera; Los flujos pueden afectar las viviendas ubicadas cerca de los cauces de las torrenteras.	Construcción de badenes, encauzamiento y limpieza de los cauces de quebradas. No arrojar desmonte ni basura a los cursos de torrenteras secas. Colocar trinchos o barreras transversales a los cauces de cárcavas y torrenteras para controlar los procesos de socavación y pérdida de terreno.
Talara (Talara) 30	Los acantilados del lado norte de Talara son disectados por torrenteras y cárcavas, las cuales se activan de manera excepcional (El Niño). La intensa precipitación pluvial producida durante el fenómeno de El Niño, produce el desgaste del sustrato rocoso conformado por areniscas, limolitas y conglomerados poco consolidados. Los materiales producidos son movilizados como flujos de lodo y flujos de detritos. Los tramos finales de las torrenteras, que pasan por el medio de viviendas, han sido canalizadas con muros de concreto y gaviones. La quebrada de mayor recorrido ha sido encauzada con gaviones. Presencia de derrumbes y caída de rocas en el acantilado, conformado por areniscas. Los bloques se han depositado a media ladera (fotografía 6.74 a, b y c).	Los flujos pueden interrumpir el tránsito y afectar las viviendas ubicadas cerca del cauce de las torrenteras. Pueden ser afectadas viviendas que se ubiquen cerca y debajo de las zonas de derrumbe.	Encauzamiento y limpieza de los cauces de quebradas. No arrojar desmonte ni basura a los cursos de torrenteras secas. Prohibir la construcción de viviendas cerca de los acantilados.
Panamericana Norte, entre las quebradas Pariñas y Honda (Talara) 31	El tramo de la carretera Panamericana Norte cruza las quebradas Pariñas, Onda y otras torrenteras secas. Por estos cauces secos, discurren de manera excepcional flujos de lodo. En este sector, se presenta un tramo de carretera cortado, el cual ha tenido que ser rehabilitado (fotografías 6.75 a y b).	Los flujos cortaron la carretera Panamericana Norte durante el fenómeno de El Niño.	Encauzamiento y limpieza de los cauces de quebradas. No arrojar desmonte ni basura a los cursos de torrenteras secas.
Panamericana Norte, entre la Brea y el desvío Talara - Tumbes (La Brea-Pariñas) 32	La Panamericana Norte entre el km 55+360 al 74+400 es cortada en varios tramos por torrenteras secas que acarrean flujos de detritos de manera excepcional (fenómeno de El Niño). En los km 63+800 y km 65+000 (quebrada Pan de Azúcar), se ha producido la pérdida de la plataforma de carretera, por efecto de los flujos, donde ha sido necesario cambiar el trazo de la carretera y colocar un badén (fotografía 6.76).	Los flujos cortaron la Panamericana Norte en dos sectores.	Realizar trabajos de limpieza de los cauces de torrenteras y quebradas. Encauzar y colocar defensas ribereñas en sectores donde se observe incidencia de los flujos (colocar gaviones y enrocados en zonas donde sean necesarios). Realizar el diseño de alcantarillas y puentes, que no impliquen el estrangulamiento de los cauces, ya que pueden propiciarse los procesos de erosión de los estribos, obstrucción de alcantarillas y desbordes. Colocar badenes de ser necesario. Contar con maquinaria pesada a disposición, que permita una rápida rehabilitación de los tramos de carretera afectados.

Sector (Distrito) Número	Áreas sujetas a / comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Panamericana Norte Km 1067 al km 1075 (La Brea) 33	El tramo de la carretera asfaltada es afectado por flujos de lodo, huaycos, erosión fluvial y por la acción de tormentas que se activan durante el fenómeno de El Niño (fotografía 6.77).	Se ha producido la destrucción total de tramos de la carretera Panamericana Norte.	Reforzar los badenes, colocar enrocados y gaviones en las quebradas para evitar la erosión lateral.
Carretera Amotape-Talara (Paíta) 34	La antigua carretera Amotape-Talara es afectada por flujos de lodo, huaycos y erosión fluvial. Las quebradas y torrenceras se activan por las fuertes precipitaciones pluviales que caen en esta parte del país durante el fenómeno de El Niño (fotografía 6.79).	Causó la destrucción total del asfaltado de la carretera Amotape-Talara. Se han perdido las alcantarillas y pontones. Las tuberías de conducción de agua potable del eje El Arenal - Talara y sus plantas de bombeo han sido afectadas.	Encauzar las quebradas principales.



(a)



(b)

Fotografías 6.65 a) Panamericana Norte km 85+000 al km 90+001, cortada por la quebrada Honda por donde discurren flujos de detritos. b) Erosión en cárcavas retrogradiva que puede afectar tramo de carretera



(a)



(b)

Fotografía 6.66 a) km 109 de la carretera Panamericana Norte, entre Sullana y Tumbes, cortado por flujo de detritos, donde se ha tenido que realizar una variación del trazo. b) Carretera Lobitos- El Alto, cortada por flujos de detritos en varios tramos



Fotografía 6.67 Torrenteras encauzadas en el sector de Cabo Blanco. Las viviendas se ubican muy cerca de los cauces.



Fotografía 6.68 Cabeceras de la quebrada El Verde, con avance retrogresivo de derrumbes y deslizamientos, que puede comprometer la carretera Panamericana Norte



Fotografía 6.69 Quebrada Camal, tramo encauzado en el sector de Mancora



Fotografía 6.70 Torrenteras encauzadas en el distrito de Los Órganos



(a)



(b)

Fotografías 6.71 a y b Torrenteras encauzadas en la ruta Las Pocitas-Vichayito, en Mancora



(a)



(b)

Fotografías 6.72 a y b Tormentas secas ubicadas a alrededores de Talara, las cuales se activan de manera excepcional, afectando viviendas (AA. HH. Luis Alva Castro) y pueden cortar tramo de la carretera Talara-Vichayal



Fotografía 6.73 Carretera Talara-Negritos, cortada en varios sectores por torrenteras que se activan excepcionalmente



(a)



(b)



Fotografía 6.74 a, b y c Vista de la Quebrada encauzada con gaviones ubicada al norte de Talara, torrenteras por donde discurren flujo de lodo excepcionalmente. En el acantilado se presentan caída de rocas

(c)



(a)



Fotografía 6.75 Carretera Panamericana Norte entre las quebradas Paiñas y Honda. Tramo cortado de la carretera se ha variado el trazo gaviones colocadas en estribo de puente Quebarda Seca

(b)



Fotografía 6.76 Vista de flujo de detritos en la quebrada Pan de Azúcar, que cortó la carretera Panamericana Norte a la altura del km 65, se ha tenido que variar el tramo.



Fotografía 6.77 Panamericana Norte entre el km 1067 al km 1075, por los flujos de lodo que discurren por las quebradas de forma excepcional durante el Fenómeno El Niño. Se ha tenido que realizar variantes en el trazo de la carretera.



Fotografía 6.78 Tramo de la antigua carretera Amotape – Talara, la cual ha sido totalmente destruida por flujos de lodo y huaycos que se generaron durante los fenómenos El Niño. Sobre la quebrada Billar se han colocado gaviones para contener la erosión en su margen derecha y proteger la tubería de agua potable que va a Talara

Cuadro 6.26
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Morropón

Sector (Distrito) Número	Áreas sujetas a / comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Carretera Morropón Huancabamba (Buenos Aires) 35	El tramo de la carretera entre los poblados de Chihuana y Buenos Aires está sujeto a flujos de detritos, inundación y erosión fluvial. El río Piura en este tramo presenta un curso meándrico, formando varios codos y erosionando ambas márgenes, entre los poblados de Chihuana y Pueblo Nuevo. Los flujos de detritos excepcionales pueden cortar la plataforma de la carretera y cruzan también por el poblado de Buenos Aires. Sobre la llanura de inundación se ubican terrenos de cultivo, que son afectados en tiempo de crecida del río Piura (fotografías 6.79 a y b).	Puede afectar la carretera por tramos. El río Piura puede erosionar las bases del talud inferior de la plataforma de la carretera e inundar terrenos de cultivo ubicados en sus terrazas.	Mejorar defensas ribereñas en las zonas señaladas, colocando gaviones y espigones. Realizar mantenimiento y limpieza de alcantarillas. Realizar trabajos de limpieza y encauzamiento de torrenteras. No construir viviendas cerca de cauces de torrenteras secas.
Carretera Morropón Huancabamba, entre Linderó del Ala y Hualas (Buenos Aires) 36	La zona está afectada por flujos de detritos y flujos de lodo excepcionales; las torrenteras y quebradas cruzan la carretera. Encontramos, procesos de erosión fluvial en la margen izquierda del río Piura que comprometen tramos de la plataforma de la carretera. Las crecidas del río Seco producen erosión de la carretera, inundaciones e interrumpen el tránsito vehicular (fotografías 6.80 a, b y c)	Puede resultar afectada la carretera, por tramos. El río Piura puede erosionar las bases del talud inferior de la plataforma de la carretera.	Mejorar las defensas ribereñas en las zonas señaladas colocando gaviones y espigones. Realizar el mantenimiento y limpieza de las alcantarillas. Realizar trabajos de limpieza y encauzamiento de las torrenteras. No construir viviendas cerca de cauces de torrenteras secas.
Carretera Morropón Huancabamba, entre Malacasi y Serrán (Buenos Aires) 37	La zona es afectada por flujos de detritos y flujos de lodo, que se presentan de manera excepcional; las torrenteras y quebradas cruzan la carretera. También pueden afectar viviendas de poblados asentados en las desembocaduras o sobre depósitos de antiguos flujos. Procesos de erosión fluvial en la margen derecha del río Piura que compromete la plataforma de la carretera (fotografía 6.81 a y b).	Pueden resultar afectadas viviendas y la carretera Morropón-Huancabamba por señaladas, colocando gaviones y espigones. El río Piura puede erosionar las bases del talud inferior de la plataforma de la carretera.	Mejorar las defensas ribereñas en las zonas señaladas, colocando gaviones y espigones. Realizar el mantenimiento y la limpieza de las alcantarillas. Realizar trabajos de limpieza y encauzamiento de las torrenteras. No construir viviendas cerca de cauces de torrenteras secas.
Entre Salitral-Bado de Garzas (Salitral - San Juan de Bigote) 39	El sector está sujeto a flujo de detritos y flujos de lodo, los cuales se activan de manera ocasional a excepcional. Laderas de cerros cortadas por torrenteras de corto recorrido por donde discurren flujos, en cuyas márgenes se ubican los poblados de Piedra Blanca, Alan García, Bigote, Manzanares y Bado de Garzas (fotografías 6.82 a y b).	Interrumpe el tránsito de vehículos por la carretera Salitral-San Juan Bigote, puede afectar viviendas ubicadas cerca de las márgenes de las quebradas.	Realizar trabajos de limpieza de cauces de quebradas. No arrojar basura ni desperdicios a los cauces. Realizar trabajos de encauzamiento y construcción de defensas. Reubicar viviendas asentadas cerca de las márgenes de quebradas.



(a)



(b)

Fotografía 6.79 Carretera Morropón - Huancabamba, distrito de Buenos Aires. (a) Erosión de laderas en la margen izquierda del río Piura, sector de Chihuana (b) Carretera Morropón – Huancabamba, flujo de detritos que cruza por el poblado de Pedregal



(a)



(b)



(c)

Fotografía 6.80 Carretera Morropón - Huancabamba, entre Lindero del Ala y Hualas, distrito de Buenos Aires (a) Erosión en la margen derecha del río Piura (b) Erosión en la margen izquierda de la quebrada Río Seco (c) Quebrada que se activa excepcionalmente con el fenómeno El Niño, sector de Juan Velazco



(a)



(b)

Fotografía 6.81 Carretera Morropón - Huancabamba, entre Malacasí y Serrán (a) Flujo excepcional en la localidad de Serrán (b) Flujo en la localidad de Malacasí



(a)



(b)

Fotografía 6.82 Sectores de Salitral y Bado de Garzas (a) Flujo en el sector de Alan García (b) Quebrada Palo Blanco, por donde discurren flujos excepcionales, sector de Bigote

Cuadro 6.27
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Paita

Sector (Distrito) Número	Áreas sujetas a / comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Paita (Paita) 41	Los acantilados de Paita son afectados por derrumbes y deslizamientos rotacionales activos. Estos eventos alcanzan una longitud de escarpa de 2 km. Producen el basculamiento y asentamiento de terreno. Entre las causas de su ocurrencia se tienen, el tipo de material poco consolidado (conformado por areniscas, limolitas y conglomerados) pendiente del acantilado (80°), con presencia de aguas servidas, provenientes de desagües, los cuales saturan y desestabilizan los terrenos. En el cuerpo de los deslizamientos se realizan cultivos, que son regados con aguas servidas. Se presenta agrietamientos detrás de la corona de los deslizamientos, lo que evidencia su avance retrogresivo y su estado activo (fotografías 6.83 a, b y c).	Afectó la carretera que baja hacia el muelle de pescadores. Compromete seriamente las instalaciones de las fábricas de conservas ubicadas en la parte superior del acantilado, localizándose en algunos casos a tan solo 20 m. Representa un peligro latente para las personas que transitan por la zona.	Implementar un sistema de monitoreo de la actividad del deslizamiento, para poder predecir nuevos movimientos. Declarar como inhabitable el cuerpo y la zona de playa ubicada debajo del deslizamiento. Restringir el paso peatonal hacia la corona del deslizamiento, ya que se pueden producir caídas. Entubar y conducir las aguas servidas fuera de la zona del deslizamiento para evitar que continúe humedeciendo y desestabilizando los terrenos. A mediano plazo, se deberá contemplar la posibilidad de reubicar las fábricas por estar localizadas en una zona de alto peligro además de poder ser afectadas sus instalaciones y sus trabajadores.
Carretera Paita-La Isillia (Paita) 42	El tramo de la carretera que une el distrito de Paita con la Isilla, es cortado de manera excepcional (fenómeno de El Niño) por flujos de detritos, que interrumpen el tránsito. El área es afectada por la intensa erosión de laderas (fotografía 6.84)	Afecta la carretera Paita -La Isillia, en varios tramos.	Construcción de badenes, encauzamiento y limpieza de los cauces de quebradas.
Río Chira (Amotape-Tamarindo-La Huaca) 44	El área está sujeta a erosión fluvial, inundaciones y derrumbes en las márgenes por los caudales excepcionales asociados al fenómeno de El Niño, a lo largo del valle del río Chira entre los poblados de Sojo, La Huaca, Tamarindo y Amotape, lo cual es favorecido por la topografía plana del valle.	Afecta viviendas de los centros poblados ubicados en la llanura de inundación del río, los tramos de la carretera y los terrenos de cultivo por erosión cuando se produce el colapso de los diques de encauzamiento.	Realizar el mantenimiento de los diques (reparar los tramos dañados).



(a)



(b)



(c)

Fotografía 6.83 Acantilados de Paita afectados por deslizamientos rotacionales activos, los cuales comprometen la seguridad física de la infraestructura ubicada detrás de la corona de los deslizamientos



(a)



(b)



(c)

Fotografía 6.84 Carretera Paita – La Isilla. Flujos excepcionales en quebradas que cortan la carretera, como por ejemplo en la Vega Charco Grande y la Quebrada Colanes

Cuadro 6.28
Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Sullana

Sector (Distrito) Número	Áreas sujetas a / comentario geodinámico	Vulnerabilidad y/o daños ocasionados	Recomendaciones
Río Chira (Salitral-Sullana) 46	El área está sujeta a inundaciones, erosión fluvial y derrumbes en ambas márgenes del río Chira. Los excesivos caudales asociados al fenómeno de El Niño, ocasionan desbordamientos del río invadiendo terrenos de cultivo y centros poblados. Aproximadamente 10 km de margen afectados por el río Chira, entre Salitral y Sullana pasando la presa derivadora.	Se produce la pérdida de terrenos por inundaciones y erosión en las márgenes, destrucción de los diques de encauzamiento. Afectó el club náutico.	Limpiar el cauce y conservar en buen estado los diques de defensa.
Carretera Sullana-Lancones (Querocotillo) 47	El tramo de carretera es afectado por la erosión de laderas, flujos de lodo y huaiticos. Normalmente, la zona es seca, pero esta condición cambia durante las lluvias excepcionales producidas durante el fenómeno de El Niño. La escorrentía superficial se canaliza y moviliza todo material suelto (fotografía 6.85).	Un tramo de 12 km es afectado hasta en 9 sectores. El flujo causó la destrucción total del asfaltado de la carretera y las obras de arte incluyendo pontones y alcantarillas.	Construir badenes.
Panamericana Norte km 1046 al km 1058- Entre Quebrada Samán y Quebrada Charanal (Marcavelica-San Jacinto) 48	Un tramo de unos 33 km de carretera asfaltados es afectado por flujos de lodo, flujos de deirritos y algunas torrenceras que producen erosión del terreno. Entre las quebradas principales destacan la quebrada Samán, Peroles, Huallacal, Ubillus, Monte Lima, Pampa Larga y Charanal. Las quebradas se activan cuando se producen precipitaciones pluviales excepcionales como las producidas durante el fenómeno de El Niño (fotografía 6.86).	Provoca grandes pérdidas y daños a la carretera. Se pierden tramos completos que afectan las actividades socioeconómicas de la zona norte. Se puede producir la pérdida de cultivos de caña de azúcar realizados en muchos de los casos en los cauces mismos de quebradas secas	Colocar badenes, reforzar las alcantarillas, colocar entrocados a las márgenes de torrenceras para evitar la erosión lateral.



Fotografía 6.85 Carretera Sullana – Lancones afectada por flujos de lodo y huaicos en varios tramos, donde se ha perdido la plataforma asfaltada y las alcantarilladas. Se han tenido que realizar variantes



Fotografía 6.86 Panamericana Norte entre el km 1046 al km 1058, con tramos destruidos por los flujos de lodo que se producen durante el fenómeno El Niño

PELIGRO SÍSMICO DE LA REGIÓN PIURA

Generalidades

El Perú, por su ubicación geográfica en la zona central y occidental de Sudamérica, se presenta muy accidentado debido principalmente al proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la Sudamericana. Este proceso de subducción da origen a un gran número de sismos de diferentes magnitudes, con focos a diversos niveles de profundidad y que han producido en superficie distintos grados de destrucción. Esta zona es considerada la principal fuente sismogénica, ya que en ella se han producido los sismos más grandes del Perú. Una segunda fuente la constituye la zona continental cuya deformación produce la formación de fallas de diversas longitudes, con la consecuente ocurrencia de sismos de magnitudes menores en tamaño a los que se producen en la primera fuente (Cahill y Isacks, 1992; Tavera & Buforn, 2001).

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

tipo de peligro. Para el monitoreo de la actividad sísmica que ocurre en el territorio peruano, el Instituto Geofísico del Perú opera una red sísmica nacional compuesta por 31 estaciones, de las cuales 20 son de periodo corto y 11 de banda ancha.

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

Sismicidad histórica – región Piura

La historia de los acontecimientos sísmicos ocurridos en el Perú, ha sido descrita en detalle por Silgado (1978) y al ser Piura una ciudad muy importante, existe información de un gran número de sismos históricos que ha producido diversos niveles de daño en los distritos y localidades ubicadas en esta región (cuadro 6.29). Según este cuadro, las máximas intensidades en la escala de Mercalli Modificada oscilaron entre VI y X.

Cuadro 6.29
Descripción de los datos macrosísmicos ocurridos en la región Piura

Fecha	Hora	Localidades	Intensidad	Observaciones
1619-02-14	11:30	Norte del Perú	IX	Terremoto en el norte del Perú que arruinó los edificios de Trujillo y sus templos, extendiéndose la destrucción a las Villa de Saña y Santa. Según la crónica del Perú del Padre Calancha, el movimiento fue sentido en más de 300 leguas de Norte a Sur (2000 km ±) y en más de 60 leguas, de Este a Norte (330 km±). El citado sacerdote refiere "en un breve credo que duró el temblor, arruinó desde los templos más fortalecidos hasta los edificios más livianos, no valiendo la fortaleza para hacerle resistencia, ni el calicanto para oponerse a un soplo del viento" Luego hace saber que el movimiento no solo demolió edificios con los llanos y sierras contiguas, sino que agrietó la tierra en varias partes, de las cuales surgió un lodo negruzco. Murieron aquel día 350 personas de las cuales 130 quedaron sepultadas en las ruinas. Este movimiento de tierras se sintió fuerte en Lima aunque no hizo daños según refirió Fray Antonio Vásquez de Espinoza (1628).
1814-02-01	05:00	Piura	VI	Fortísimo temblor por la mañana en Piura que maltrató edificios y viviendas.
1857-06-20	07:00	Piura	IX	Fuerte sismo en Piura de cuarenta y cinco segundos de duración que destruyó muchos edificios. Se abrió la tierra de la cual se emanaron aguas negras. Daños materiales en el Puerto de Paita.
19/01/1906	05:00	NW del Perú	VI	Fuerte temblor en la madrugada al NW de Perú. Fuerte en Piura y Paita, mediano en Trujillo.
28/04/1906	13:00	Talara y Zorritos	IV	Temblor en Talara y Zorritos, grado III en Tumbes, Casitas, Paita y Piura.

Fecha	Hora	Localidades	Intensidad	Observaciones
28/09/1906	10:25	Norte del Perú	VII	<p>Notable conmoción sísmica, en un área de forma elíptica de 310 000 km², que comprendía gran parte de la costa, sierra y hasta las estribaciones de la cordillera Oriental. El eje mayor de la elipse se extendió entre Guayaquil (Ecuador) y Tarma; el eje menor entre Trujillo y Moyobamba.</p> <p>En la ciudad de Chachapoyas, alcanzó la intensidad de VI – VII, cuarteándose paredes, desquebrándose techos y desplomándose las antiguas murallas.</p> <p>El sismo fue sentido fuertemente en Huancabamba, Ayabaca, Sullana, Piura, Morropón, Tumbes y Santa.</p>
24/07/1912	06:50	Piura	X	<p>Terremoto en el norte arruinó la ciudad de Piura y poblaciones circunvecinas, ocasionando muertos y heridos.</p> <p>Siesber (1930) estimaba una intensidad de X-XI en el área epicentral que nos parece algo exagerada en vista del tipo, edad y calidad de las construcciones que predominaban en esa ciudad a comienzos del siglo.</p> <p>Dentro de esa área quedaron afectadas las provincias de Piura, Huancabamba, Jaén en el Perú y las poblaciones ecuatorianas limítrofes que incluían las del Guayas.</p> <p>La ciudad de Piura, con más edificaciones fue la más afectada, quedando en condición de habitabilidad solo el uno por ciento. Las estadísticas de la época evaluaron pérdidas por un millón y medio de soles.</p>
14/05/1928	17:12	Norte del Perú	X	<p>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 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.</p> <p>Graves daños experimentaron las ciudades de Huancabamba en la sierra de Piura; Cutervo, Chota y Jaén en Cajamarca. Una atenuación de los efectos destructores se apreció en Cajamarca y en Piura, Lambayeque y Trujillo, situado en la Costa.</p> <p>Se deduce que el Movimiento fue destructor en un área cercana a los 100 000 km². La zona epicéntrica tuvo una intensidad X y se calcula la profundidad del foco de 30 km.</p>
06/07/1938	23:50	Piura	VI	<p>Movimiento sísmico en el NO del Perú, sentido fuertemente en Piura, Sullana, Chulucanas, lugares en los que causó alarma, percibido con regular intensidad en Chepen y Lambayeque.</p>
12/12/1953	12:31	NO del Perú	IX	<p>Un fuerte y prolongado movimiento sísmico afectó severamente a la parte NO del Perú y parte del territorio ecuatoriano. En las poblaciones peruanas de Tumbes y Carrales causó la muerte de 6 personas 20 heridos y numerosos daños materiales. Fue sentido en un área aproximada de 700000 km², limitada por los paralelos 0° 30' y 11° 00' de Latitud Sur y los meridianos 75° y 81° W y el área de mayor destrucción abarcó unos 5000 km². Dentro de esa superficie sufrieron daño algunas construcciones de concreto armado, adobe y de ladrillo. La intensidad del movimiento se apreció en el grado VII y VIII de la Escala MM.</p> <p>Largas grietas se produjeron en los terrenos húmedos algunas de dirección N-S y otras más extensas a lo largo de un canal de irrigación, una de ellas tenía 50 metros de longitud y alcanzaba en algunos tramos 30 a 40 cm de ancho.</p> <p>Eyección de lodo en las quebradas de Bocapán en los esteros del Puerto Pizarro y otros lugares.</p> <p>Deslizamiento de material de adobe en el poblado de El Alto, en los alrededores de Zorritos y partes altas del Cañón del río Tumbes.</p>

Fecha	Hora	Localidades	Intensidad	Observaciones
19/06/1955	02:45	Norte del Perú	VI	Fuerte movimiento de tierra estremeció la zona norte a las 02:45 horas. Ligeramente destructor en la Hacienda Cartavio (Trujillo) y en el Puerto de Chimbote. Sentido entre Piura y Lima.
08/08/1957	08:50	Al NO del Perú	VI	En Talara se agrietaron las paredes de varios inmuebles y cayeron objetos situados sobre estantes, intensidad V –VI MM fuerte en Paita, Piura, El Alto y Zorritos.
07/02/1959	04:38	Costa NO del Perú	VI	La región costera del NO entre Tumbes y Chiclayo, fue sacudida por un fuerte sismo que ocasionó ligeros deterioros en algunas viviendas de cemento de la ciudad de Talara. Intensidad de grado VI MM. El ruido y estremecimiento causaron alarma en las poblaciones de Tumbes, Paita, Piura, Talara, Sullana, Chulucanas y Chiclayo, en donde algunas familias abandonaron apresuradamente sus hogares pese a la hora.
09/12/1970	23:55	NO del Perú	X	Un sismo de magnitud 7.2 sacudió y averió las poblaciones del NO del Perú. Murieron 48 personas, en la vecina república del Ecuador, hubo otros tantos muertos y daños materiales. La máxima intensidad fue de VIII grados en la escala MM. Cerca del caserío La Huaca se agrietó el suelo, brotando arena y lodo. En terrazas fluviales y aluviales de la quebrada Querocotillo, se formó un sistema de grietas de longitud de 500 m, con abertura de 0.30 m y salto de 0.25 m, el rumbo general era S 60° O (Taype 1971).
10/07/1971	20:33	NO del País	VI	Un sismo fuerte en el NO del país se produjo en Sullana, la caída de dos viviendas antiguas ya dañadas por el terremoto de Diciembre de 1970 y ligeros desperfectos en otras viviendas. Hubo alarma en Piura y Tumbes, con menor intensidad se sintió en Chiclayo y Trujillo. Se anota que antes del sismo hubo en Piura y Tumbes uno a las 4:30 y el otro a las 15:10 horas.

Para la mayoría de los sismos descritos en el cuadro 6.1, Silgado (1978, 1951) elaboró sus respectivos mapas de intensidades; así se tiene el sismo ocurrido el 12 de diciembre de 1953 ($M_b=7.7$), con epicentro en $03^{\circ} 36'$ latitud sur y $80^{\circ} 30'$ longitud oeste. El sismo fue ubicado dentro del contorno de la región y ocasionó daños, según el mapa de isosistas (figura 6.1), efectos desastrosos en la zona costera norte. En Lancones, Las Lomas, Suyo, Querocotillo, Salitral, Bellavista, El Alto, Los Órganos, Lobito, Talara, y Negritos se produjeron intensidades de VI MM. Intensidades de grado V, afectaron a los poblados de Piura, Castilla, La Arena, Sechura, Ayabaca, Chulucanas, Morropón, Canchaque y Huancabamba, etc.

El terremoto del 9 de diciembre de 1970, con epicentro en las coordenadas geográficas $04^{\circ} 00'$ latitud sur y $80^{\circ} 23'$ longitud oeste, según el mapa de isosistas (figura 6.2), tuvo efectos catastróficos, donde murieron 48 personas, en el Ecuador hubo otros tantos muertos. En Talara, El Alto, Máncora, Lobitos y Lancones, se produjeron intensidades de IX MM; intensidades de grado VIII y VII MM afectaron a los pobladores de Piura, Querocotillo, Catacaos, Sechura, Paita, Chulucanas, Suyo, Buenos Aires, La Matanza, Ayabaca, Lagunas, Tamango, Morropón.

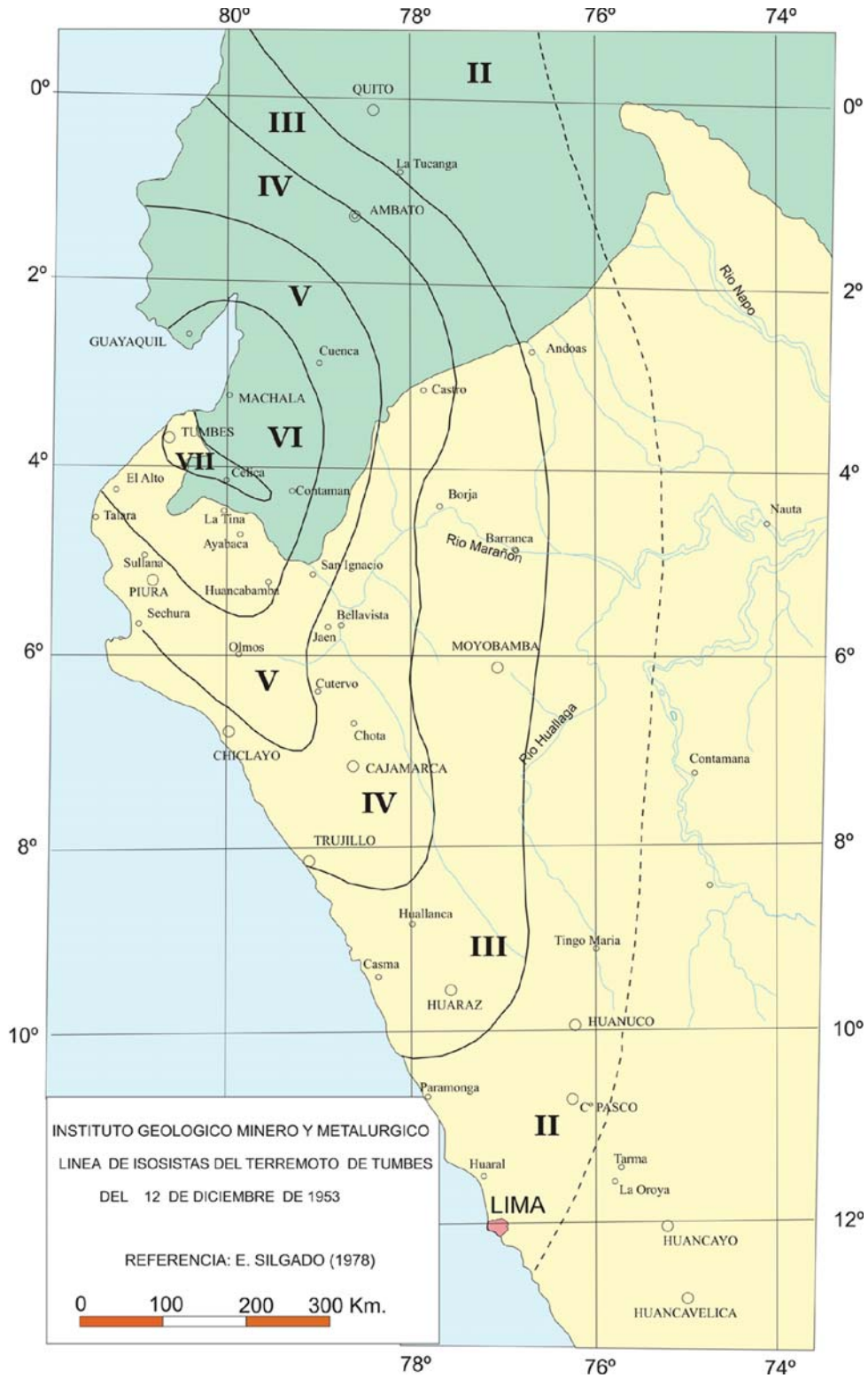


Figura 6.1 Sismo ocurrido el 12 de diciembre de 1953 (Mb=7.7). (Silgado, 1978)

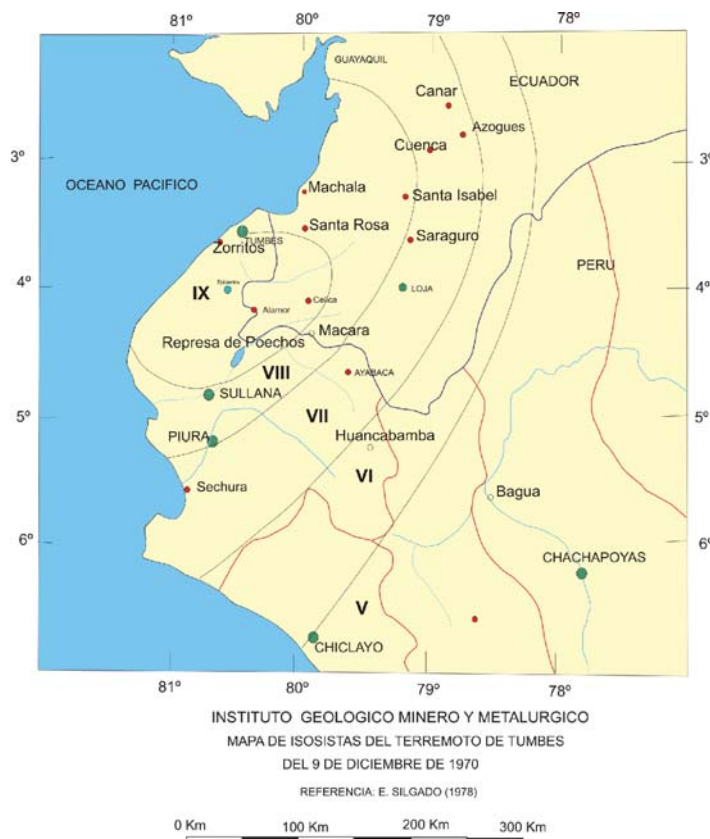


Figura 6.2 Terremoto del 9 de diciembre de 1970, máxima intensidad de IX en la escala MM. (Silgado, 1978)

Distribución de intensidades sísmicas máximas

La ciudad de Piura y sus alrededores, ha sido afectada por un gran número de sismos que produjeron intensidades que oscilaron entre VI y IX (MM), siendo los más importantes los que ocurrieron cerca de los poblados de Tumbes, Piura y Sullana en 1587, 1857, 1869, 1912, 1953, 1970, 1974 y 1980.

En la figura 6.3, se presenta el mapa de distribución de intensidades sísmicas máximas elaborado para el Perú (Alva et al., 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 Piura se observa que prevalecen sismos en donde las intensidades máximas son del orden de VIII a IX (MM), los cuales causaron destrucción y pérdidas de vidas humanas.

Sismotectónica de la región

El entorno sismotectónico del Perú se caracteriza por la colisión y subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamérica, proceso conocido como subducción, el mismo que dio origen a la aparición de la fosa peruana-chilena, a la cordillera de los Andes, a los principales sistemas de fallas activas y a la ocurrencia continua de

un gran número de sismos de diversas magnitudes. Estas características geomorfológicas, geológicas y geofísicas, permiten considerar al Perú como uno de los países de mayor riesgo sísmico en América Latina. Dentro de este contexto, los últimos sismos que han producido importantes cambios geomorfológicos, geológicos y geofísicos en áreas cercanas a sus epicentros, son los ocurridos en Nazca en 1996 (7.7 Mw) y Arequipa en el 2001 (8.2 Mw).

Estudios sobre la Neotectónica del Perú (Sébrier et al, 1982), así como la elaboración del mapa Neotectónico (Leureyro et al, 1991) y el mapa sismo tectónicos de Perú (Tavera & Buforn, 2001), han permitido identificar la presencia sobre nuestro territorio de un importante número de fallas activas, muchas de las cuales producen sismos continuamente. En el área de Piura, las fallas cercanas más importantes son:

Zona de fallas Amotape

El noroeste del Perú, presenta estructuras que controlan la cordillera alargada de la región costera. Estas estructuras tienen una implicancia en el basamento metamórfico continental y limita con la cuenca cenozoica Lancones.

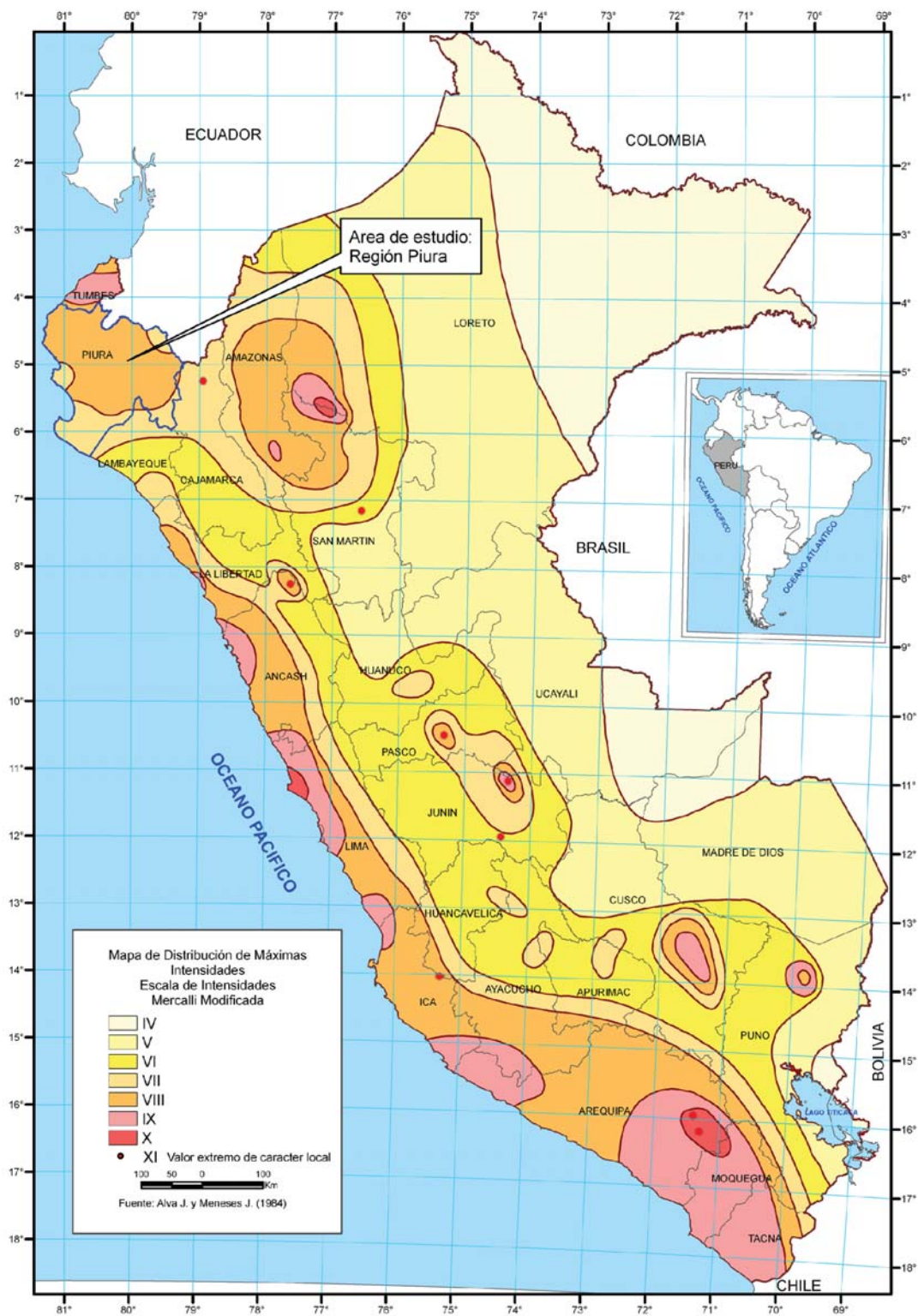


Figura 6.3 Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas para Piura

En el área de Amotape se pone en evidencia dos escarpes principales de dirección noreste-suroeste, los cuales controlan el sistema de drenajes.

Egüez et al., (2003), deduce basado en la expresión de los escarpes de falla en fotografías aéreas, que el movimiento fue probablemente en el Cuaternario y con un movimiento inverso. Sin embargo, no se ha hecho estudios detallados de esta zona de falla.

Zona de fallas Bayóvar

Se encuentra ubicada en el noroeste del Perú, comprende los cerros Illescas y terrenos adyacentes a la zona de Bayóvar, región Piura.

El estudio de los depósitos cuaternarios muestra que el litoral de la región Bayóvar, se levantó de manera diferencial. Así mismo el macizo de Illescas, subió con mayor velocidad que el desierto de Sechura, originando reactivaciones en la falla Illescas, en el transcurso del Cuaternario (Sébrier et al., 1982). Las últimas reactivaciones afectan la parte basal de los conos aluviales (Pleistoceno superior), los conos aluviales del flanco este del macizo de Illescas no muestran evidencias de reactivaciones muy recientes.

El último movimiento debió ser inverso con una componente de rumbo, ya que en las cercanías de la falla principal hay fallas inversas que tienen estrías con planos verticales aproximadamente con el mismo rumbo que la falla Illescas, es decir N 150° E.

En Bayóvar, se puede observar una distribución de terrazas marinas, que afloran en bandas angostas y paralelas a la costa actual (Macharé & Ortlieb., 1994), por su posición morfoestratigráfica, estas terrazas deben ponerse en relación con el último período interglaciar (Estadio isotópico 5e), cuando el mar alcanzó un nivel de unos 6 m sobre el actual, a inicios del Pleistoceno superior (120000 años) (Imbrie, 1993).

Fosa Perú-Chile (zona de subducción de Nazca)

La zona de subducción de Nazca se encuentra en alta mar, a unos -100 a-200 km al oeste de la costa del Pacífico en Perú. Se extiende de norte a sur a lo largo de toda la costa occidental de América del Sur. Esta zona de subducción es el responsable de la mayoría de los grandes sismos ($M > 8$) y tsunamis que han golpeado la costa occidental de América del Sur.

La morfología de la fosa se expresa en el fondo del océano, ésta libera energía durante sismos de subducción, producto de esto se tiene levantamientos o subsidencias a lo largo de las regiones costeras adyacentes.

En la zona de subducción se produjo grandes sismos como en 1906 (Ecuador), 1960 - 2010 (Chile) y 2001 - 2007 (Perú) con

magnitudes de M8, M9.5 y MW8.8, M9.3 y M7.9 respectivamente. Se desconoce el intervalo de tiempo de recurrencia de los grandes sismos; en el Perú debe de producirse en intervalos de tiempo de cientos de años.

Distribución espacial de los sismos

Para el análisis de la distribución espacial de los sismos ocurridos en el Perú, se ha utilizado la base de datos históricos e instrumental del Instituto Geofísico del Perú que considera los sismos ocurridos entre los años 1500 a 2005. Según el mapa de la Figura 6.4, los sismos han sido clasificados en superficiales ($h < 60$ km) de color azul, intermedios ($61 < h < 300$ km) de color verde y profundos ($h > 301$ km) de color rojo; su distribución espacial muestra que los sismos superficiales ocurren frente a la línea de costa, sobre una banda de aproximadamente 400 km, desde Tumbes hasta Tacna. Sismos con el mismo rango de magnitud, también están presentes en el interior del continente y en mayor número sobre la región subandina de las regiones norte y centro de Perú. Sismos en menor número se producen en la zona andina propiamente dicha (Tavera & Bufom, 2001; Bernal & Tavera, 2005)

En la región de Piura, la actividad sísmica presenta focos superficiales, intermedios y se distribuyen según las características antes descritas. La distribución de los sismos en profundidad, muestra que el mayor número configura la superficie de colisión de placas, desde la fosa peruano-chilena hasta una profundidad de 60 km. Por debajo de esta profundidad y distancias, desde la fosa, de 500 km, los sismos se distribuyen de manera casi horizontal y están asociados a la deformación interna de la placa de Nazca. Los sismos con focos más superficiales y ubicados a distancias de 150 y 550 km desde la fosa, tendrían su origen en la deformación interna de la placa Sudamericana, con la presencia de fallas, tanto cerca de la línea de costa como en la zona subandina.

En la sección A-B se observa que la profundidad de los sismos aumenta de oeste a este con focos ubicados a menos de 50 km en la zona oceánica, hasta 150 km de profundidad por debajo del continente. Entre 350 y 560 km de distancia horizontal desde el punto «A», se observa menor ocurrencia de sismos, siendo estos más superficiales, lo que puede indicar la existencia de una posible laguna sísmica. A partir de 560 a 850 km, desde el punto «A» aumenta el número y la profundidad de sismos. Estos niveles de profundidad indicarían el límite del contacto y la forma de la placa de Nazca bajo del continente. Los sismos con foco superficial se concentran mayormente a una distancia de 600 km desde el punto A. con una profundidad que no sobrepasa los 60 km, marcando así el límite inferior de la deformación superficial en el interior del continente.

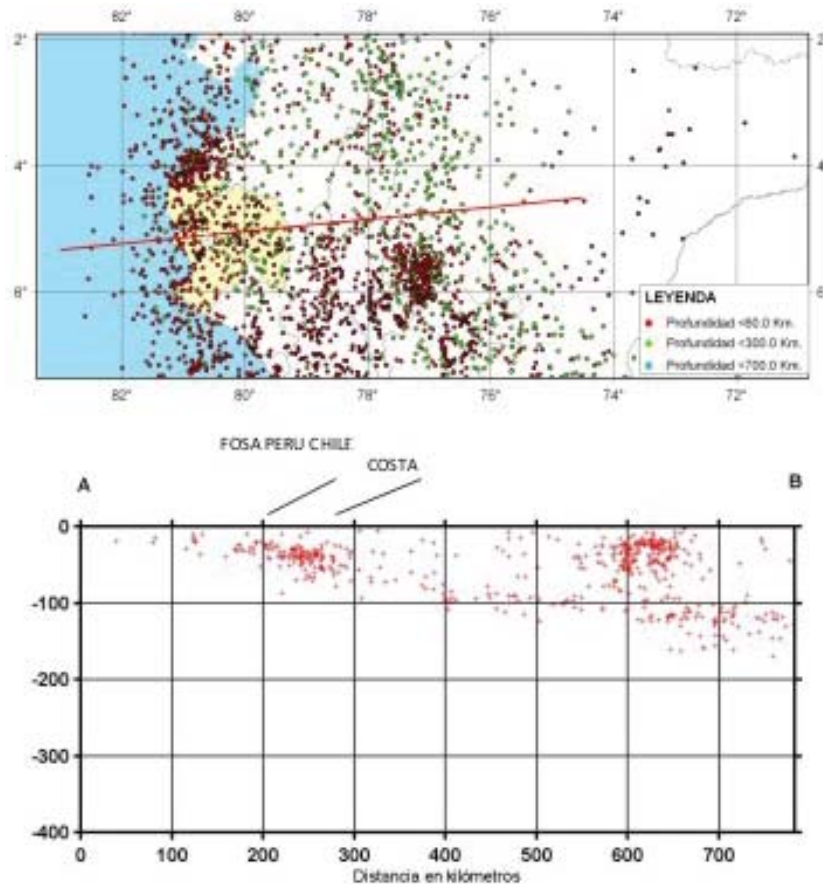


Figura 6.4 Distribución espacial de los Sismos en los alrededores de la región Piura (Fuente: Instituto Geofísico del Perú, 2005)

Estudio sísmico probabilístico

A fin de conocer las aceleraciones máximas producidas por un sismo que en el futuro pudiera ocurrir en la región Piura, se ha procedido a evaluar el peligro sísmico de dicha región utilizando la base de datos sísmicos del Catálogo Sísmico del IGP, la ley de atenuación de Casaverde & Vargas (1980), y las fuentes sísmogénicas definidas por Zamudio & Tavera (2004). Para el cálculo de las aceleraciones máximas se ha hecho uso del programa RISK III (McGuire, 1976).

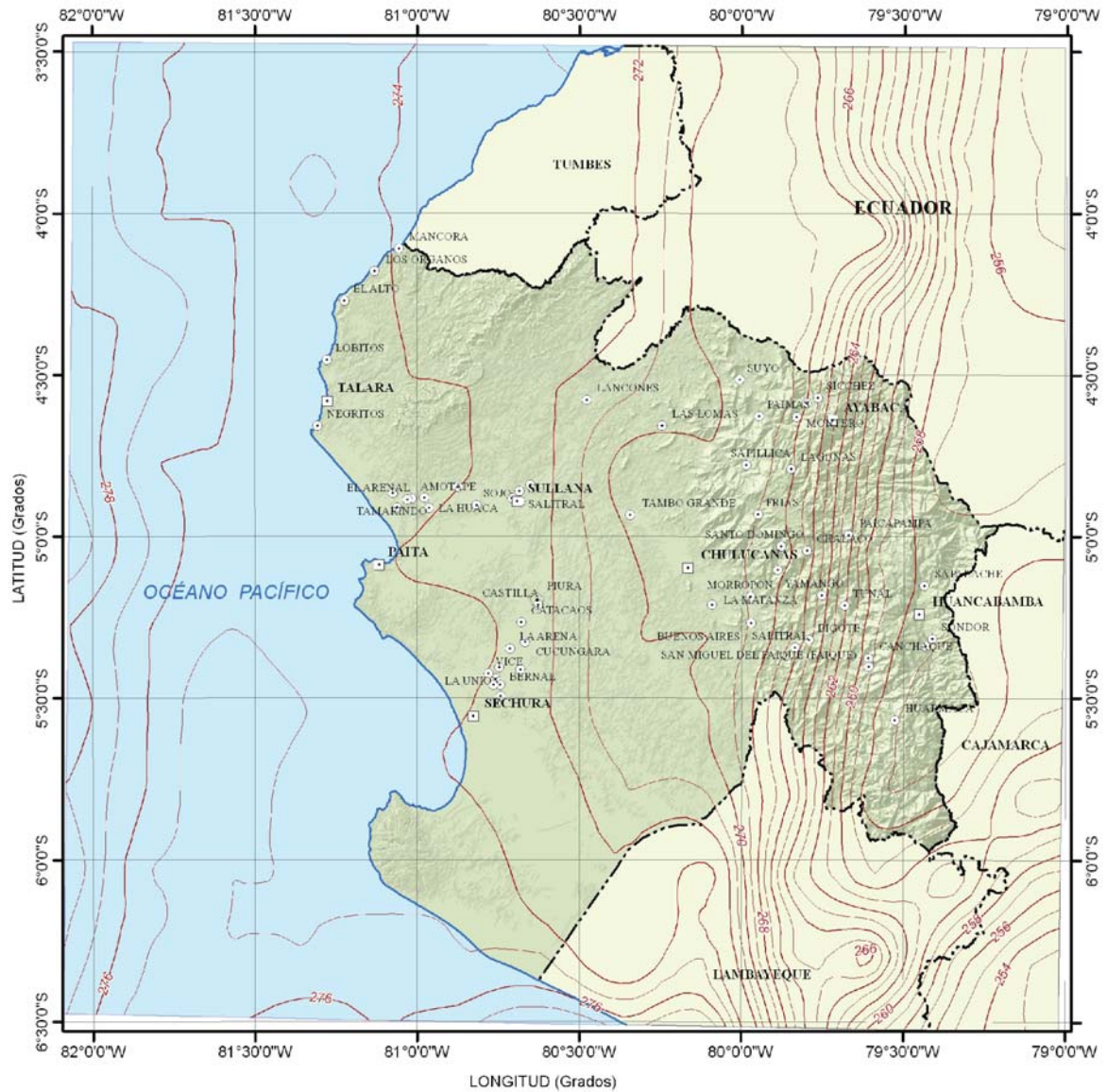
Se muestra los mapas de aceleraciones máximas para un periodo de 20, 50 y 100 años con un 10% de excedencia y en ella se observa que las aceleraciones mayores se presentan a lo largo del borde sur occidental y parte en el borde nororiental de la región Piura. Se presenta el mapa de distribución de aceleraciones máximas para un 10% de excedencia para 20 años, que oscilan entre 250 a 275 gals (figura 6.5), para 50 años de vida útil, varían de 311 a 340 gals (figura 6.6) y para 100 años, varían de 346 a 394 gals (figura 6.7). En los tres mapas se observa que las aceleraciones mayores se presentan a lo largo del borde occidental

de la región y hacia el noreste las aceleraciones disminuyen gradualmente. Estos resultados muestran que las áreas más propensas a soportar aceleraciones importantes se encuentran en el sector oeste cerca de la línea de costa, siendo coherente con el importante número de sismos que en dicha área ocurren.

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

Zonificación y aceleraciones máximas

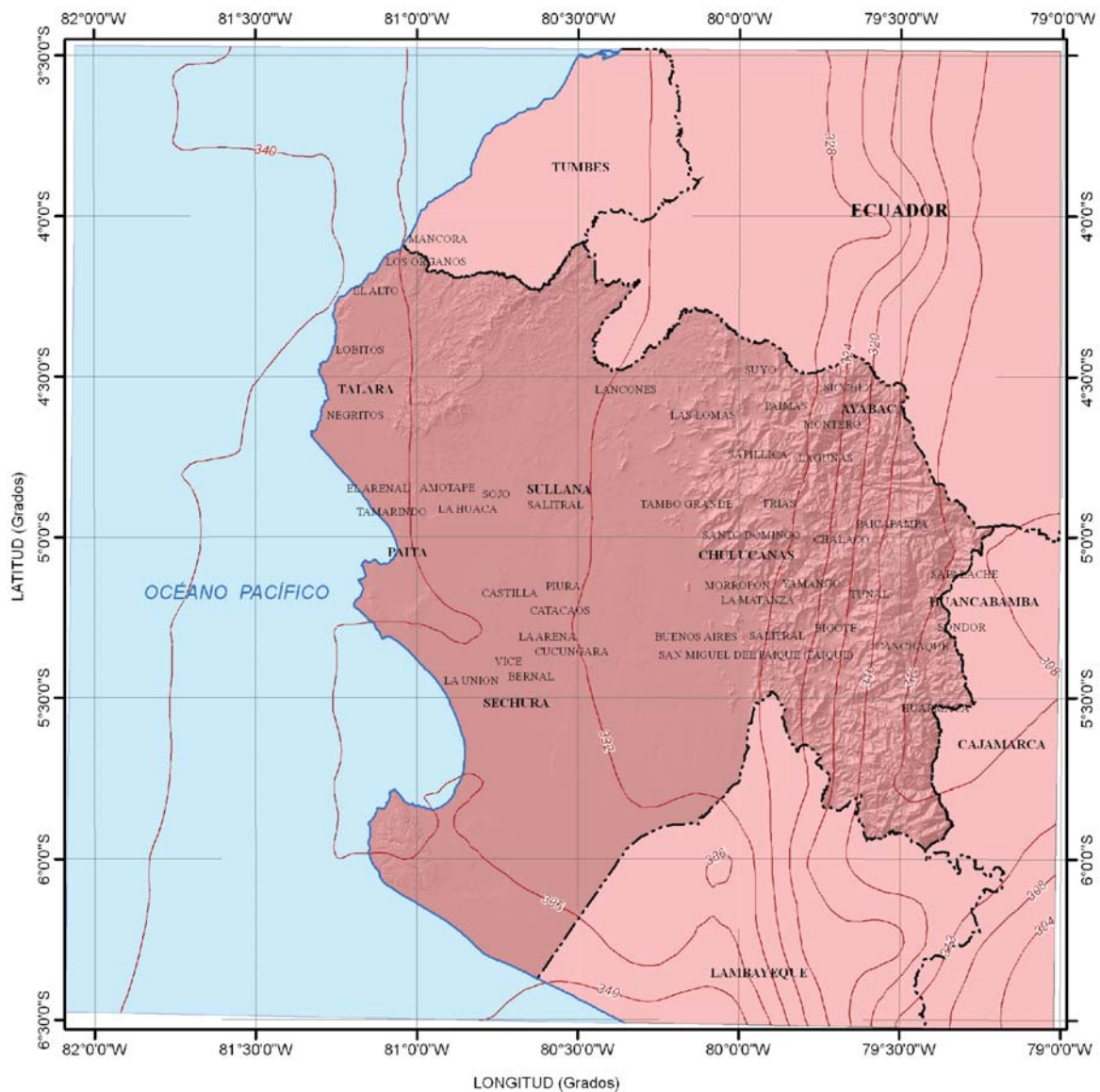
Los diversos estudios de sismicidad existentes en la bibliografía, han sido base para que se elabore el Mapa de Zonificación Sísmica para el Perú, el mismo que es actualmente utilizado en el Reglamento de Construcción Sísmica con la norma técnica de edificación E-30 Diseño Sismorresistente—actualizado al 2003 (MTC/SENCICO, 2003). El territorio nacional se considera dividido en tres zonas, como se muestra en la figura 6.8. La zonificación propuesta se



- Simbología**
- Capital de departamento
 - Capital de provincia
 - Capital de distrito
 - Limite departamental
 - Isoaceleraciones

- Leyenda**
- Alta (Aceleraciones entre 250 y 300 gals)

<p>Sector Energía y Minas INGEMMET Instituto Geológico Minero y Metalúrgico</p>		
<p>DISTRIBUCIÓN DE ISOACELERACIONES (gals) PARA UN 10% DE EXCEDENCIA EN 20 AÑOS (Región Piura)</p>		
Versión digital: Año 2011	Escala 1:1.900.000 DATUM UTM WGS 84, Zona 17 Sur	Fig. 6.5



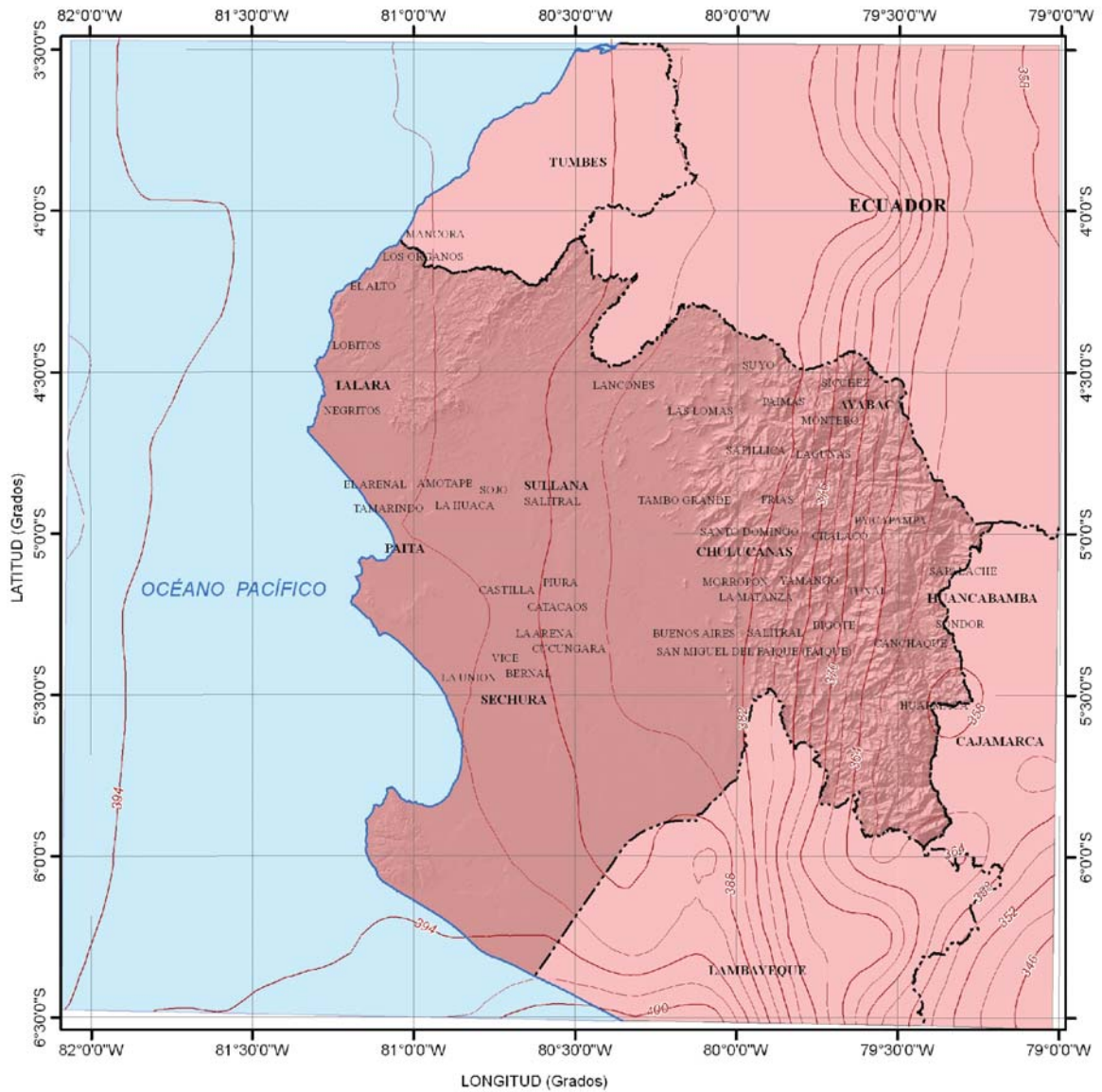
Simbología

- ⊙ Capital de departamento
- ⊠ Capital de provincia
- ⊙ Capital de distrito
- Limite departamental
- Isoaceleraciones

Leyenda

- Alta (Aceleraciones entre ≥ 300 gals)

		
<p>DISTRIBUCIÓN DE ISOACELERACIONES (gals) PARA UN 10% DE EXCEDENCIA EN 50 AÑOS (Región Piura)</p>		
Versión digital: Año 2011	Escala 1:1,900,000 DATUM UTM WGS 84, Zona 17 Sur	Fig. 6.6



- Simbología**
- ⊙ Capital de departamento
 - ⊠ Capital de provincia
 - ⊙ Capital de distrito
 - Limite departamental
 - Isoaceleraciones

- Leyenda**
- Alta (Aceleraciones > 300 gals)

 Sector Energía y Minas Instituto Geológico Minero y Metalúrgico		
DISTRIBUCIÓN DE ISOACELERACIONES (gals) PARA UN 10% DE EXCEDENCIA EN 100 AÑOS (Región Piura)		
Versión digital: Año 2011	Escala 1:1.000.000 DATUM: UTM WGS 84, Zona 17 Sur	Fig. 6.7



Figura 6.8 Ubicación de la región Piura dentro del mapa de Zonificación Sísmica del Perú

basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos, en la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como en la información geotectónica. Según dicho mapa, la región de Piura se localiza en la Zona 3: que se extiende desde la línea de costa hasta el margen occidental de la cordillera de los Andes y considera dentro de esta zona a todas las provincias pertenecientes a la región de Piura.

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

Por consiguiente, a la región le corresponden máximas intensidades de VIII (MM) hasta IX (MM) y las aceleraciones máximas a esperarse en un periodo de 50 años oscilan entre 311 y 340 gals.

Según la guía metodológica de evaluación de riesgo por fenómenos de remoción en masa (Ojeda et al., 2001) (cuadro 6.30), con ventanas de tiempo para 20, 50 y 100 años de vida útil; correspondientes a 200, 475 y 1000 años de periodos de retorno respectivamente, para un 10% de excedencia, se ha determinado en forma general de acuerdo a los valores de aceleraciones máximas esperadas para la región de Piura, la categoría de Alta a Muy Alta.

La figura 6.9 presenta la curva de peligro sísmico anual, donde nos muestra la probabilidad de ocurrencia de aceleraciones

Cuadro 6.30
Clasificación del factor detonante (sismicidad)

Categoría	Descripción	Valor asignado
Alta	Se espera un AMH entre 250 a300 gals.	3
Muy Alta	Se espera un AMH mayores a 300 gals	4

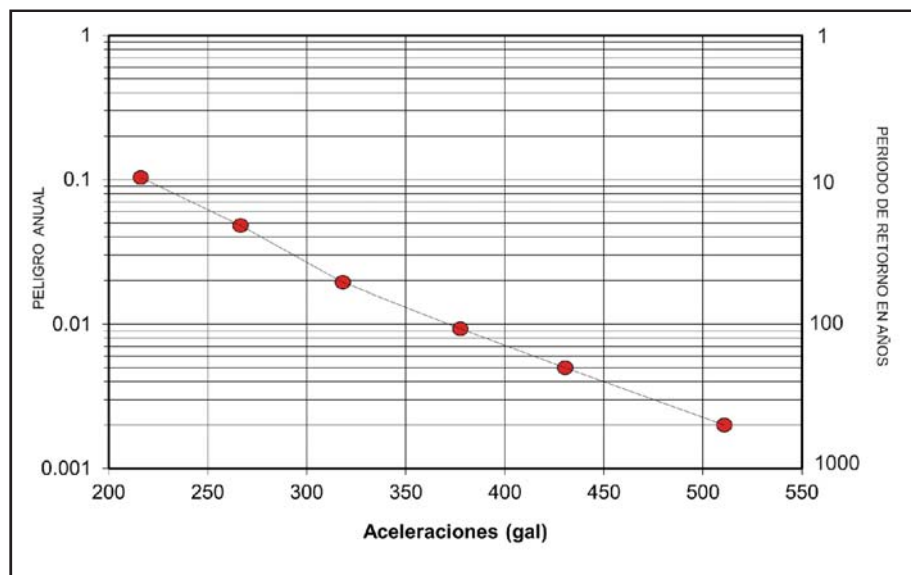


Figura 6.9 Curva de peligro sísmico anual para la ciudad de Piura

máximas y sismos de gran magnitud para la ciudad de Piura y distritos aledaños. De la figura se deduce que en dicha zona se produciría una aceleración máxima de 528 gals con una probabilidad del 0.002%, siendo el periodo medio de retorno del sismo que produce dicha aceleración de 900 años. Aceleraciones del orden de los 270 gals se producirían con un porcentaje de 0.05%, con periodos de tiempo de retorno de 60 años en promedio.

Peligro sísmico calculado para la ciudad de Piura en el punto de coordenadas 80.62 O – 05.28° S.

Asimismo en la figura 6.10 se presenta la curva de probabilidad de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud para la ciudad de Ayabaca. De dicha figura se deduce que en dicha zona se produciría una aceleración máxima de 520 gals con una probabilidad de 0.002%, para el periodo medio de retorno del sismo que produce dicha aceleración dentro de 900 años. Aceleraciones del orden de 270 gals se producirían con un porcentaje de 0.05% con periodos de tiempo de 60 años en promedio.

TSUNAMIS

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

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

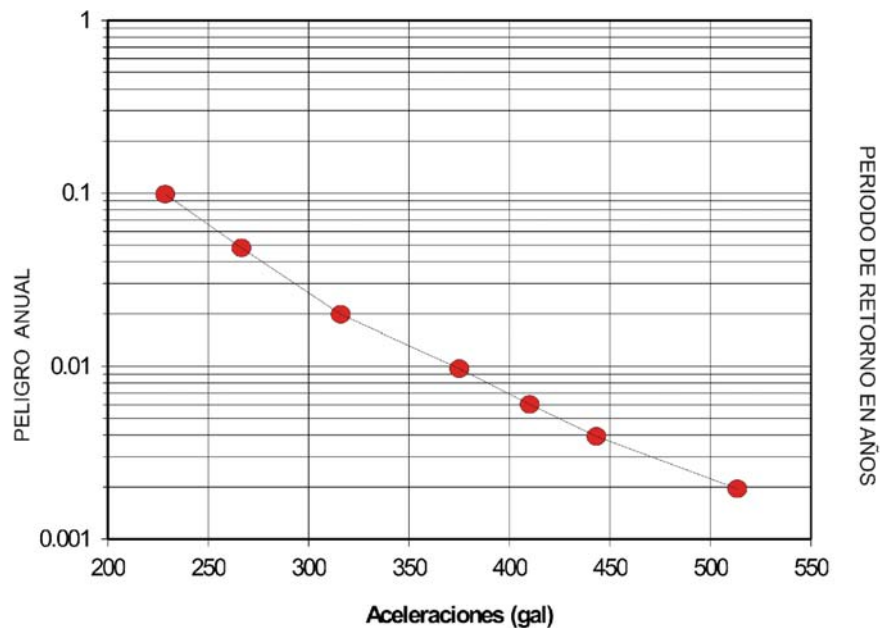


Figura 6.10 Curva de peligro anual para la ciudad de Ayabaca

En las aguas de la costa peruana, se han generado varios tsunamis grandes y destructivos, durante los últimos 400 años, tsunamis que son originados debido a la actividad sísmica asociada a la Fosa Perú – Chile situada entre 100 – 200 km de la costa peruana. En esta latitud la Fosa Perú – Chile, es la zona de subducción de la placa de Nazca debajo de la placa Sudamericana, donde las fuerzas compresionales extremas originan averías en la corteza. El movimiento de la placa a lo largo de estas averías durante un evento sísmico (terremoto), eleva las secciones grandes del piso del mar que produce tsunamis. Afortunadamente para el Perú la zona de subducción de la Costa Peruana no es tan activa como la de Chile, sin embargo, los grandes terremotos tsunamigénicos han ocurrido aquí, produciendo destrucción y daños importantes en las principales ciudades distribuidas a lo largo de la línea de costa de Perú y donde está incluida la costa de Lima.

Historia de los tsunamis

Los expedientes indican que desde el último decimosexto siglo, los terremotos grandes centrados de la costa peruana han generado varios tsunamis destructivos, en los años 1586, 1604, 1647, 1687, 1746, 1865, 1868, 1914, 1940, 1942, 1960, 1966, 1968, 1996 y 2001; de todos ellos cinco fueron particularmente destructivos, los de 1586, 1604, 1687, 1746 y 1868. Desafortunadamente para la investigación de tsunamis muy poco se sabe sobre estos 5 tsunamis. Los pocos expedientes y escritos

existentes referentes a los terremotos mencionan actividades inusuales del mar.

En la costa norteña de Piura ocurrió un tsunami el 20 de noviembre de 1960, que fue generado por un sismo que se produjo el día 20 de noviembre, a las 22:02 UTM, con una magnitud 6.8 Ms, intensidad máxima de VI (MM). El epicentro del sismo fue ubicado en Piura (5.6° S y 80.9° W). Varias horas después de ocurrido el sismo, silenciosamente arribó al litoral del departamento de Lambayeque un tsunami devastador, cuya primera ola alcanzó 9 metros de altura, llegando a producir daños severos en los puertos de Eten y Pimentel, así como en las caletas de Santa Rosa y San José. Este tsunami logró inundar completamente la Isla de Lobos ubicada a unos 16 kilómetros frente al puerto Pimentel. Las demás olas fueron de menor tamaño e intensidad.

Otro terremoto que generó tsunamis, fue el ocurrido el 12 de diciembre de 1953, en la zona de frontera entre Ecuador y Perú, este sismo causó serias consecuencias especialmente en la provincia de Loja; y el Tsunami generado por este terremoto muestra que fue de magnitud -1, pues en la costa peruana se reportaron olas de hasta 2 m y en la parte ecuatoriana de menor altura (cuadro 6.31).

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

Cuadro 6.31
Localidades de la costa de la región Piura que reportaron tsunamis originados en
Perú y en otras regiones

Año	Mes	Día	Origen (País)	Ciudad reportada en Perú	Lat. (S)	Long. (W)	Runup (M)
1953	12	12	PERÚ	Talara	4.58	81.42	----
1959	2	7	PERÚ	Talara	4.58	81.42	
1960	11	20	PERÚ	Talara	4.58	81.42	
1945	4	1	ALEUTIANAS	Talara	4.58	81.42	
1957	3	9	ALEUTIANAS	Talara	4.58	81.42	
1964	3	27	ALASKA	Talara	4.58	81.42	
1966	10	17	PERÚ	Talara	4.58	81.42	

Fuente: Lockridge, P. (1985)

De acuerdo al análisis realizado, el Perú es potencialmente sísmico y por lo tanto, es susceptible a la ocurrencia de sismos de gran magnitud. En estas condiciones es de aceptar que cualquiera de estos sismos pueden ser acompañados de tsunamis importantes que inundaran ciudades y localidades distribuidas a lo largo de nuestro litoral costero.

En Caleta Cruz existe actualmente una estación mareográfica y océano meteorológica (2001), ubicado en el muelle de la estación Naval La Cruz, perteneciente a la red de estaciones que controla la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, como ente integrante del Sistema Nacional de Alerta de Tsunamis.

En el caso del presente estudio para la región de Piura, de producirse un sismo y por consiguiente un tsunami, el mayor impacto serían en los Puertos de Talara y Paita, en tal sentido, para prevenir

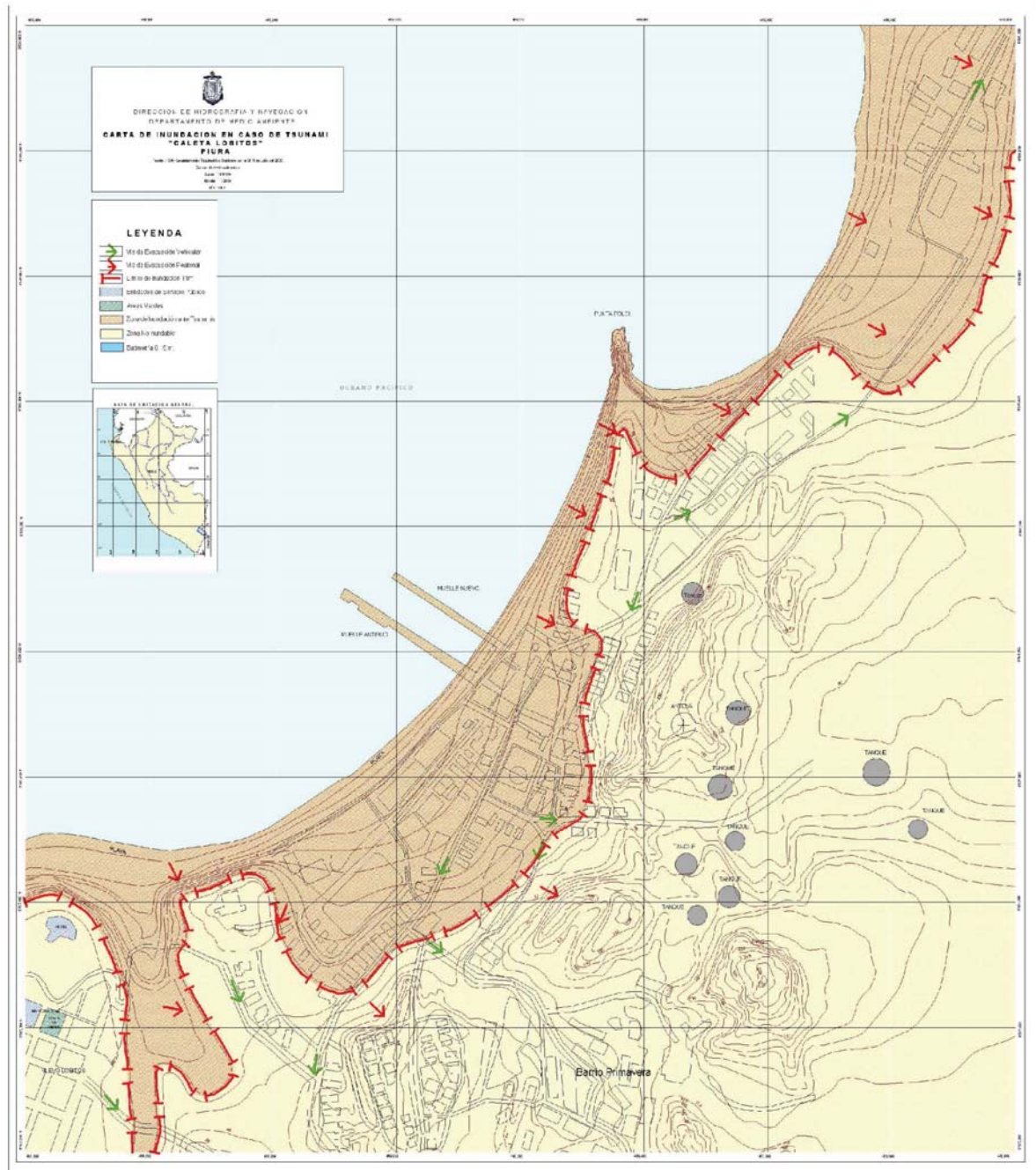
las futuras inundaciones la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, propuso cartas de inundaciones para los Puertos y balnearios siguientes: como Caleta Constante (figura 6.11), Caleta Lobitos (figura 6.12), Caleta Órganos (figura 6.13), Caleta Máncora (figura 6.14), Caleta Parachique (figura 6.15), Puerto Paita (figura 6.16) y Puerto Talara (figura 6.17), las que contribuyen a definir las zonas de inundación, vías de evacuación y zonas de refugio en caso de la ocurrencia de un Tsunami en todo el litoral del departamento de Piura.

Estas cartas serán útiles para la preparación de planes de emergencia y posterior realización de simulacros de evacuación para la protección de la población, con el objeto de mitigar los efectos del tsunami y por consiguiente reducir los daños materiales y pérdidas de vidas humanas, proponiendo además un crecimiento urbano ordenado y seguro de las zonas costeras bajas que son más vulnerables.



Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (2011)

Figura 6.11 Carta de inundación en caso de tsunami en la Caleta Constante – Sechura-Piura



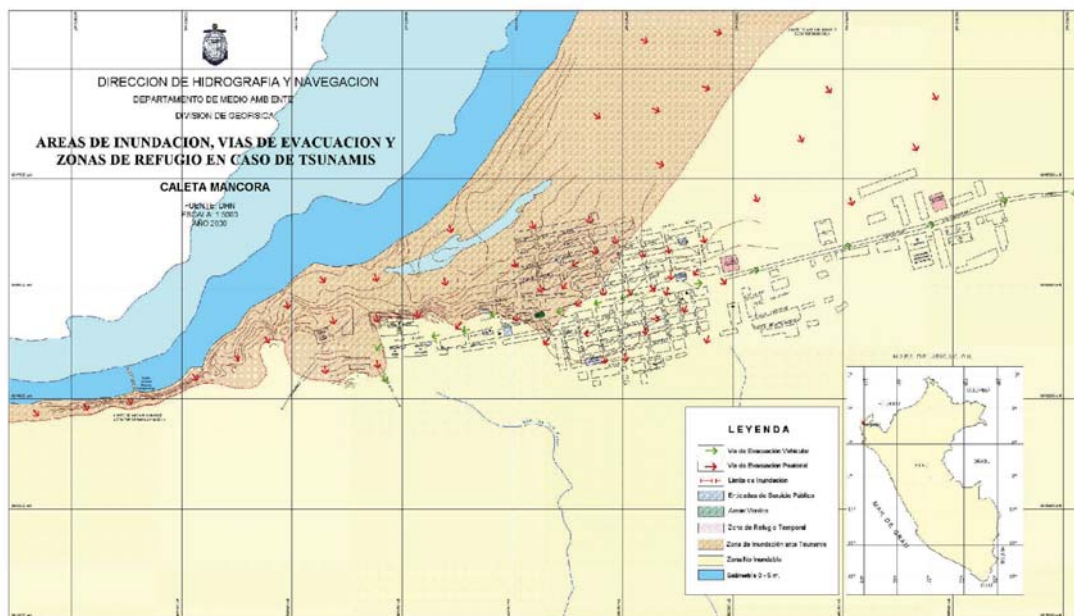
Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (2011)

Figura 6.12 Carta de inundación en caso de tsunami en la Caleta Lobitos – Piura



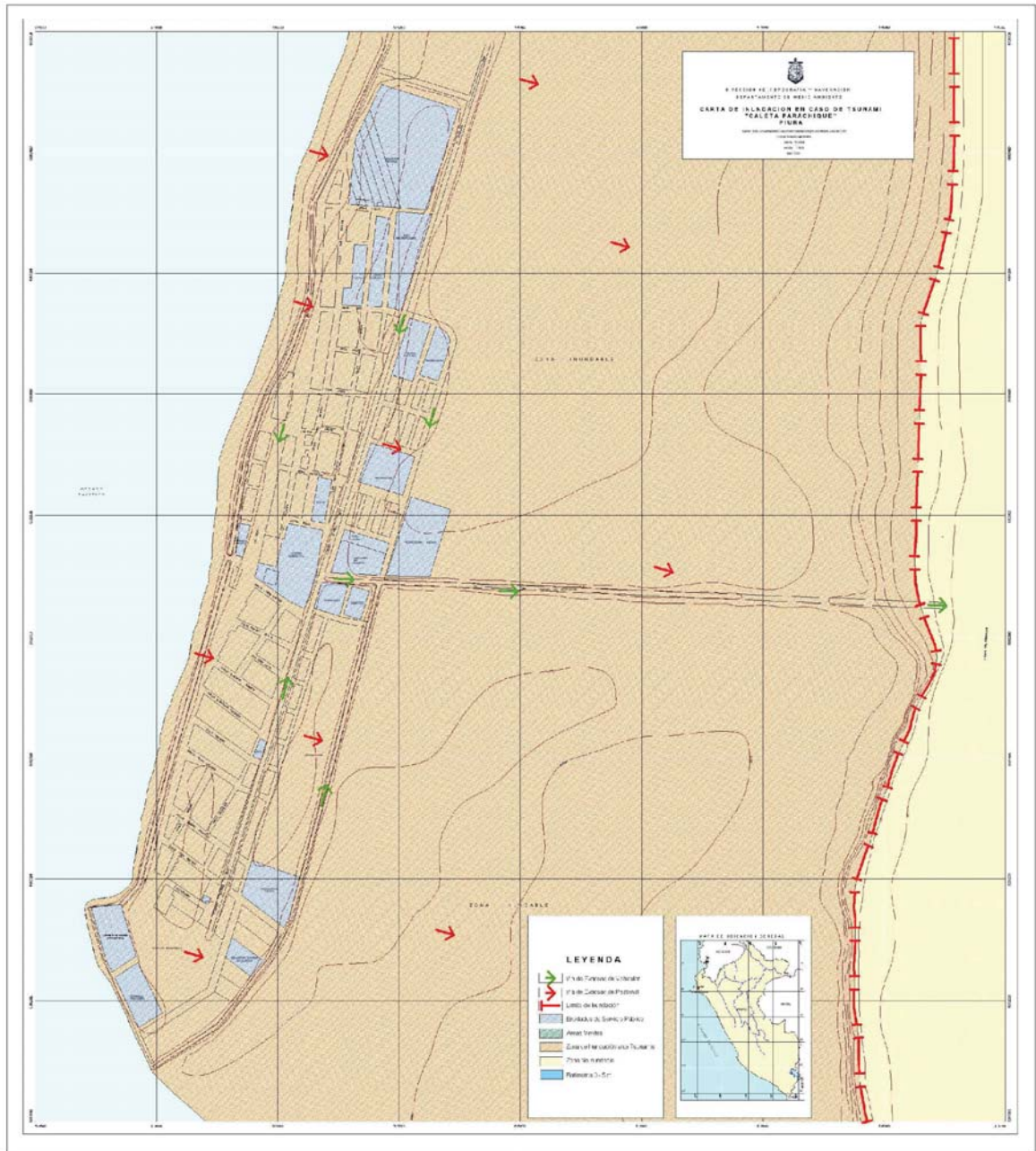
Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (2011)

Figura 6.13 Carta de inundación en caso de tsunami en la Caleta Órganos-Piura



Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (2011)

Figura 6.14 Carta de inundación en caso de tsunami en la Caleta Máncora-Piura



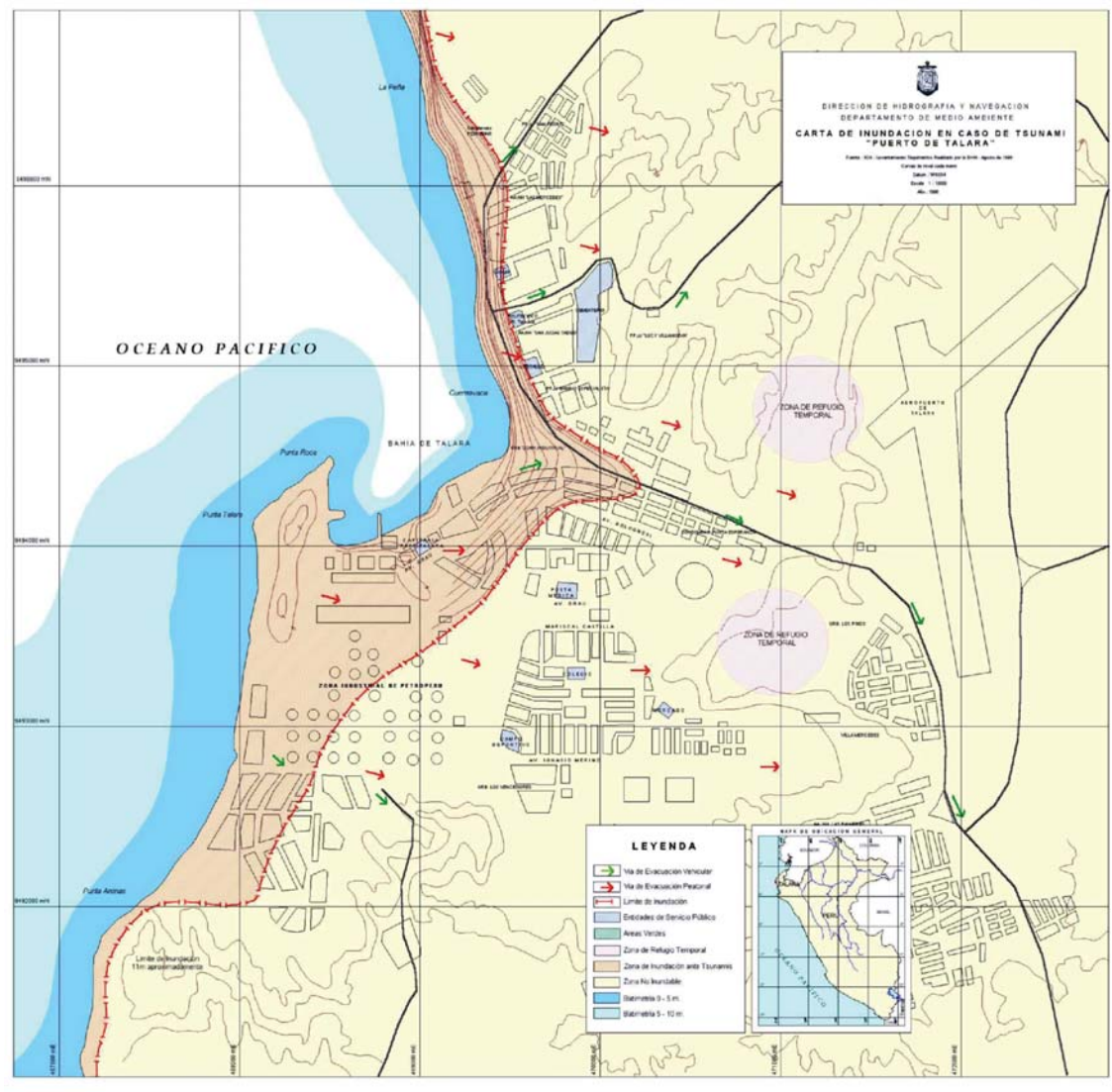
Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (2011)

Figura 6.15 Carta de inundación en caso de tsunami en la Caleta Parachique-Piura



Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (2011)

Figura 6.16 Carta de inundación en caso de tsunami en el Puerto Paita-Piura



Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (2011)

Figura 6.17 Carta de inundación en caso de tsunami en el Puerto Talara-Piura

CAPÍTULO VII

SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIONES Y EROSIÓN FLUVIAL

SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA

La susceptibilidad a los movimientos en masa está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico (movimiento en masa), expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos, pueden ser intrínsecos o externos.

En la construcción del mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa se tienen en cuenta una serie de variable o factores que tienen influencia en la ocurrencia de dichos fenómenos (Aguilar & Mendoza, 2002)

Para determinar los grados de susceptibilidad a escala regional en la región Piura, se ha utilizado el método basado en la categorización y ponderación de factores (**Método heurístico, indirecto y cualitativo**), cuyo objetivo principal es indicar y priorizar zonas donde las condiciones existentes hacen probable la ocurrencia de movimientos en masa.

El proceso de elaboración se inicia con la captura de los factores (mapas temáticos) relacionados con la ocurrencia de estos fenómenos. El inventario de movimientos en masa sirve para validar los modelos generados.

FACTORES CONDICIONANTES DE LA INESTABILIDAD Y DETERMINACIÓN DE SU PESO EN LA OCURRENCIA DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA

Los factores usados para el modelamiento de la susceptibilidad a los movimientos en masa han sido la pendiente del terreno, la geomorfología, litología, hidrogeología y la cobertura vegetal y uso del suelo.

De acuerdo a las observaciones de campo, a cada factor se le asigna un peso porcentual de forma cualitativa, según como se considera que influyen en la inestabilidad de los terrenos, esto basado principalmente en la experiencia del geólogo encargado de hacer el estudio de susceptibilidad. Es así que este valor o

peso, representa en cuanto influye dicho factor en la generación de movimientos en masa.

En el cuadro 7.1 se presentan los pesos en porcentaje asignados a cada uno de los factores usados en el análisis de la susceptibilidad.

Cuadro 7.1
Variables y porcentajes

Variable o factor	Porcentaje (%)
Litología (L)	35
Pendiente (P)	25
Geomorfología (G)	15
Cobertura vegetal y uso del suelo (CV)	10
Hidrogeología (H)	15
Total	100

Por otro lado, cada factor (mapa temático) se analiza independientemente para valorar las unidades cartográficas diferenciadas en cada uno de ellos. A continuación se presenta el análisis de cada variable.

Pendiente de los terrenos (P)

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

La pendiente como factor condicionante es un parámetro importante en la evaluación de todo tipo de proceso de movimientos en masa, para ello diversos autores consideran a ésta variable como fundamental en el análisis de susceptibilidad (Aguilar & Mendoza, 2002; Restrepo & Velazquez, 1997; Mora y Vahrson, 1994; Van Westen y Terlien, 1995).

Respecto a la relación pendiente versus movimientos en masa, existen algunas divergencias en su análisis. En general la relación entre movimientos en 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. Ocurre que cuanto mayor sea la pendiente, mayor debería ser la susceptibilidad a la rotura de la formación superficial. Sin embargo, se observa que a partir de los 45° ocurre lo contrario y la pendiente de la ladera es demasiado empinada para retener la formación superficial. Por esta razón a pendientes elevadas solo aflora el substrato rocoso y la posibilidad de aparición de roturas se reduce drásticamente (Ayala-Carcedo, 2002).

Densmore y Hovius (2000), revelan una alta frecuencia de pendientes naturales superiores a 40°, sin movimientos en masa, en áreas en las cuales ocurrieron movimientos en masa disparados por lluvias y sismos, los cuales significa que sobre estas pendientes son menos frecuentes los movimientos en masa. Thomas (1994), reseña diversos estudios en Estados Unidos y Japón, que aportan la relación entre movimientos en masa y pendientes, reporta que

en taludes menores o iguales a 20°, son aparentemente estables pero no pueden ser considerados 100% seguros durante eventos extremos; taludes entre 26 y 28° se caracterizan por su gran inestabilidad; entre 38 y 50°, son propicios (en Puerto Rico), para eventos de reflujos de escombros. En Japón son comunes en el rango de 35-50°.

El mapa de pendientes (mapa 4), se elaboró a partir de la información topográfica a escala 1: 100 000, del Instituto Geográfico Nacional (IGN), la cual fue procesada en el software ArcGis, versión 9.3, con la herramienta *Spatial Análisis*, modulo slope, a partir de un modelo de elevación de terreno (MED) con malla cada 50 m.

El mapa de pendientes, muestra que en las zonas de pendiente media a alta se registra la mayoría de problemas de movimientos en masa. En pendientes muy bajas o muy altas se ha registrado menor número de ocurrencia. En el cuadro 7.2 se muestran los valores asignados de acuerdo al grado de pendiente.

Cuadro 7.2
Valoración del tipo de pendiente

Rango de pendiente	Clase	Comentarios	Valor	Grado
<1°	Muy llanos	Es muy difícil que se generen movimientos en masa, pero son afectadas por eventos originados en las porciones adyacentes o superiores de mayor pendiente. Sin embargo, se debe considerar que debido a las precipitaciones pluviales intensas que caen en la zona norte del Perú, estos terrenos planos elevados se encuentran muy disectado por surcos, cárcavas y torrenteras por donde discurren flujo excepcionalmente. Son afectados por inundaciones, por ser terrenos con escaso drenaje.	1	Muy Baja
1°-5°	Suave	Áreas poco susceptibles a movimientos en masa, de inclinación suave, afectadas o cortadas por eventos que se generan en zonas más altas o de pendiente más inclinada, generalmente flujos.	1	Baja
5°-15°	Moderada	Conforman relieves inclinados, sus laderas presentan una susceptibilidad media a los movimientos en masa.	3	Media
15°-25°	Fuerte	Conforman relieves inclinados muy susceptibles a movimientos en masa.	5	Muy alta
25°-45°	Muy Fuerte	Caracterizado por presentar alta susceptibilidad a los movimientos en masa.	4	Alta
>45°	Muy escarpado	Son zonas abruptas, donde la ocurrencia de peligros dependerá de las condiciones intrínsecas de la roca (grado de fracturamiento y orientación, estratificación, etc.), así como, de los detonantes (lluvia, sismos). Se consideran poco susceptibles a los movimientos en masa.	2	Baja

Litología (L)

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

De esta manera, se ha realizado un análisis de las propiedades de las formaciones geológicas y depósitos superficiales; propiedades como el tipo y composición de la roca, origen y tipo de material superficial, fracturamiento, grado de meteorización y presencia de agua. Este análisis busca describir sus características geotécnicas

que pueden ser indicadores de su resistencia y susceptibilidad a los procesos erosivos y movimientos en masa.

La parte estructural considera los sistemas de discontinuidades presentes en la roca, como planos de debilidad (estratificación, pliegues, fallas y diaclasas), estructuras tectónicas presentes en el material, en las cuales se ha presentado desplazamiento relativo de masas (Simons, 1990). Su influencia en la susceptibilidad está gobernada por su rumbo, buzamiento (en relación al talud o inclinación de laderas), espaciamiento y continuidad, grado de actividad (fallas activas, etc.), entre otros (Suarez, 1998).

En el cuadro 7.3 se presentan los valores asignados a las diferentes unidades del mapa litológico (mapa 2).

Cuadro 7.3
Valoración de las unidades litológicas

Unidad	Subunidad	Nombre	Valoración	Grado
Sedimentos modernos (I)	1	Materiales poco consolidados	4	Alta
	2	Acumulaciones de arena	1	Muy alta
	3	Materiales consolidados	1	Muy baja
Rocas intrusivas (II)	1	Granitos y monzogranitos	4	Alta
	2	Granodioritas y tonalitas	3	Media
	3	Dioritas y gabros	1	Muy baja
Rocas volcánicas (III)	1	Tobas, tufos y derrames lávicos	2	Baja
	2	Lavas andesitas	1	Muy baja
	3	Brechas	4	Alta
Rocas volcano - sedimentarias (IV)	1	Flujos de roca volcánica y lavas intercaladas con areniscas, conglomerados y calizas	2	Baja
Rocas Sedimentarias (V)	1	Conglomerados, areniscas, lutitas, limolitas y lodolitas	2	Baja
	2	Areniscas, conglomerados	1	Muy baja
	3	Calizas, areniscas calcáreas, calcilutitas, limolitas y conglomerados	1	Muy baja
	4	Areniscas, cuarcitas y lutitas	1	Muy baja
	5	Areniscas y lutitas	1	Muy baja
	6	Calizas, calizas margosas	1	Muy baja
	7	Areniscas calcáreas	1	Muy baja
Rocas Metamórficas (VI)	1	Esquistos	4	Alta
	2	Gneis	1	Muy baja
	3	Filitas, pizarras y cuarcitas	3	Media
	4	Esquistos, pizarras y cuarcitas	2	Baja

Geomorfología (G)

El aspecto geomorfológico generalmente es tomado en cuenta como aspecto de pendiente. Sin embargo, las unidades geomorfológicas diferenciadas en el presente estudio, para los objetivos perseguidos, se les considera muy importantes, como factores condicionantes de la susceptibilidad.

Las unidades diferenciadas en el mapa geomorfológico (mapa 5), se valorizaron de acuerdo a la ocurrencia de movimientos en

masa registrados en el inventario. Según esto, las geoformas de montañas en rocas intrusivas, montañas en rocas volcánico-sedimentarias, montañas en rocas volcánicas y montañas en rocas metamórficas (Piura), son las más susceptibles. En el cuadro 7.4 se presenta los valores asignados a cada una de las unidades diferenciadas en el mapa geomorfológico.

Cuadro 7.4
Valoración de las unidades geomorfológicas

Geoforma	Unidad	Subunidad	Valoración
De carácter tectónico-degradacional y erosional	Montañas	Relieve montañoso en rocas intrusivas	3
		Relieve montañoso en rocas volcánicas	4
		Relieve montañoso en rocas volcánico-sedimentarias	5
		Relieve montañoso en rocas metamórficas	4
		Relieve montañoso en rocas sedimentarias	3
		Montaña estructural	2
	Colinas	Relieve de colinas y lomadas en rocas intrusiva	3
		Relieve de colinas y lomadas en rocas volcánica	3
		Relieve de colinas y lomadas en rocas volcánico-sedimentarias	5
		Relieve de colinas y lomadas en rocas metamórficas	4
		Relieve de colinas y lomadas en rocas sedimentarias	2
		Colinas estructurales	1
	Planicies y depresiones	Montes isla	1
Relieve depresionado		1	
De carácter deposicional y agradacional	Piedemontes	Altiplanicie o meseta andina	2
		Piedemonte coluvio-deluvial	3
		Piedemonte aluvio-torrencial	4
		Piedemonte aluvial	3
		Abanicos de piedemonte	3
		Vertiente de detritos	2
		Morrenas	2
	Planicies y depresiones	Valle fluvial y terrazas indiferenciadas	1
		Llanura aluvial o cauce inundable	1
		Terrazas aluviales	1
		Islas	1
		Mantos de arena	1
		Cordón de dunas	1
		Llanura o planicie costera	1
		Llanura disectada	3
		Faja litoral	1
	Cuerpos de agua	Estuario	1
		Lagunas, embalses de agua y cuerpos de agua	1

Hidrogeología (H)

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

Las precipitaciones pluviales, durante varios días consecutivos o con pocos días de diferencia, pueden producir acumulación de agua subterránea, debido que el talud o ladera no ha drenado el agua filtrada; 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.

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).

La cantidad de agua que se infiltra en la tierra queda determinada además de la cantidad, intensidad y tipo de precipitación, estructura geológica (fracturamiento), la pendiente del terreno, cantidad y tipo de vegetación, 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 terreno se dan dos tipos de flujo de agua subterránea: intergranular (a través de los poros en formaciones aluviales, coluviales, etc.) y a través de fisuras (rocas). El flujo de agua tiende a ser más a lo largo de las fisuras, conductos o juntas especialmente en suelos residuales. Respecto al flujo en rocas y suelos residuales se pueden señalar las siguientes premisas:

- En rocas volcánicas a veces su porosidad es muy grande, pero sus poros no necesariamente están intercomunicados. El agua corre a través de grietas formadas al enfriarse y entre los derrames lávicos sucesivos.
- Las rocas ígneas y metamórficas pueden ser las menos saturadas y la poca agua presente procede de sus fracturas.

- Las areniscas y rocas sedimentarias permeables son formaciones acuíferas importantes y presentan grandes flujos de agua especialmente, en la dirección de la estratificación.
- En calizas, su porosidad depende mucho de su disolución interna, pero cuando ésta es importante, da lugar a abundantes manantiales, ríos subterráneos, etc.
- En suelos residuales existe una relación del régimen de aguas subterráneas con la presencia de discontinuidades de tipo geológico. Los suelos de origen ígneo y metamórfico almacenan poca agua y en ellos las corrientes de agua están relacionadas comúnmente, con fallas de origen tectónico. Es un caso común en formaciones residuales, que un talud posea capas alternadas de materiales permeables y casi impermeables que generan concentraciones de flujo sobre ciertos planos que pueden ser o llegar a ser planos críticos de falla.

De acuerdo a las concepciones teóricas expuestas, la diferenciación de unidades litológicas en el mapa hidrogeológico, en función de su permeabilidad², y de las observaciones efectuadas en campo para las diferentes unidades de roca y suelo, se ha considerado cuatro grados de susceptibilidad (alta, media, baja y muy baja).

En el análisis de esta variable, se ha tomado en cuenta la capacidad de almacenamiento de agua de cada unidad hidrogeológica. Las unidades con mayor contenido de agua (mapa 3) son más susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa, a excepción de los depósitos no consolidados como los aluviales, eólicos y fluviales ubicados en la parte baja de la región. En el cuadro 7.5, se muestra la valoración asignada.

Cuadro 7.5
Valoración de las unidades hidrogeológicas

Unidad	Clasificación	Grado	Calificación
Acuíferos	Poroso no consolidado	Media	2
	Sedimentario	Media	2
	Fisurado sedimentario	Media	2
	Fisurado volcánico	Baja	1
	Fisurado volcánico	Media	2
Acuitardo	Sedimentario	Alta	3
	Volcánico	Media	2
	Volcánico sedimentario	Alta	3
	Intrusivo	Media	2
Acuicludo	Metamórfico	Alta	3
Acuifugo	Intrusivo y metamórfico	Muy baja	0

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

Cobertura vegetal y uso del suelo (CV)

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

La utilización de un área para un determinado uso, ya sea agrícola, de reserva forestal, ganadería, industrial extractivo o urbano, modifica o conserva las condiciones naturales de estabilidad, influye en la aceleración de los procesos erosivos y amplía el radio de acción de los fenómenos de movimientos en masa.

La información evaluada se obtuvo a partir del mapa de cobertura vegetal y uso del suelo; el cual se elaboró teniendo como base el mapa forestal del Perú (Instituto Nacional de Recursos Naturales, 1996). La valoración de este parámetro se ha realizado de acuerdo a la disposición de cada subunidad del mapa de cobertura vegetal y uso del suelo (mapa 1) a la ocurrencia de movimientos en masa. En el cuadro 7.6 se presenta la valoración asignada.

Cuadro 7.6
Valoración de las unidades de cobertura vegetal y uso del suelo

Unidad	Subunidad	Valoración
Bosques	Algarrobal ribereño	1
	Bosque húmedo	3
	Bosque seco	4
	Bosque subhúmedo	3
Matorrales	Matorral húmedo	4
	Matorral subhúmedo	3
	Matorral seco	2
Áreas Naturales	Bofedal	3
	Páramo	3
	Desierto costero	1
Zona intervenida	Cultivos	3
	Zona urbana	1

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA

Este mapa fue el resultado de la integración de las variables o factores analizados, mediante el uso del software ArcGis 9.3, empleando la siguiente fórmula:

$$SMM = SL (0.35) + SP (0.25) + SG (0.15) + SH (0.15) + SCV (0.10)$$

5

En donde:

- SMM : Susceptibilidad a los movimientos en masa
- SL : Susceptibilidad del parámetro litología
- SP : Susceptibilidad del parámetro pendiente
- SG : Susceptibilidad del parámetro geomorfología
- SH : Susceptibilidad del parámetro hidrogeología
- SCV : Susceptibilidad del parámetro cobertura vegetal y uso del suelo

Como resultado de este análisis, se obtiene el mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa (mapa 8), con los siguientes grados de susceptibilidad:

GRADOS DE SUSCEPTIBILIDAD

Muy baja susceptibilidad

Estas áreas presentan en general una topografía plana algo ondulada con pendientes bajas a muy bajas, se tienen depósitos superficiales de material consolidado y no consolidado, como los depósitos eólicos; y el substrato rocoso constituido por rocas sedimentarias (areniscas, conglomerados, limolitas y arcillitas), poco fracturadas. Los movimientos en masa son inexistentes o muy raros ya que las características intrínsecas de los terrenos hacen difícil su ocurrencia.

Los movimientos en masa que se pueden producir son del tipo flujos de lodo, resultado de las grandes acumulaciones de agua producto de las precipitaciones pluviales excepcionales que se producen en el norte del Perú cuando se presenta el fenómeno de El Niño; los terrenos planos se saturan y no pueden infiltrar toda el agua precipitada, la cual se concentra, forma escorrentías, y produce erosión de los terrenos, formando pequeñas incisiones a manera de surcos, los cuales evolucionan a cárcavas y torrenteras, por donde se movilizan los materiales sueltos como arenas, limos y arcillas acumuladas durante largos periodos de aridez a manera de flujos de lodo.

Esta zona de muy baja susceptibilidad, también puede ser alcanzada por las porciones terminales o frentes de flujos generados en zonas ubicadas a mayor altitud, estos flujos se depositan en estas zonas planas.

Dichas áreas corresponden a la zona de pampas costaneras con pendientes menores de 5°, ubicadas en el lado oeste de la región, el borde litoral y las terrazas altas de los ríos Piura y Chira, también incluyen las terrazas estructurales (conocidos como Tablazos). Estos terrenos se pueden considerar relativamente estables, siendo el único problema la erosión de la cobertura de suelo y la formación local de algunas torrenteras por lluvias excepcionales, donde puede discurrir flujos o causar inundaciones en algunas zonas urbanas.

Evaluar procesos geohidrológicos circundantes (inundación y erosión fluvial), en las áreas de escorrentía, generación de flujos de detritos u otros movimientos en masa en sus zonas marginales.

En el mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa se muestran las zonas de muy baja susceptibilidad en color verde claro.

Baja susceptibilidad

Las condiciones intrínsecas del terreno no son propensas a generar movimientos en masa.

Estas áreas presentan una topografía plano-ondulada con pendientes muy bajas a medias en algunos sectores, se tienen depósitos de materiales superficiales consolidados y no consolidados, el substrato está constituido por rocas sedimentarias (areniscas, limolitas, arcillitas y conglomerados). Se incluyen a las unidades geomorfológicas de lomadas, el margen izquierda del valle del río Chira, las terrazas estructurales (tablazos) y planicie costera.

Algunas zonas son relativamente inestables, aquí se localizan obras de infraestructura vial muy importantes las cuales son seriamente dañadas por los flujos de lodo y huaicos originados en zonas de mayor altitud, durante periodos de lluvia excepcionales asociadas al fenómeno de El Niño; se tiene que tener en cuenta que muchos de estos flujos se forman en zonas de susceptibilidad media a alta y las áreas más afectadas resultan ser las zonas bajas de pendiente casi nula, que es donde llegan a depositarse estos flujos. Asociado a estas lluvias excepcionales se dan procesos de erosión en laderas, márgenes de quebradas y ríos que afectan directamente a puentes, pontones, alcantarillas y distintas infraestructuras de riego. También se pueden producir derrumbes y deslizamientos en taludes locales, los cuales no son diferenciados en el análisis por el factor de escala, consecuencia directa de la base topográfica usada; además se tienen derrumbes por modificación de las laderas al realizarse cortes para construir carreteras.

Permitir el desarrollo de infraestructura siempre y cuando se incorporen las recomendaciones del estudio de diseño para hacer viable cualquier proyecto, o adaptarse a las condiciones del terreno.

Están representados en el mapa de susceptibilidad los movimientos en masa en color verde oscuro.

Media susceptibilidad

Estas áreas presentan pendientes bajas a medias ($5^\circ - 15^\circ$), se encuentran depósitos de material superficial inconsolidado y consolidado, substrato de rocas sedimentarias (areniscas, conglomerados, limolitas, lutitas y calizas), rocas intrusivas (granodioritas, gabros) y metamórficas (esquistos, gneis),

fracturadas y alteradas, expuestas a grandes periodos de sequía; la red de drenaje es muy densificada la cual se activa totalmente en los periodos de lluvia excepcional (fenómeno de El Niño), las cuales transporta flujos de lodo y de detritos (huaicos).

Estas áreas catalogadas como de moderada susceptibilidad, pueden ser afectadas por movimientos en masa de grandes magnitudes (flujos), pero generalmente permanecen estables por largos periodos de tiempo, mientras no se presente un detonante (lluvias generalmente) que los active.

Se incluye dentro de esta zona a la unidades geomorfológicas de lomadas, colinas altas, bajas y estructurales, parte de la montaña y zona sub-andina, las cuales se encuentran cubiertas por vegetación de tipo arbustiva, bosque y páramo, en donde la deforestación se convierte en el punto de partida de los procesos de erosión de laderas y flujos; los derrumbes ocurren localmente hacia la cara libre de las quebradas y cursos de ríos principales, por la socavación lateral producida por los caudales que discurren por sus cauces.

Se ubican principalmente a lo largo de los valles de los ríos Piura y Chira, ocupando terrazas que tiene una historia geodinámica muy activa; a lo largo de las quebradas Samán, del Carbón, Ancha, Acholada, entre otras importantes que se encuentran disectando la planicie costera; en las laderas medias de la Silla de Paita, los Illescas y en la zona de montañas del lado este de la región.

Dentro de esta zona se localizan las localidades de Suyo, Paimas, Salitral, Jililí, Máncora, Los Órganos, Talara y Tunal.

Es probable que cuando se construyan obras de infraestructura en estas áreas, se generen movimientos en masa, por lo que se recomienda un estudio geodinámico antes de llevar a cabo algún proyecto.

Están representados en el mapa de susceptibilidad los movimientos en masa en color amarillo.

Alta susceptibilidad

Confluyen la mayoría de condiciones del terreno favorables a generar movimientos en masa, cuando se modifican sus taludes. Colinda con zonas de muy alta susceptibilidad en la zona de cordillera occidental.

Estas áreas comprenden topografías con pendientes medias a muy fuerte ($15^\circ - 45^\circ$), se encuentran ocupando las laderas de montañas y colinas altas; se tienen depósitos de material superficial inconsolidado que constituyen terrazas aluviales y abanicos proluviales y aluviales, el substrato rocoso está conformado por rocas volcánico-sedimentarias (areniscas, lutitas, andesitas), rocas

intrusivas (granodiorita, granito, tonalita) y rocas volcánicas (andesitas), las cuales se encuentran muy fracturadas y alteradas a suelos arcillo-limosos, limo-arcillosos y areno-limosos.

Dichas áreas comprenden las laderas de los cerros Amotapes, Illescas, laderas de montañas donde se ubican las localidades de Canchaque, Sicches, Ayabaca, Montero, Buenos Aires, Sapillica y Huarmaca.

Estas áreas son poco estables y susceptibles a los movimientos en masa (deslizamientos, caídas de rocas, derrumbes, movimientos complejos, flujos de lodo, huaicos y procesos de erosión de laderas); la susceptibilidad de esta zona aumenta por la pérdida de la cobertura vegetal cuando se realiza la tala de bosques para aprovechamiento del suelo, como terrenos de cultivo, además se encuentra una gran cantidad de derrumbes a lo largo de taludes de corte de carretera que desestabilizan las laderas.

Se debe restringir el desarrollo de infraestructura urbana o de instalaciones para una alta concentración de población. En el caso de infraestructura vial, líneas de energía, actividad minera, etc., se deben de realizar estudios geotécnicos de detalle.

Están representados en el mapa de susceptibilidad los movimientos en masa en color anaranjado.

Muy alta susceptibilidad

Presentan condiciones del terreno muy favorables para que se generen movimientos en masa. Se concentran donde ocurrieron deslizamientos en el pasado, también se tienen ocurrencias recientes.

Estas áreas presentan pendientes fuertes a muy fuertes (15°-45°), sustrato de rocas volcánicas (andesitas), volcánico-sedimentarias (andesitas, areniscas, lutitas, limolitas) e intrusivas (granitos, granodioritas, tonalita) muy fracturadas y meteorizadas a suelos de tipo arcillo-limoso, areno-limoso. Dentro de esta zona se produce la mayor cantidad de movimientos en masa (deslizamientos, caídas, flujos y movimientos complejos), además de procesos de erosión de laderas.

Los taludes de corte de carretera presentan problemas de derrumbes y caídas de rocas, por el alto grado de fracturamiento de la roca y la elevada pendiente de las laderas, a las cuales se les puede considerar inestables.

Dentro de esta zona se encuentran las localidades de Huancabamba, Bigote, Frías, Lagunas, Sondor, Sondorillo, Yamango y Tunal.

Se debe prohibir el desarrollo de toda infraestructura, sin el conocimiento geológico detallado previo. Son necesarios los

estudios geológicos-geotécnicos al detalle para el desarrollo y construcción de infraestructura de cualquier tipo (carreteras, puente, presas, hidroeléctricas) o habilitación urbana.

Esta zona está representada en el mapa de susceptibilidad con color rojo.

SUSCEPTIBILIDAD A LAS INUNDACIONES Y EROSIÓN FLUVIAL

Uno de los principales peligros que afectan al territorio de la región Piura, son las inundaciones, combinados con procesos de erosión fluvial.

Estas se producen por desbordes de los ríos de orden mayor, caso Chira, Piura y Huancabamba; también en quebradas secas que se activan cuando se presenta el fenómeno de El Niño, es el caso de las quebradas Honda, Pariñas, Samán, Ubillus, Monte Lima, Huallacal, Peroles, Ancha, Acholada, Songora, Songorita, Carbón, del Billar y Cardo Grande.

Uno de los aspectos fundamentales, en el análisis de la susceptibilidad a las inundaciones es la geomorfología. Está 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. 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).

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A LAS INUNDACIONES

El análisis de la susceptibilidad a las inundaciones se basa principalmente en la caracterización geomorfológica, apoyada en la interpretación de imágenes y trabajo de campo; y en general, en la utilización de mapas geomorfológicos y de pendientes.

Las variables usadas, la forma de obtención de cada mapa, así como los pesos ponderados asignados a cada factor (mapa) se presentan en el cuadro 7.7. Los pesos asignados a las unidades geomorfológicas diferenciadas en cada mapa, en relación a las inundaciones se presentan en los cuadros 7.8 y 7.9.

Cuadro 7.7
Ponderación de variables en el análisis de la susceptibilidad a las inundaciones

Variables	Descripción	Obtención	Peso (%)
Pendiente	Rangos de pendientes de los terrenos, expresado en grados (0°-90°).	Modelo digital de elevaciones, obtenido con el SIG a partir de mapas topográficos a escala 1: 100 000 con equidistancia de curva cada 50 m.	60
Geomorfología	Unidades geomorfológicas de acuerdo a su amplitud de relieve, altura relativa, pendiente y asociación morfogenética.	Interpretación de imágenes satelitales, cartas topográficas y control de campo a escala 1:100 000.	40

Cuadro 7.8
Valoración de las unidades geomorfológicas a la inundación

Geoforma	Unidad	Subunidad	Valoración
De carácter tectónico-degradacional y erosional	Montañas	Relieve montañoso en rocas intrusivas	1
		Relieve montañoso en rocas volcánicas	1
		Relieve montañoso en rocas volcánico-sedimentarias	1
		Relieve montañoso en rocas metamórficas	1
		Relieve montañoso en rocas sedimentarias	1
		Montaña estructural	1
	Colinas	Relieve de colinas y lomadas en rocas intrusiva	1
		Relieve de colinas y lomadas en rocas volcánica	1
		Relieve de colinas y lomadas en rocas volcánico-	1
		Relieve de colinas y lomadas en rocas metamórficas	1
		Relieve de colinas y lomadas en rocas sedimentarias	1
		Colinas estructurales	1
		Montes isla	1
Planicies y depresiones	Relieve depresionado	5	
	Altiplanicie o meseta andina	4	
De carácter deposicional y agradacional	Piedemontes	Piedemonte coluvio-deluvial	1
		Piedemonte aluvio-torrencial	2
		Piedemonte aluvial	3
		Abanicos de piedemonte	2
		Vertiente de detritos	1
		Morrenas	1
	Planicies y depresiones	Valle fluvial y terrazas indiferenciadas	5
		Llanura aluvial o cauce inundable	5
		Terrazas aluviales	4
		Islas	5
		Mantos de arena	1
		Cordón de dunas	1
		Llanura o planicie costera	3
		Llanura disectada	3
		Faja litoral	1
	Cuerpos de agua	Estuario	3
		Lagunas, embalses de agua y cuerpos de agua	3

Cuadro 7.9
Valoración del tipo de pendiente

Rango de pendiente	Clase	Comentarios	Valor	Grado
0 - 1°	Terrenos llanos	Áreas muy susceptibles a inundaciones.	5	Muy alta
1° - 5°	Pendiente suave	Áreas medianamente susceptibles a inundaciones	3	Alta
5° - 15°	Pendiente moderada	Áreas donde no se presentan inundaciones.	1	Muy baja
15° - 25°	Pendiente fuerte		1	Muy baja
25° - 45°	Pendiente escarpada		1	Muy baja
> 45°	Terrenos muy escarpados		1	Muy baja

La inundación y erosión fluvial, además de influir otros factores netamente geomorfológicos y dinámicos, ocurren usualmente en terrenos de suave pendiente (< 1° y entre 1° y 5°), de ahí que estos terrenos se consideren de alta susceptibilidad a las inundaciones.

GRADOS DE SUSCEPTIBILIDAD

El mapa de susceptibilidad a las inundaciones se elaboró utilizando el software ArcGis 9.3, en donde se empleó la siguiente fórmula:

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

En donde:

- SI : Susceptibilidad a las inundaciones
 SGI : Susceptibilidad del parámetro geomorfología a las inundaciones
 SPI : Susceptibilidad del parámetro pendiente a las inundaciones

Las características de los diferentes rangos de susceptibilidad a las inundaciones (mapa 9), se describen y detallan en el cuadro 7.10.

Las áreas sujetas a inundaciones y erosión fluvial con mayor intensidad, en la región Piura, están localizadas en la parte baja de

las cuencas de los ríos Piura y Chira, donde se tienen una topografía de baja pendiente y sobre todo porque existe una amplia llanura de inundación, donde las inundaciones y erosión fluvial de las márgenes y terrazas se producen por aumentos en el caudal de agua, relacionado estrechamente a las precipitaciones pluviales excepcionales caídas en la región durante el fenómeno de El Niño, por lo tanto la intensidad de estos eventos depende de la intensidad que presente este evento.

Otros sectores que son afectados por inundaciones y erosión fluvial, se encuentran en el río Olmos, en el tramo que sirve de límite entre las regiones Piura y Lambayeque; también a lo largo de quebradas de régimen irregular normalmente secas, ubicadas en terrenos plano-ondulados, que también son activadas por estos cambios climáticos, produciendo desgaste de las márgenes.

Asimismo, se pueden producir inundaciones de centros urbanos también ubicados en terrenos planos, cuando las precipitaciones pluviales son extremadamente intensas y forman torrenceras por escurrimiento superficial concentrado o lineal y afectan toda construcción a su paso al no contarse con adecuados sistemas de drenaje.

Cuadro 7.10
Susceptibilidad a las inundaciones

Categoría de susceptibilidad	Descripción
Alta	<p>Terrenos que corresponden a llanuras de inundación ocasional a excepcional en la cuenca media-baja de los ríos principales.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Río Chira: inundaciones con precipitaciones ocasionales y excepcionales, en la cuenca baja, afecta terrenos plano-ondulados y la llanura de inundación. - Río Piura: inundaciones a lo largo de todo su valle, donde se ven afectados zonas de llanuras inundables, terrazas aluviales y abanicos aluviales de baja pendiente. - Inundaciones y erosión fluvial con precipitaciones pluviales periódicas y excepcionales a lo largo de valles de la zona de montañas (río Quiroz, Chipillico, Chignia, Huancabamba y Olmos). - Los procesos de inundaciones son observados también a lo largo de planicie alta denominada meseta andina y relieve depresionado en la costa. <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>
Media	<p>Inundaciones con precipitaciones ocasionales y excepcionales a lo largo de terrenos bajos adyacentes a la llanura de inundación, conformado por terrazas bajas, también en torrenteras, quebradas y ríos de la cuenca baja. Áreas sujetas a inundación y erosión fluvial con precipitaciones pluviales excepcionales (valle del río Quiroz).</p> <p>Erosión fluvial con precipitaciones pluviales excepcionales en quebradas y valles de zonas plano onduladas y montañosas (río Samán y quebradas de régimen excepcional en la cuenca baja).</p> <p>Inundaciones en terrenos plano-ondulados donde se ubican poblados importantes (Sullana, Las Lomas, etc.).</p> <p>Procesos de inundación pluvial en un inicio, luego por concentración de escorrentía se forman cursos de agua a través de terrenos planos ondulado de la planicie costera y terrazas antiguas levantadas.</p>
Baja	<p>Terrenos bajos adyacentes a la llanura de inundación, terrazas, vertientes de suave inclinación, valles fluviales y ríos secundarios. Terrenos levemente inclinados, mal drenados inundados en periodos de lluvia excepcional.</p>
Nula	<p>Vertiente de laderas inclinadas y cóncavas de montañas y colinas; terrazas antiguas elevadas.</p>

CAPÍTULO VIII

ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE PROBLEMAS GEODINÁMICOS

GENERALIDADES

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

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

- La litología que caracteriza al substrato puede estar dominada por fracturamientos, que resultan de esfuerzos y otros procesos; además, si el macizo rocoso está meteorizado, la roca es de mala calidad. Por otro lado, la alternancia de rocas con diferente competencia, como por ejemplo los conglomerados o las areniscas intercalados con limolitas y lutitas (formaciones Chira y Verdúm), puede generar movimientos en masa (intercalación de rocas fuertes y rocas débiles).
- Los suelos o depósitos superficiales como los coluviales y residuales cubren las laderas con ángulos de 5 a 35°; se presentan poco compactados, son susceptibles a la generación de fenómenos de movimiento en masa, por ejemplo, cuando se realizan cortes de talud (construcción de caminos, canales y otros). Existen también depósitos de tipo aluviales que al ser erosionados pueden generar derrumbes y deslizamientos.
- Las pendientes naturales del terreno pueden ser desde muy bajas (< 5°) en fondos de valles, terrazas y terrenos planos ondulados; o tener valores bajos (2-20°) en laderas con pendiente baja en colinas y montañas, y pendientes medias a muy altas (> 20°) en laderas de montañas, acantilados y escarpas de valles. Las zonas donde se presentan la mayor cantidad de movimientos en masa son las últimas.
- Las lluvias de gran intensidad—sean de corta, moderada o de larga duración—se infiltran y ocasionan el incremento de la presión intersticial; así el peso unitario de los materiales humedecidos incrementa el grado de inestabilidad de los materiales de las laderas. La región se caracteriza por presentar gran parte del tiempo un clima árido, condición que cambia a extremadamente lluvioso cuando se presenta el fenómeno de El Niño, haciendo que los terrenos o suelos pierdan estabilidad y se generen fenómenos de movimientos en masa.

- Las aguas de escorrentía originan erosión de fondo y lateral, así como desestabilización de las márgenes; ocurren también desprendimientos que incrementan material suelto en los lechos de las quebradas y valles, los cuales generan los flujos o huacos cuando hay lluvias fuertes.
- Los tipos de cobertura vegetal existentes en la cuenca, así como, el grado de intervención al cual están sujetos determinan el nivel de protección que presentan las laderas.

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

- Cuando se construyen viviendas o se habilitan áreas donde hay cultivos, el suelo se altera y pierde su perfil.
- La deforestación se origina por la demanda de áreas de terreno cultivable o por la extracción de madera, ocasionando la pérdida de cobertura natural de los suelos que provee protección.
- Modificación de los taludes por la construcción de carreteras que permiten la comunicación con las diferentes comunidades que se encuentran en la zona.
- El uso de un sistemas de riego inadecuado; cuando el riego es en exceso produce la sobresaturación de los terrenos, haciéndolos susceptibles a la generación de movimiento en masa.
- Modificación y/o pérdida del perfil del suelo, vegetación y drenaje superficial durante las operaciones mineras: desmonteras, relaveras, construcción e carretera, campamentos, oficinas, etc.

MEDIDAS PREVENTIVAS Y/O CORRECTIVAS

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

En esta sección se dan algunas propuestas generales de solución para la región, con la finalidad de minimizar las ocurrencias de deslizamientos, derrumbes, caídas de rocas, flujos, procesos de

erosiones de laderas, entre otros; así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

Medidas para deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas

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

a) Corrección por modificación de la geometría del talud

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

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

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

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

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

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

Construcción de escolleras en el pie del talud. Puede efectuarse en combinación con el descabezamiento del talud o como medida independiente (figuras 8.1 y 8.2).

El peso de la escollera en el pie del talud se traduce en un aumento de las tensiones normales en la parte baja de la superficie del deslizamiento, lo que aumenta su resistencia. Este aumento depende del ángulo de rozamiento interno en la parte inferior de la superficie del deslizamiento. Si es elevado, el deslizamiento puede producirse por el pie y es más ventajoso construir la escollera encima del pie

del talud, pudiéndose estabilizar grandes masas deslizantes mediante pesos relativamente pequeños de escollera. Si el ángulo de rozamiento interno es bajo, el deslizamiento suele ocurrir por la base y es también posible colocar el relleno frente al pie del talud. En cualquier caso, el peso propio de la escollera supone un aumento del momento estabilizador frente a la rotura. Por último, cuando la línea de rotura se ve forzada a atravesar la propia escollera, esta se comporta además como un elemento resistente propiamente dicho.

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

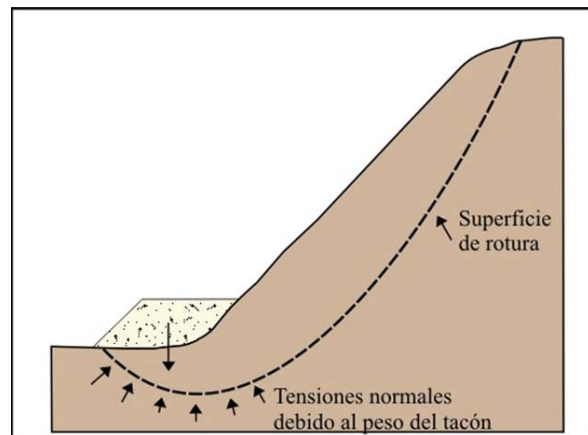


Figura 8.1 Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno (tomado de INGEMMET, 2000)

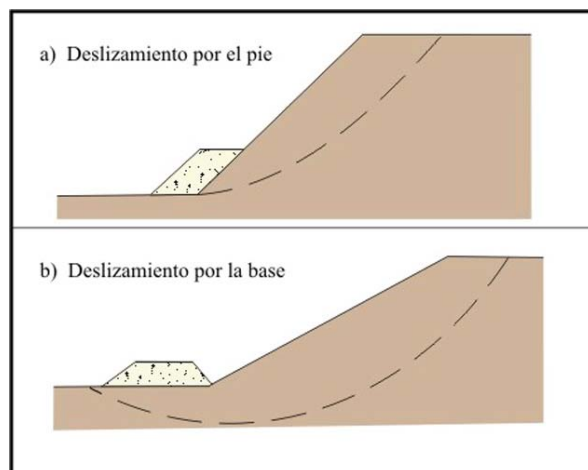


Figura 8.2 Colocación de escollera (tomado de INGEMMET, 2000)

Tratamiento de taludes con escalonamiento (figura 8.3), es una medida que puede emplearse tanto cuando un talud está comprometido por un deslizamiento o antes de que este se produzca. Su uso es aconsejable porque facilita el proceso constructivo y las operaciones del talud, retiene las caídas de fragmentos de roca —indeseables en todos los casos— y si se coloca en ellos zanjas de drenaje entonces se evacuará las aguas de escorrentía, disminuyendo su efecto erosivo y el aumento de las presiones intersticiales.

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

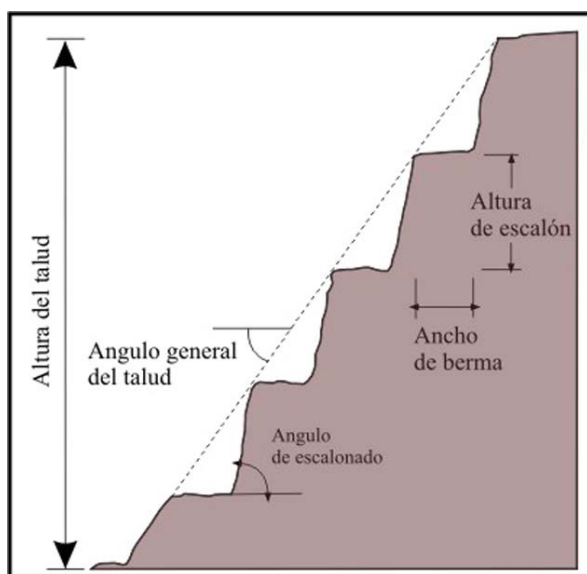


Figura 8.3 Esquema de un talud con bermas intermedias (tomado de INGEMMET, 2000)

b) Corrección por drenaje

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

Las medidas de drenaje son de dos tipos:

Drenaje superficial. Su fin es recoger las aguas superficiales o aquellas recogidas por los drenajes profundos y evacuarlas lejos del talud, evitándose su infiltración (figura 8.4).

Las aguas de escorrentía se evacuan por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no y aproximadamente paralelas al

talud. Estas deben situarse a poca distancia de la cresta del talud y detrás de la misma, de manera que eviten la llegada del agua a las grietas de tensión que podrían existir o no. El cálculo de la sección debe hacerse con los métodos hidrológicos.

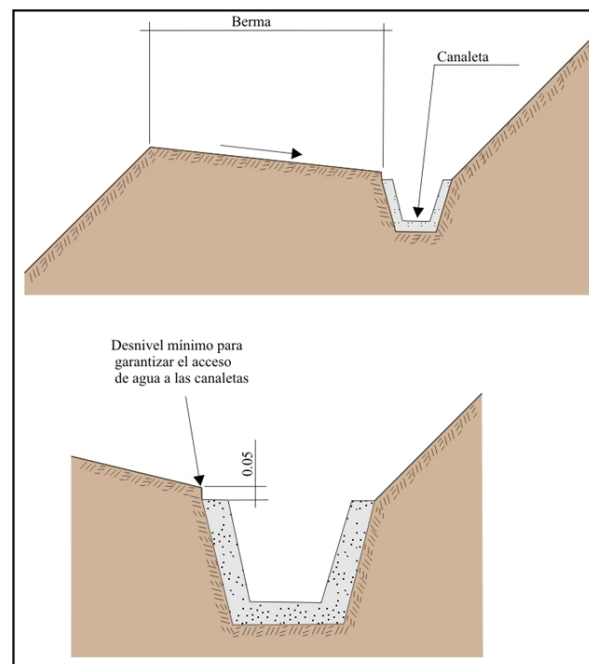


Figura 8.4 Detalle de una canaleta de drenaje superficial (tomado de INGEMMET, 2000)

Drenaje profundo. La finalidad es deprimir el nivel freático con las consiguientes disminuciones de las presiones intersticiales. Para su uso es necesario conocer previamente las características hidrogeológicas del terreno (figura 8.5).

Se clasifican en los siguientes grupos:

b.1) Drenes horizontales. Se encuentran perforados desde la superficie del talud y son llamados también drenes californianos. Consisten en taladros de pequeño diámetro, aproximadamente horizontales, entre 5° y 10° , que parten de la superficie del talud y que están generalmente contenidos en una sección transversal del mismo (figuras 8.5 y 8.6).

Sus ventajas son:

- Su instalación es rápida y sencilla.
- El drenaje se realiza por gravedad.
- Requieren poco mantenimiento.
- Es un sistema flexible que puede readaptarse a la geología del área.

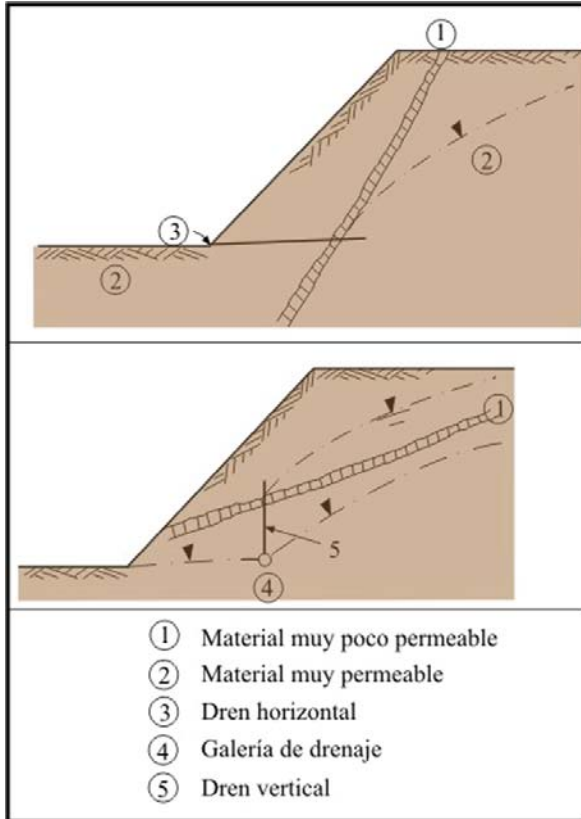


Figura 8.5 Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos (CANMET, 1997)

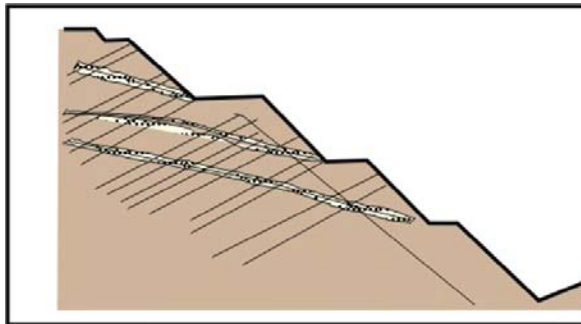


Figura 8.6 Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos (tomado de INGEMMET, 2000)

Sus desventajas son:

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

b.2) Galerías de drenaje: Se ubican generalmente paralelas al talud y a bastante profundidad.

Son galerías excavadas en el terreno a una distancia considerable de la superficie. Constituye un sistema bastante efectivo pero muy caro, por lo que su uso solo es recomendable en situaciones críticas y en taludes de gran altura. Para aumentar su radio de acción es necesario instalar drenes perforados desde la galería, aumentando así su radio de acción y la efectividad del sistema de drenaje (figuras 8.7 y 8.8).

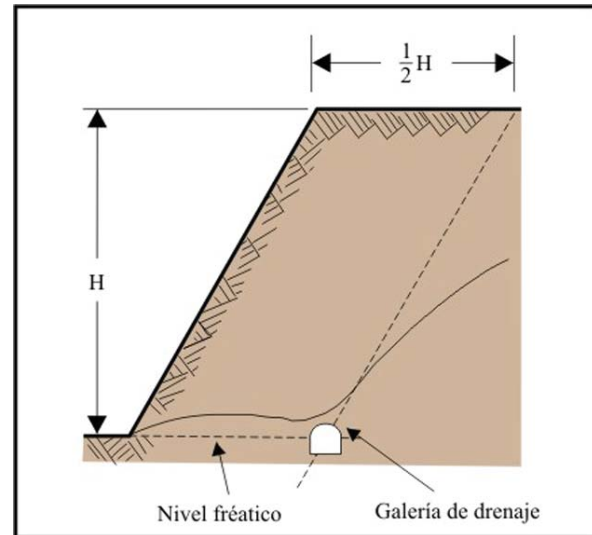


Figura 8.7 Posición óptima de una galería de drenaje (tomado de INGEMMET, 2000)

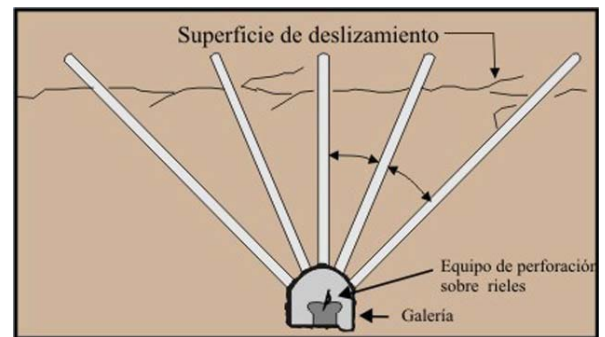


Figura 8.8 Drenaje de superficie de deslizamiento desde una galería de drenaje (tomado de INGEMMET, 2000)

Dentro de sus ventajas se cuentan las siguientes:

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

- Son apropiadas para zonas de climas fríos debido a que se ubican a gran profundidad.

b.3) Zanjas con relleno drenante, dispuestas en la superficie del talud o al pie de él. Consisten en zanjas rellenas de material drenante, excavadas en el talud o más allá del pie del mismo y cuya acción drenante se limita a profundidades pequeñas (figura 8.9).

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 8.10).

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

Son útiles los drenes en forma de «espina de pescado» (figura 8.11), que combinan una zanja drenante según la línea de máxima pendiente con zanjas secundarias (espinas) ligeramente inclinadas que convergen en la espina central. Su construcción y mantenimiento en zonas críticas debe tener buena vigilancia.

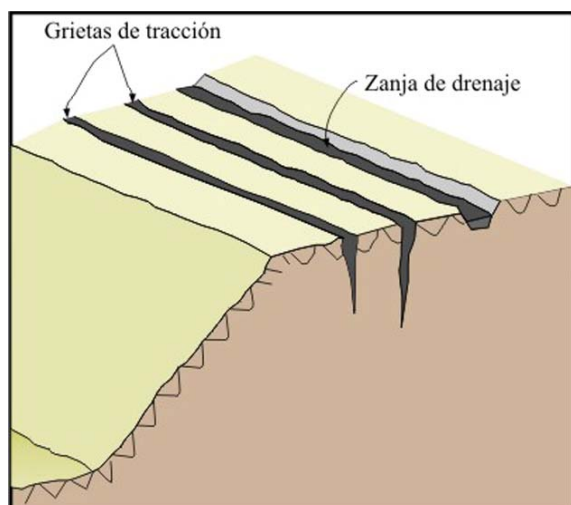


Figura 8.9 Disposición de zanjas de drenaje en un talud (tomado de INGEMMET, 2000)

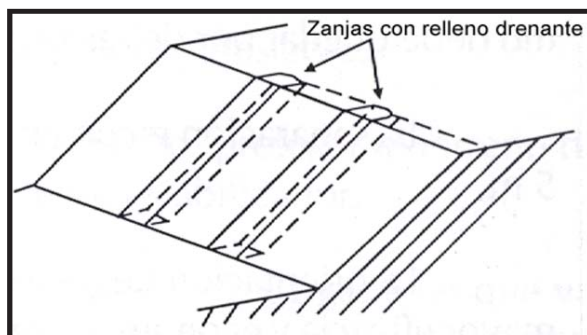


Figura 8.10 Zanjas de talud (tomado de INGEMMET, 2000)

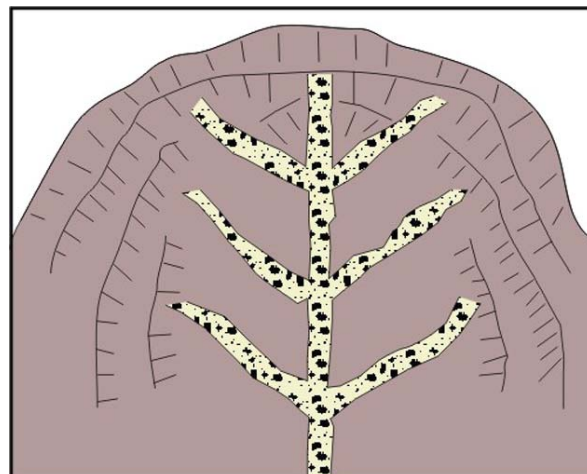


Figura 8.11 Drenaje tipo espina de pescado (tomado de INGEMMET, 2000)

C) Corrección por elementos resistentes

C.1) Anclajes. Los anclajes son armaduras metálicas, alojadas en taladros perforados desde el talud y cementadas (figura 8.12), 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.

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

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

En un anclaje se distinguen tres partes fundamentales:

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

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

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

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

Además, se recomienda entre anclajes una separación por razones constructivas de 2 y 5 m. La orientación de los anclajes en planta

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

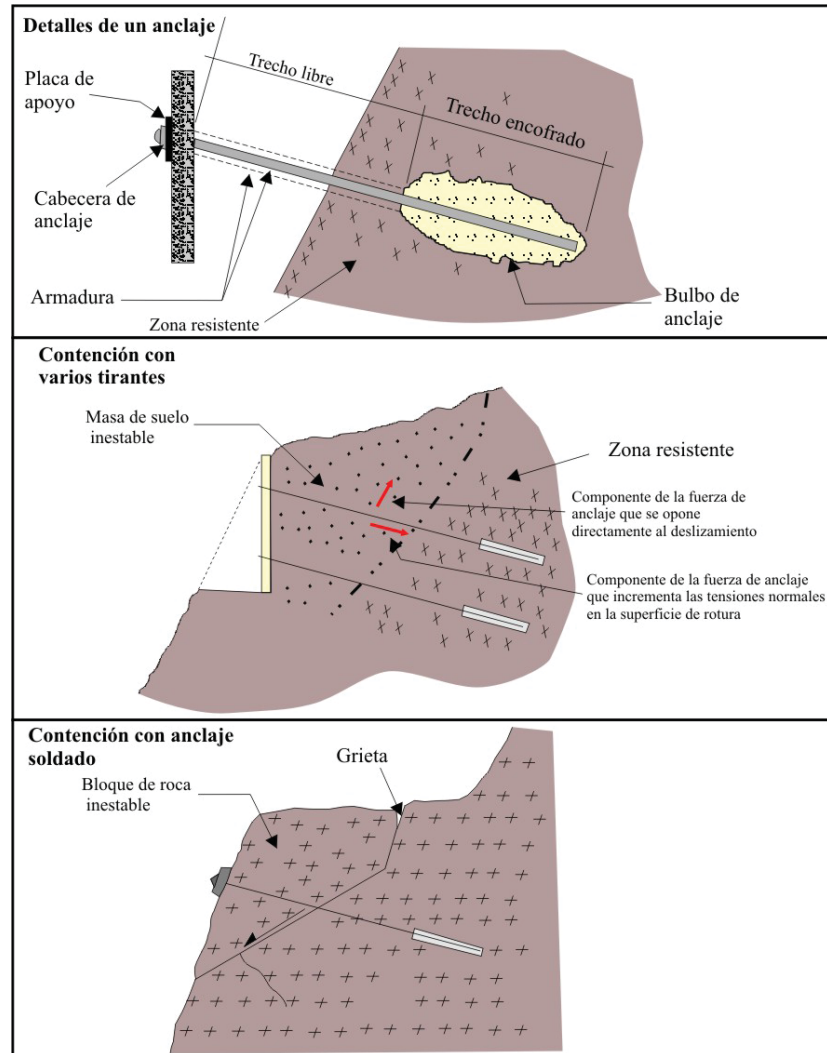


Figura 8.12 Detalles de un anclaje y ejemplos de aplicación (tomado de INGEMMET, 2000)

C.2) Muros. Los muros se emplean frecuentemente como elementos resistentes en taludes (figura 8.13).

En ocasiones se emplean para estabilizar deslizamientos existentes o potenciales al introducir un elemento de contención al pie (figura 8.14). Esta forma de actuar puede tener varios inconvenientes. En primer lugar, la construcción del muro exige cierta excavación en el pie del talud, lo cual favorece la inestabilidad hasta que el muro esté completamente instalado. Por otra parte, el muro no puede

ser capaz de evitar posibles deslizamientos por encima o por debajo del mismo.

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

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

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

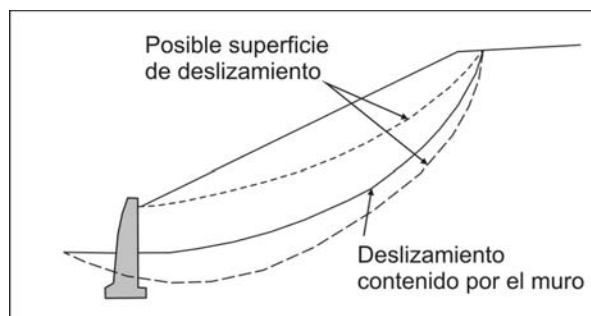


Figura 8.13 Contención de un deslizamiento mediante un muro (tomado de INGEMMET, 2000)

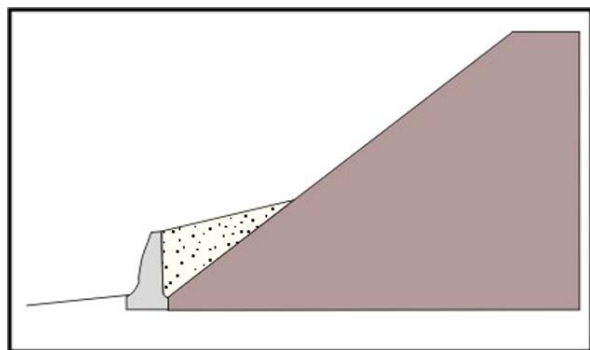


Figura 8.14 Relleno estabilizador sostenido por el muro (tomado de INGEMMET, 2000)

Los muros se pueden clasificar en tres grupos (figura 8.15):

- o **Muros de sostenimiento:** se construyen separados del terreno natural y se rellenan posteriormente.
- o **Muros de contención:** generalmente van excavados y se construyen para contener un terreno que sería probablemente inestable sin la acción del muro.
- o **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 se debe determinar las cargas a las que va a estar sometido y su distribución, lo que permitirá planificar una estructura capaz de resistirlas.

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

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

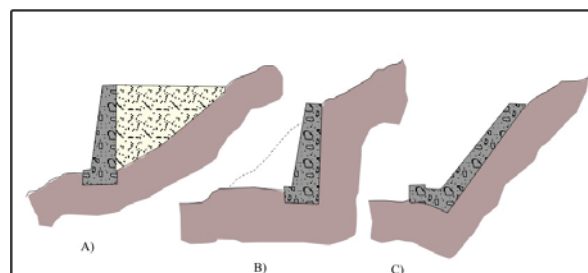


Figura 8.15 a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento (tomado de INGEMMET, 2000)

Tipos de muros

Muros de gravedad: Son los muros más antiguos, conforman elementos pasivos en los que el peso propio es la acción estabilizadora fundamental (figuras 8.16, 8.17 y 8.18).

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 8.19 y 8.20).

La relación H/B está comprendida generalmente entre 1.5 y 2 y la longitud de zarpa B' suele ser un tercio de B. La presión sobre el cimiento es menor que en los muros de gravedad, por lo que son adecuados para cimentaciones malas. Los esfuerzos sobre cada una de las partes del muro (pantalla vertical, talón y zarpa) se calculan suponiendo que se comportan como vigas en voladizo.

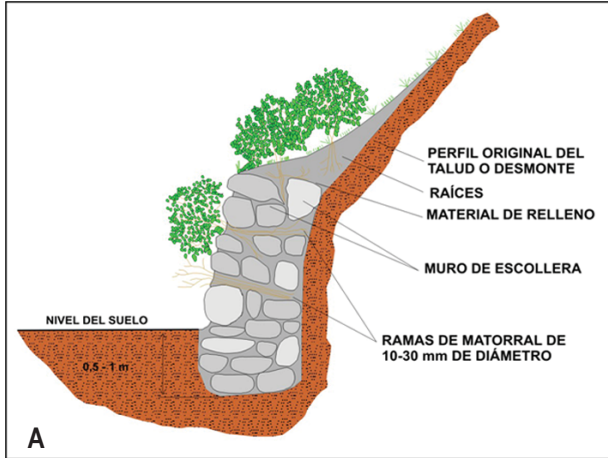


Figura 8.16 A) Muros de gravedad de piedra seca

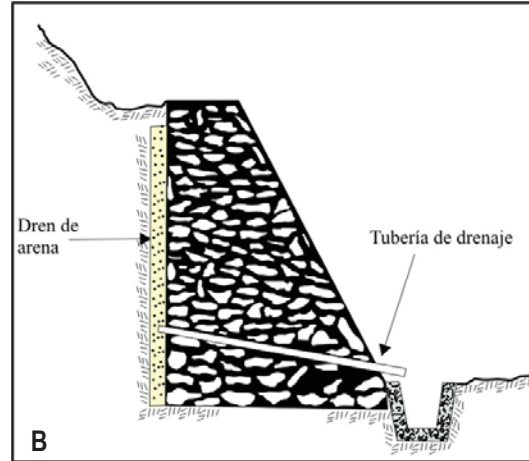


Figura 8.16 B) Muros de gravedad de piedra argamasa (tomado de INGEMMET, 2000)

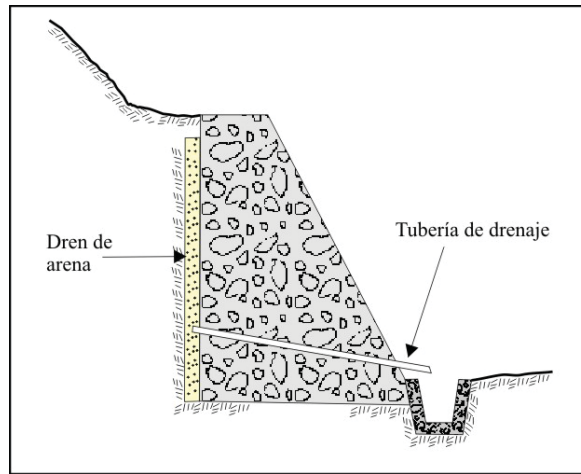


Figura 8.17 Muros de gravedad de concreto ciclópeo (tomado de INGEMMET, 2000)

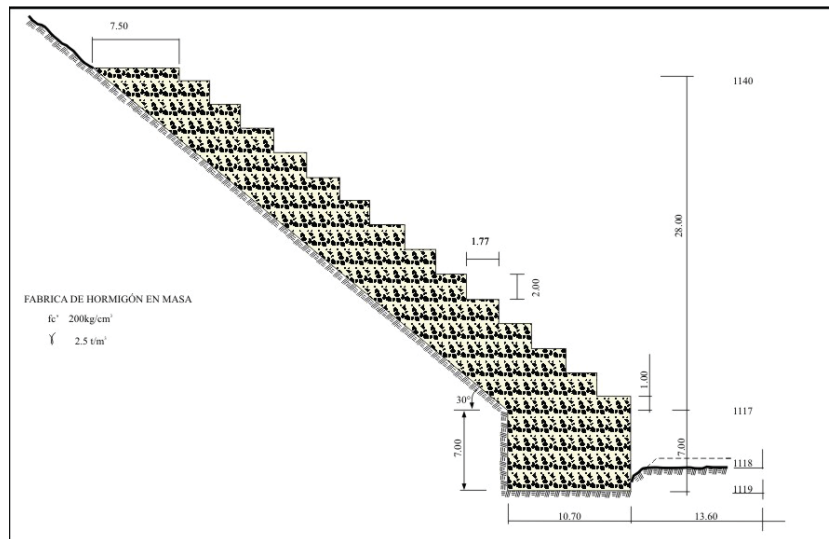


Figura 8.18 Muros de espesor máximo (tomado de INGEMMET, 2000)

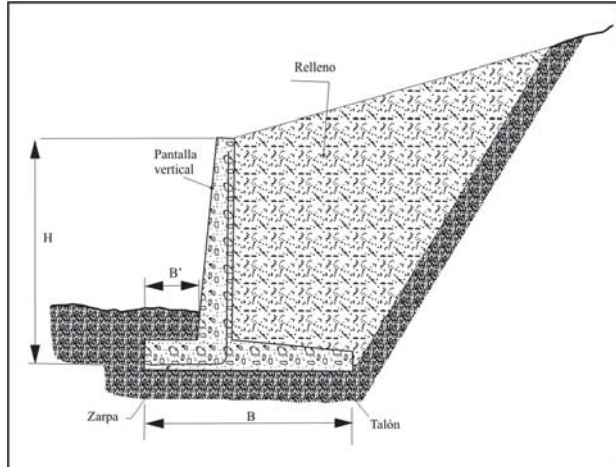


Figura 8.19 Muros en L (tomado de INGEMMET, 2000)

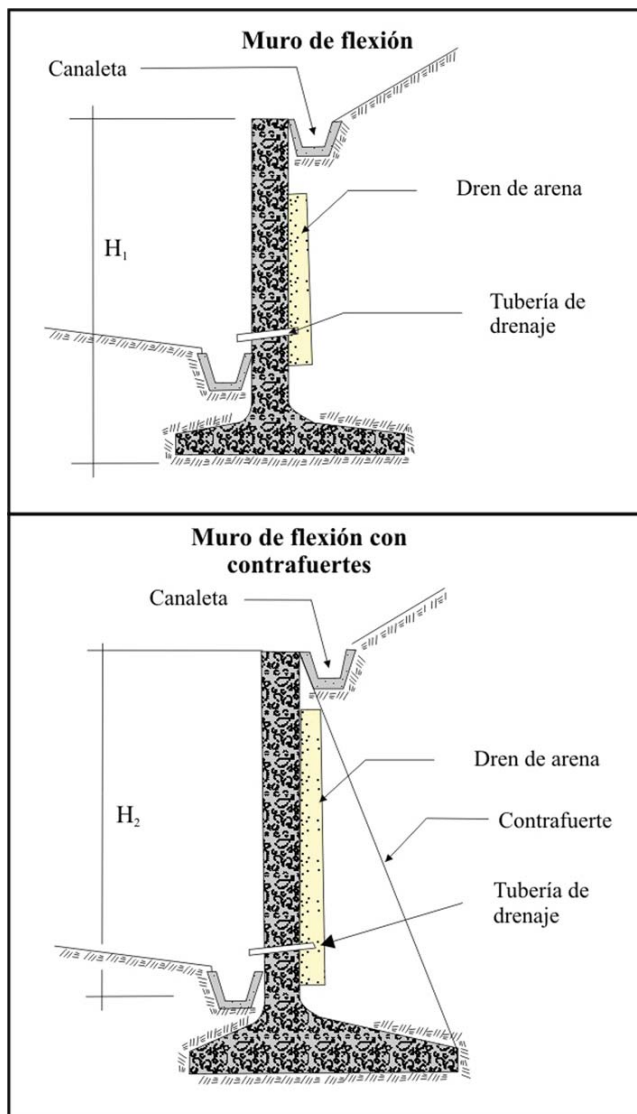


Figura 8.20 Muros de concreto armado tipo flexión (tomado de INGEMMET, 2000)

b) Muros de gaviones. Los gaviones son elementos con forma de prisma rectangular que consisten en un relleno granular constituido por fragmentos de roca no degradable (caliza, andesita, granitos, etc.), retenido por una malla de alambre galvanizado (figura 8.21).

Los muros de gaviones trabajan fundamentalmente por gravedad. Generalmente se colocan en alturas bajas, aunque algunas veces se colocan en alturas medianas (hasta 25 m de alto y 10 m de ancho) y funcionan satisfactoriamente. La relación entre la altura del muro y el ancho de la base del mismo es muy variable, y suele estar comprendida entre 1.7 a 2.4.

Las ventajas que presenta son:

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

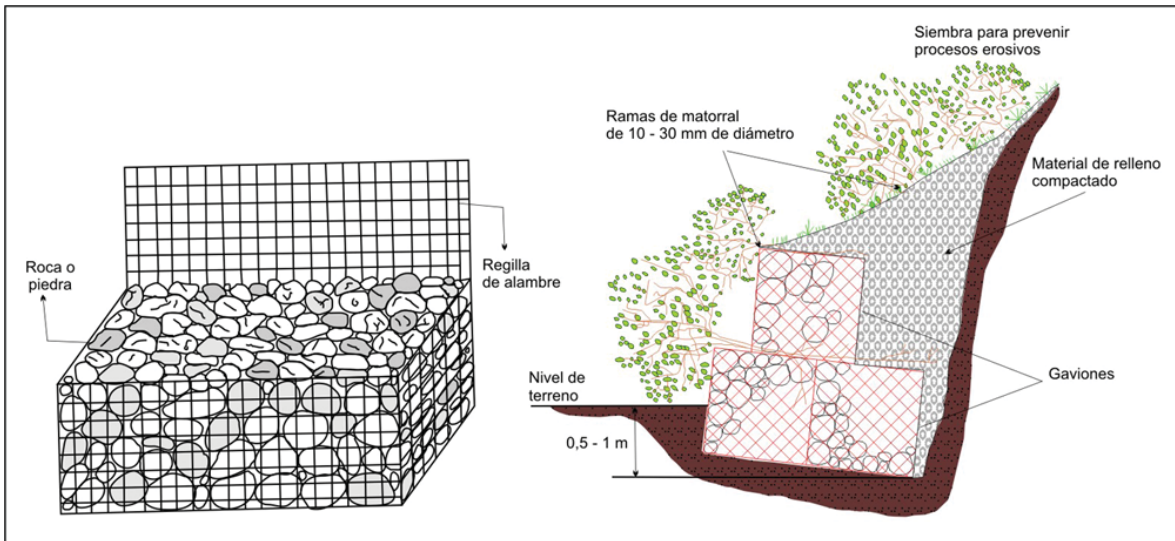


Figura 8.21 Muro de gavión

C.3) Pilotes

Las pantallas de pilotes (figura 8.22) consisten en alineaciones de estos elementos, siendo el espacio entre dos adyacentes lo suficientemente pequeño como para conseguir un sostenimiento relativamente continuo.

Su empleo en taludes tiene dos aspectos fundamentales:

- Como sostenimiento de taludes excavados tiene la gran ventaja de que pueden instalarse antes de la excavación.
- Como medida estabilizadora de deslizamientos existentes o potenciales se instalan cerca del pie del talud y —frente a los muros de contención— requieren muy poca excavación y no afectan significativamente el talud durante su construcción.

Los pilotes presentan el inconveniente de tener un costo elevado. En la estabilización de taludes se emplean generalmente pilotes

perforados o de extracción. Los pilotes hincados o de desplazamiento se emplean únicamente para estabilizar los deslizamientos superficiales.

Los pilotes se oponen al deslizamiento mediante la transmisión de esfuerzos a las capas inferiores estables. Por lo tanto, las pantallas de pilotes tienen su principal aplicación en aquellos casos en que existe, a una profundidad no excesiva, un estrato de material estable y competente. Los pilotes empleados en taludes suelen ser de hormigón armado. Cuando los esfuerzos a los que van a ser sometidos son de gran magnitud se puede aumentar su capacidad portante mediante el empleo de secciones combinadas: cilindros metálicos rellenos de hormigón y reforzados con perfiles metálicos, o con grupos de cables y barras de alta resistencia e inyectados a presión. En algunas ocasiones se emplean pilotes pretensados. El diámetro de los pilotes que se emplean en taludes varía entre 40 y 120 cm.

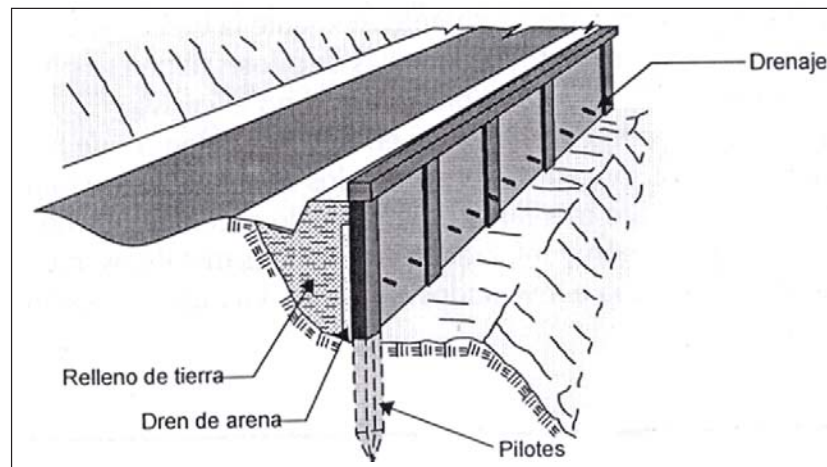


Figura 8.22 Ejemplo de muros con pilotes (tomado de INGEMMET, 2000)

C.4) Muros pantalla

Son muros enterrados de hormigón armado, hormigonados in situ. Su acción estabilizadora ante los deslizamientos existentes o potenciales es muy similar a la de las pantallas de pilotes (figura 8.23). A diferencia de estas, los muros pantalla constituyen elementos continuos.

Como medida estabilizadora de taludes tiene su máxima aplicación frente a las pantallas de pilotes cuando el material inestable y el sustrato son de fácil excavación.

Para construir un muro pantalla se excava una trinchera sin entibación, cuyas paredes se mantienen estables gracias a la utilización de lodos bentoníticos con los que se rellenan las zanjas a medida que se extrae el detritus de la excavación. Una vez colocados los tubos junta o tubos de encofrado, cuya misión es conseguir una buena junta de hormigonado, y una vez instalada la armadura, se procede al hormigonado a través de un conducto que llega hasta el fondo de la zanja. El hormigón va relleno la excavación, y al mismo tiempo desplaza al lodo.

El tamaño del muro depende de las características de la maquinaria y puede alcanzar una profundidad hasta de 40 m. Existen fundamentalmente dos técnicas para la ejecución de la excavación: la excavación con cuchara bivalva y la perforación con circulación inversa.

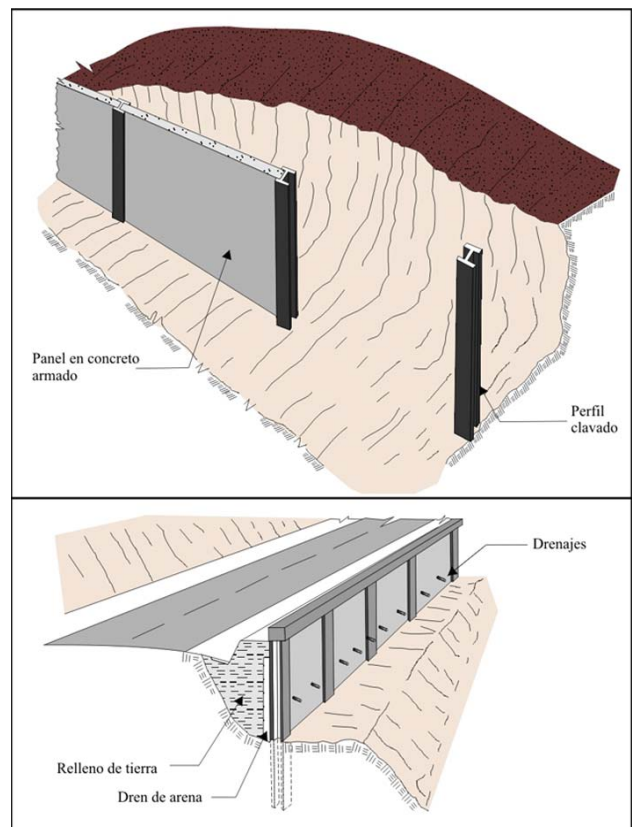


Figura 8.23 Ejemplo de muros de pantalla (tomado de INGEMMET, 2000)

D) Correcciones superficiales

Las medidas de corrección superficiales se aplican en la superficie de un talud de manera que afectan solo a las capas más superficiales del terreno y tienen fundamentalmente los siguientes fines:

- Evitar o reducir la erosión y meteorización de la superficie del talud.
- Eliminar los problemas derivados de los desprendimientos de rocas en los taludes donde estos predominan.
- Aumentar la seguridad del talud frente a pequeñas roturas superficiales.

Los principales métodos empleados son:

d.1) Mallas de alambre metálico

Se cubre con ellas la superficie del talud con la finalidad de evitar la caída de fragmentos de roca, lo cual es siempre peligroso, especialmente, en vías de transporte o cuando hay personal trabajando en el pie del talud.

Las mallas de fierro galvanizado retienen los fragmentos sueltos de rocas y conducen los trozos desprendidos hacia una zanja en el pie del talud. Son apropiados cuando el tamaño de roca a caer se encuentra entre 0.60 y 1.00 m.

La malla se puede fijar al talud de varias maneras: siempre en la parte superior del talud o en bermas intermedias. Como sistemas de fijación pueden emplearse bulones, postes introducidos en bloques de hormigón que pueden a su vez ir anclados o simplemente un peso muerto en la parte superior del talud. Durante la instalación se prepara una longitud de malla suficiente para cubrir el talud, con una longitud adicional que es necesaria para la fijación de la malla.

La malla se transporta en rollos hasta el talud, se fija en su parte superior y se desenrolla dejándola caer simplemente, fijándola en la superficie del talud; en la parte final de la malla se suele dejar un metro por encima de la zanja de acumulación de piedras.

d.2) Sembrado de taludes

Mantener una cobertura vegetal en un talud produce indudables efectos beneficiosos, entre los cuales destacan los siguientes:

- Las plantaciones evitan la erosión superficial tanto hídrica como eólica, que puede ocasionar la ruina del talud en el largo plazo.
- La absorción de agua por las raíces de las plantas produce un drenaje de las capas superficiales del terreno.
- Las raíces de las plantas aumentan la resistencia al esfuerzo cortante en la zona del suelo que ocupan.

Para sembrar en taludes se emplean hierbas, arbustos y árboles y se privilegian especies capaces de adaptarse a las condiciones a las que van a estar sometidos (climas, tipo de suelo, presencia de agua, etc.); suelen convenir especies de raíces profundas y de alto grado de transpiración, lo que indica un mayor consumo de agua. Generalmente, la colonización vegetal de un talud se hace por etapas, comenzando por la hierba y terminando por los árboles.

Es conveniente no dejar un talud muy plano, sino con salientes que sirvan de soporte, así cuando más tendido sea un talud resultará más fácil que retenga la humedad. Para mantener una cubierta vegetal, es más favorable un terraplén que un desmonte.

Los suelos arenosos y areno-arcillosos son ventajosos para un rápido crecimiento de la hierba. Las arcillas duras son inadecuadas a menos que se añadan aditivos o se are el terreno. Cuando la proporción de limo más arcilla es superior al 20% se puede esperar un crecimiento satisfactorio, pero si es inferior al 5% el establecimiento y mantenimiento de la hierba resultarán difíciles.

Para zonas de flujos y cárcavas

Las erosiones en cárcavas generan abundantes materiales sueltos que son llevados a los cauces de las quebradas. Muchos de estos cauces tienen suficiente material como para la generación de flujos.

Las zonas donde existen cárcavas de gran longitud y presenten un desarrollo irreversible, donde no se pueden corregir con labores de cultivo, se debe prohibir terminantemente cualquier actividad agrícola. El control físico de zonas con procesos de cárcavamiento debe de ir integrado a prácticas de conservación y manejo agrícola de las laderas adyacentes por medio de:

- Regeneración de la cobertura vegetal.
- Empleo de zanjas de infiltración y desviación entre las principales.

Para el control físico del avance de cárcavas se propone un conjunto de medidas, principalmente de orden artesanal, entre las que destacan:

- El desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (figuras 8.24, 8.25, 8.26 y 8.27).
- Zanjas de infiltración articuladas de acuerdo a las condiciones climáticas de la región.
- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ella (figura 8.28), y de esta manera asegurar su estabilidad, así como, la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas.

- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización. En la selección de árboles debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzarán versus la pendiente y profundidad de los suelos. También, se recomienda que las plantaciones se ubiquen al lado superior de las zanjas de infiltración con el objetivo de captar el agua y controlar la erosión.
- Evitar el sobrepastoreo, ya que deteriora y destruye la cobertura vegetal. Se debe realizar un manejo de las zonas de pastos mediante el repoblamiento de pastos nativos, empleando sistemas de pastoreo rotativo y sostenible, y finalmente evitar la quema de pajonales.
- Zanjas de infiltración articuladas de acuerdo a las condiciones climáticas de las cuencas.

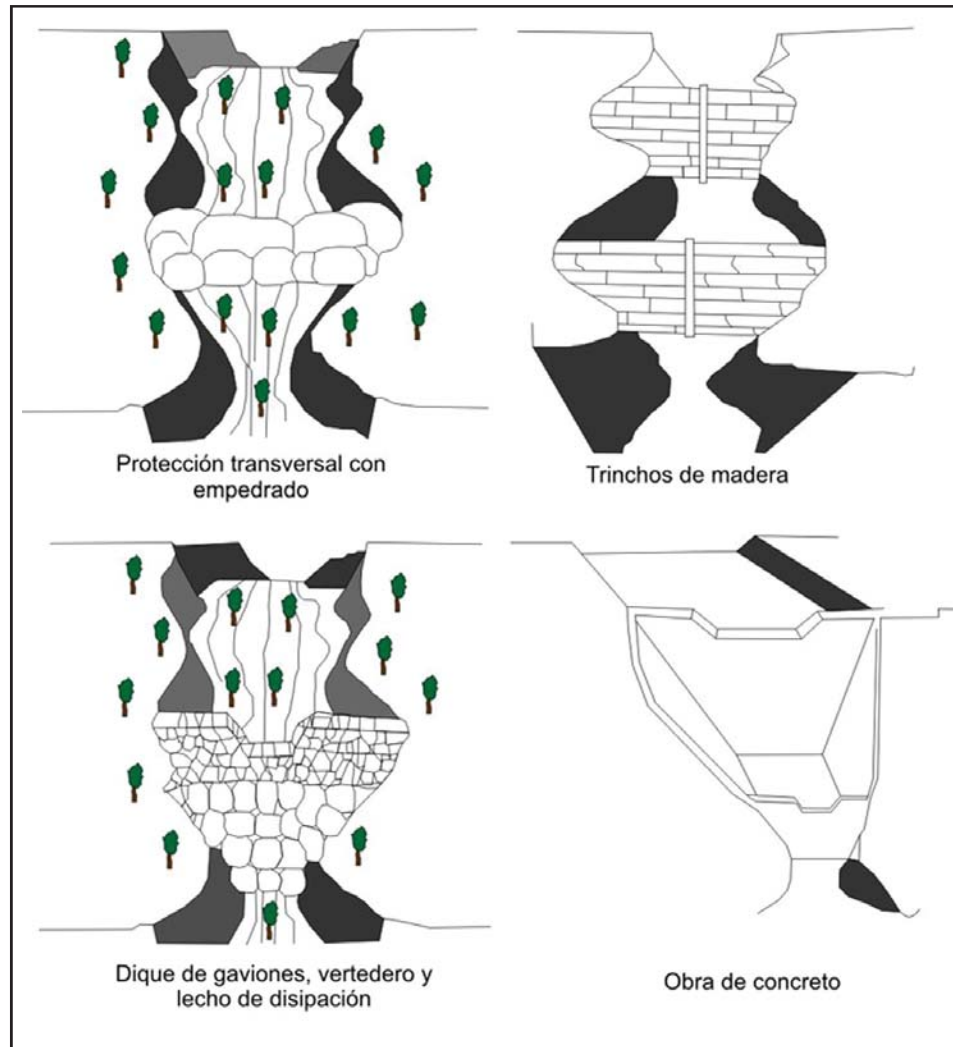


Figura 8.24 Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas

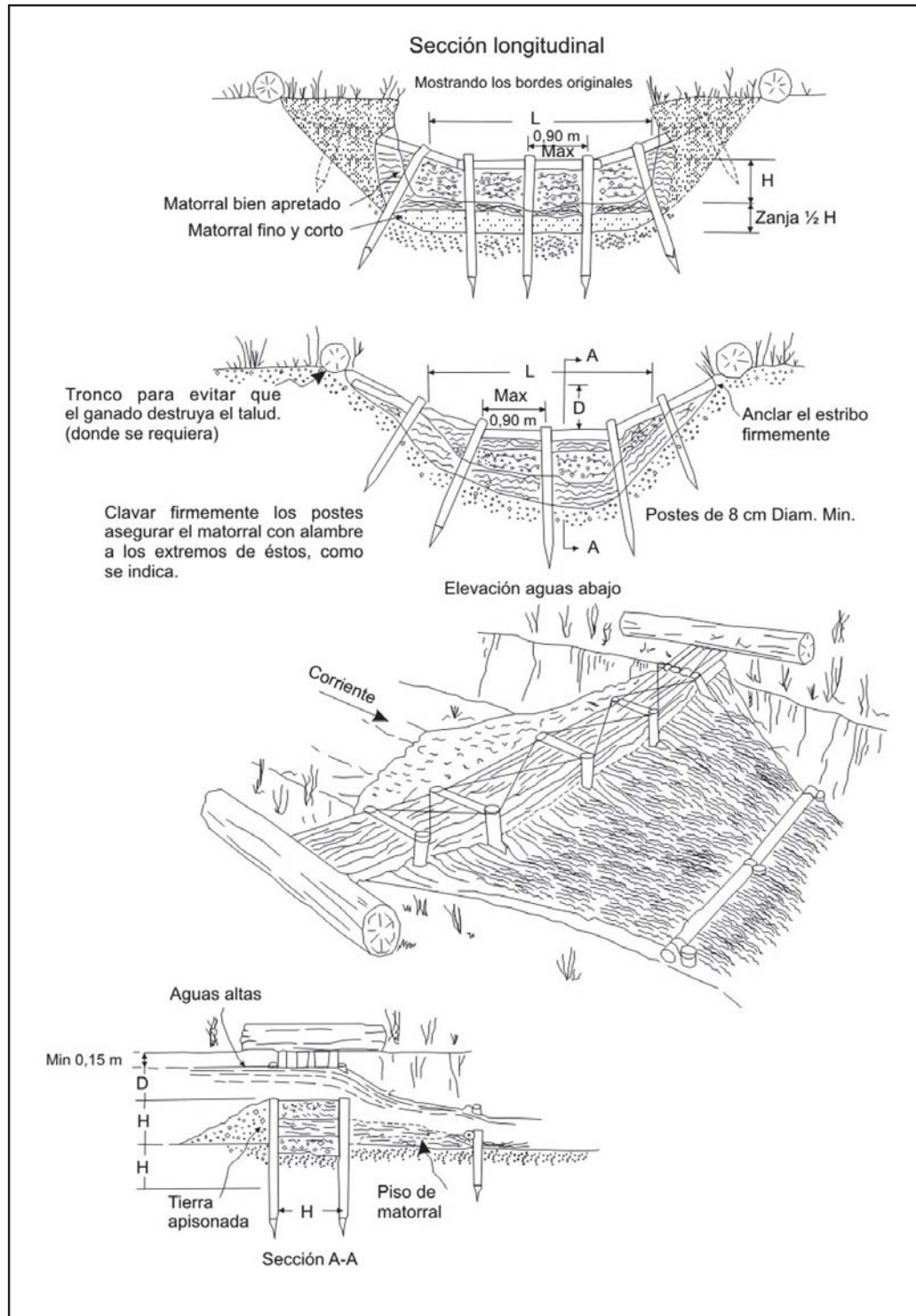


Figura 8.25 Trincho de matorral tipo doble hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964)

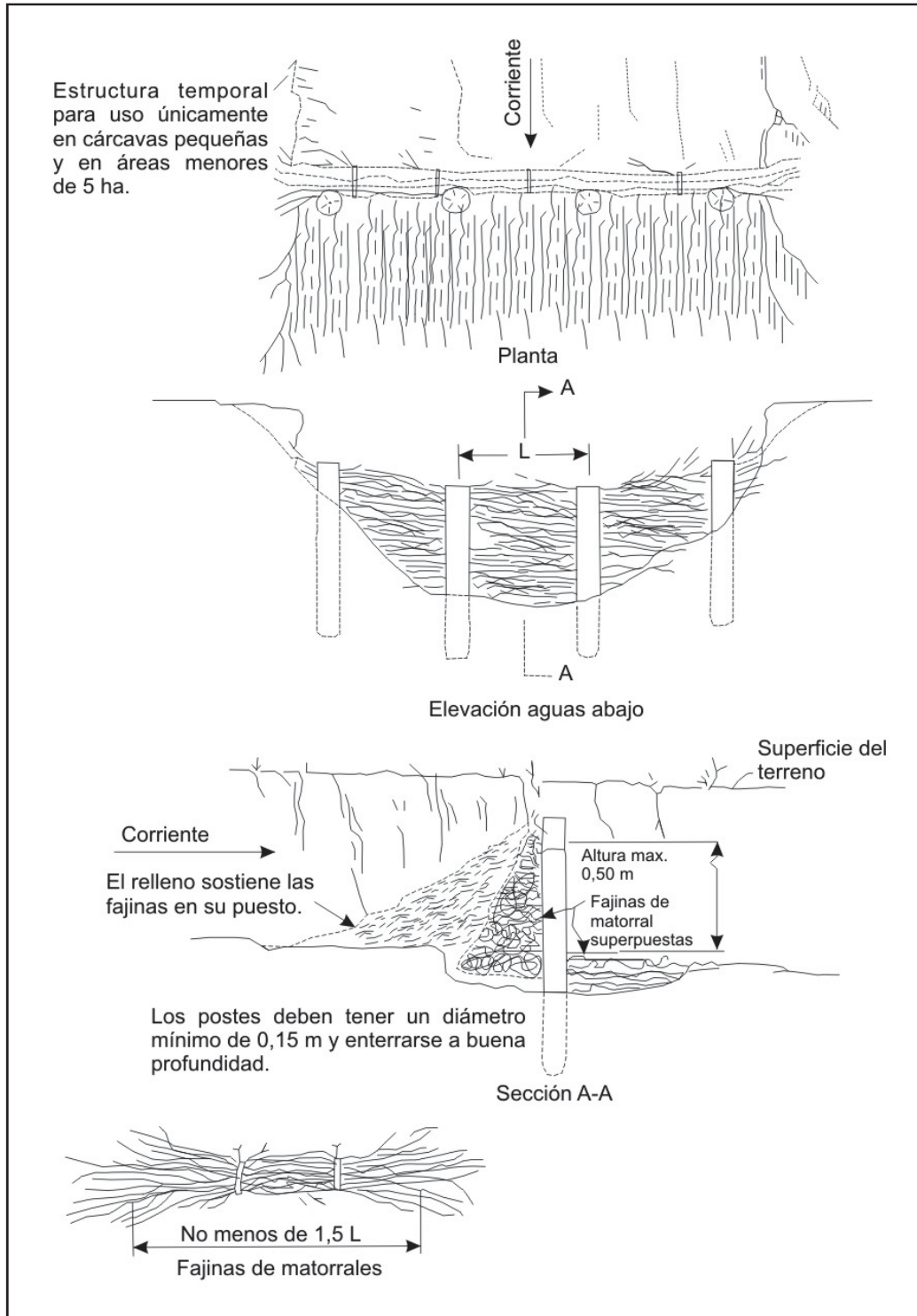


Figura 8.26 Trincho de matorral tipo una hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964)

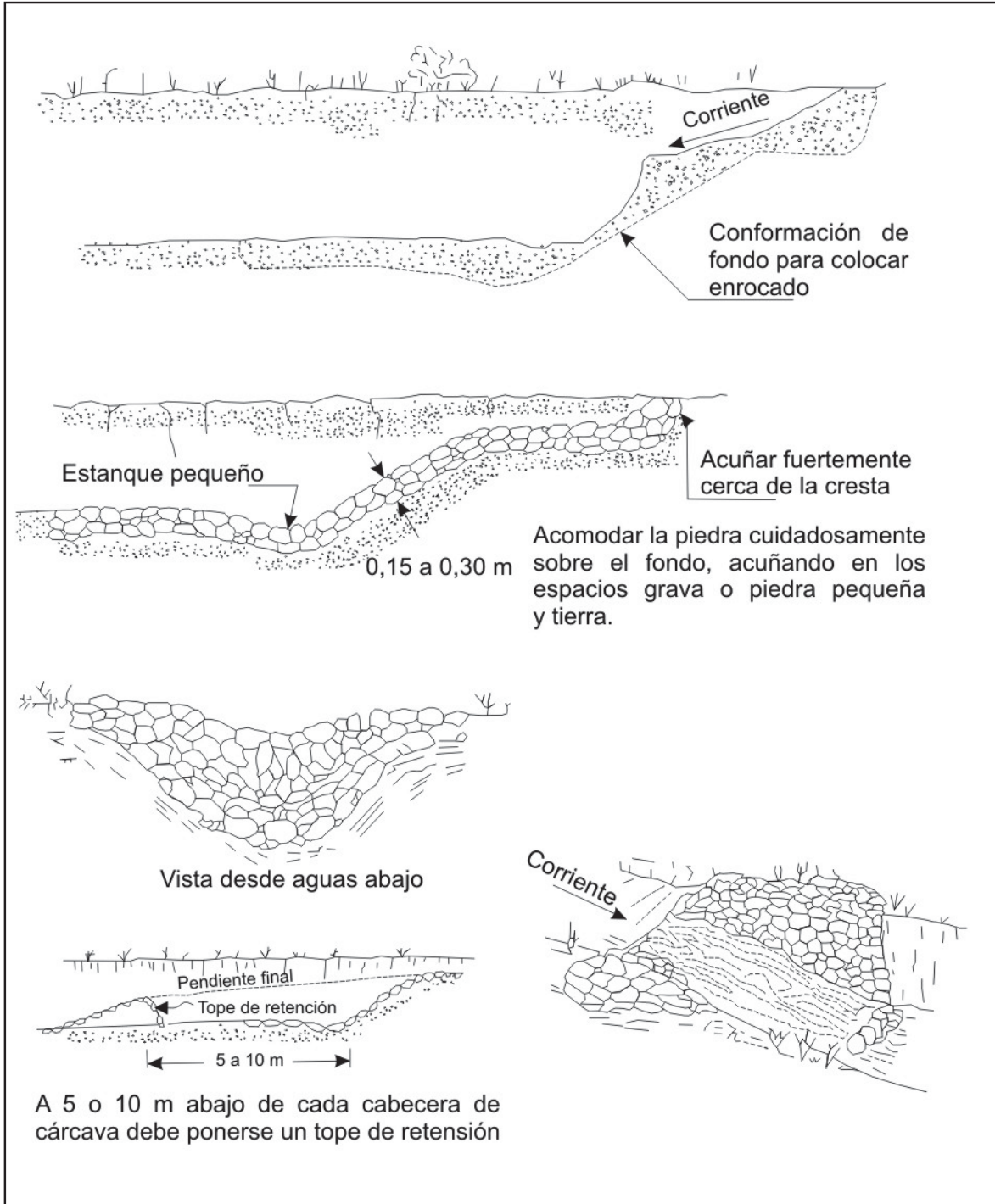


Figura 8.27 Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina (adaptado de Valderrama et al., 1964)

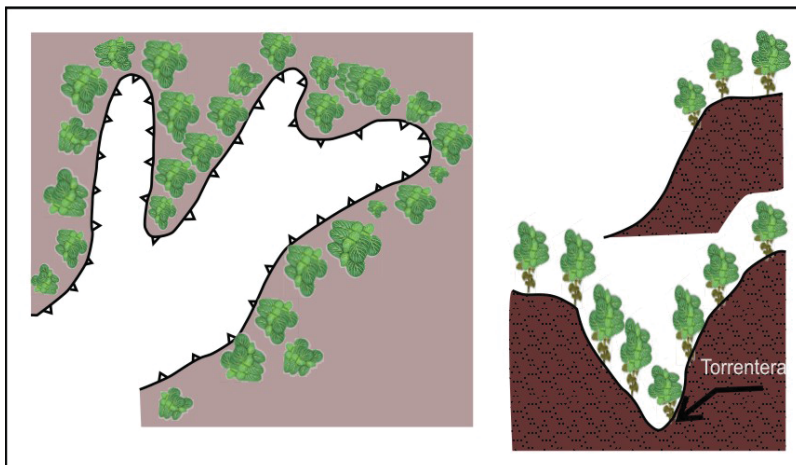


Figura 8.28 Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables

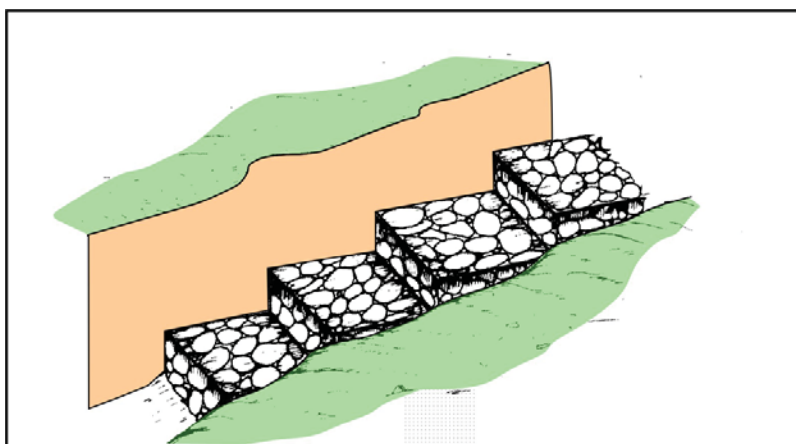


Figura 8.29 Protección del lecho de la quebrada con muros escalonados (andenes), utilizando bloques de roca o concreto armado.

OTRAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA DESLIZAMIENTOS Y CÁRCAVAS

El proceso de deslizamientos y cárcavas ocurre esencialmente de forma natural, pero también por la actividad antrópica (agrícola, deforestación) mal desarrollada que acelera el proceso; asimismo, por el socavamiento del río al pie de deslizamientos, la utilización de canales sin revestir, etc. Algunas medidas que se proponen para el manejo de estas zonas son:

- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos.
- Los canales deben ser revestidos para minimizar la infiltración y saturación de los terrenos.
- El sistema de cultivo debe ser por surcos en contorno y conectados al sistema de drenaje, para una evacuación rápida del agua.
- No debe construirse reservorios de agua sin revestimiento, ya que esto favorece a la infiltración y saturación del terreno.
- La remoción de la tierra, para realizar el cultivo, debe ser superficial pues una remoción más profunda realizada con maquinaria puede favorecer la infiltración y saturación del terreno.
- En las cuencas altas se debe favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida de

las masas deslizantes; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.

- Los tramos de carretera que cruzan cauces de quebradas, en donde se producen flujos, deben de ser protegidos por medio de gaviones para evitar los efectos de los huaicos y el socavamiento producido por avenidas en las quebradas. Los gaviones deben ser construidos teniendo en cuenta los caudales máximos de las quebradas y deben ser cimentados a una profundidad de 1 m como mínimo.
- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal natural conformada por pastos, malezas y arbustos.
- Realizar trabajos de reforestación de laderas con fines de estabilización; en la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzarán versus la pendiente y profundidad de los suelos. Se recomienda que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de las zanjas de infiltración a curvas de nivel con el objeto de captar el agua y controlar la erosión.
- Evitar el sobre pastoreo que produzca deterioro y destrucción de la cobertura vegetal. Se debe realizar un manejo de las zonas de pasturas mediante el repoblamiento de pasturas nativas, empleando sistemas de pastoreo rotativo y evitando la quema de pajonales.

MEDIDAS PARA EL MANEJO DE SUBCUENCAS CON LECHOS FLUVIALES SECOS

En la región de Piura, existen lechos fluviales y quebradas secas, que corresponden a quebradas de régimen temporal, subcuencas con presencia de huaicos periódicos a excepcionales, que pueden alcanzar grandes extensiones, con pendientes bajas a fuertes; los cuales pueden transportar grandes volúmenes de sedimentos gruesos y finos. Con el propósito de propiciar la fijación de los sedimentos en tránsito y de minimizar el transporte fluvial, es preciso aplicar en los casos que sea posible, las medidas que se proponen a continuación:

- Encauzamiento del canal principal de los lechos fluviales secos, con remoción selectiva de los materiales gruesos, que pueden ser utilizados en los enrocados y/o espigones para controlar las corrientes (figura 8.30).
- Propiciar la formación y desarrollo de bosques ribereños con especies nativas para estabilizar los lechos.
- La construcción de obras e infraestructuras que crucen estos cauces secos deben construirse con diseños que tengan en cuenta las máxima crecidas registradas, que permitan el libre paso de huaicos, evitándose obstrucciones y represamientos, con posteriores desembalses más violentos.
- Realizar la construcción de presas de sedimentación escalonada para controlar las fuerzas de arrastre de las corrientes de cursos de quebradas que acarrear grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional, cuya finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos (figura 8.31).
- Evitar en lo posible la utilización del lecho fluvial como terreno de cultivo que permita el libre discurrir de los flujos hídricos.
- Encauzamiento y dragado de lechos fluviales secos que se activan durante periodos de lluvia excepcional (fenómeno de El Niño), que permitan el libre discurrir de crecidas violentas provenientes de la cuenca media y alta.

MEDIDAS PARA EL MANEJO DE ZONAS CON PROCESO DE ARENAMIENTO

Dentro de las medidas a tomar en cuenta para controlar este proceso se tiene:

Detener el avance de dunas hacia terrenos agrícolas, obras de infraestructura y poblados por medio del diseño de cortinas rompevientos y barreras de fijación de dunas, donde deben ir integradas estructuras fabricadas con plantaciones forestales (algarrobo, sapote etc.), los cuales después de un proceso gradual de reemplazo irán dejando paso al bosque denso sobre las dunas ya fijadas.

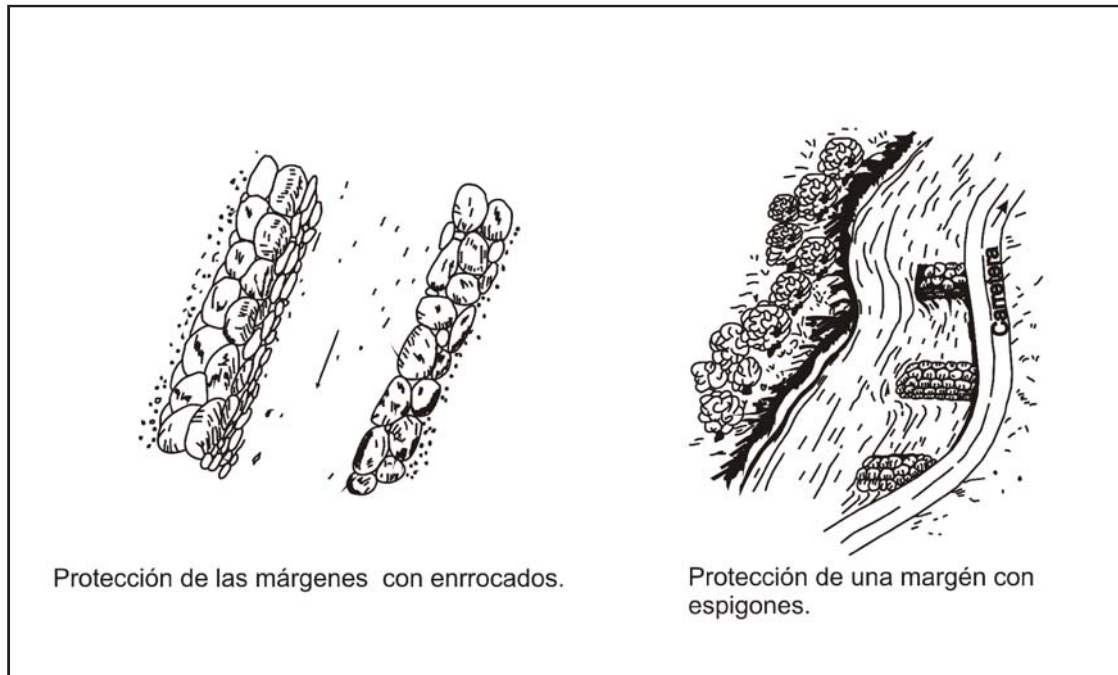
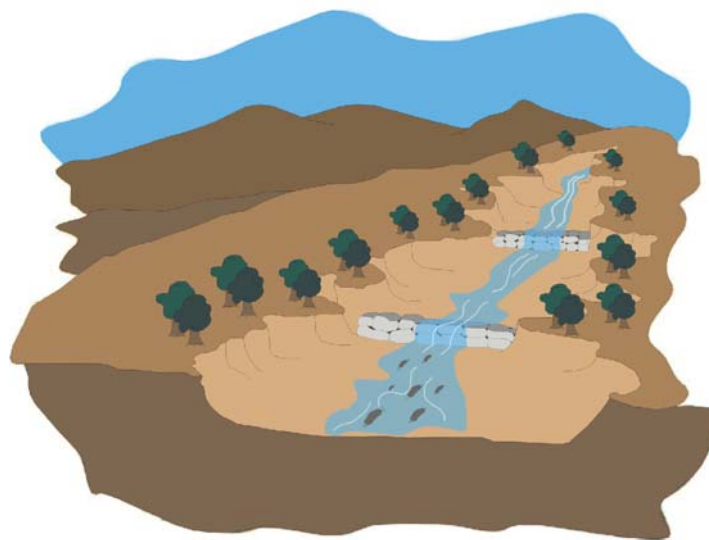


Figura 8.30 Protección de márgenes con enrocados, espigones y siembra de bosques ribereños



Construcción de presas transversales en cauces de quebradas, y propiciar el crecimiento de bosques ribereños.

Figura 8.31 Presas transversales a cursos de quebradas

CONCLUSIONES

1. La región Piura, con características particulares de geografía, climas variados en su entorno, que incluso pueden llegar a ser extremos, complejidad geológico-estructural y características geomorfológicas variadas, presenta una frecuencia de peligros geológicos, en comparación con otras áreas del país, marcada por la ocurrencia de inundaciones, erosión fluvial, flujos de lodo y detritos en la planicie costanera, relacionados a la presencia del fenómeno de El Niño; procesos asociados a movimientos en masa en las laderas (deslizamientos, flujos, derrumbes, flujos de tierra) en zona de montaña, ligados a la actividad climática, presencia de agua subterránea y características de los materiales que conforman las laderas. Los eventos prehistóricos de movimientos en masa, identificados en la morfología de la región, corroboran la geodinámica de esta área en el pasado reciente. La ocupación y crecimiento paulatino de las ciudades en valles y laderas por el hombre aumentan, en muchos casos, la frecuencia en la recurrencia de eventos de carácter desastroso.
2. Los regímenes de precipitación en la región Piura presentan muchas variaciones en el tiempo y el espacio; en la zona se pueden presentar largos periodos con escasez de lluvias, como sucede en la zona de planicie costanera donde la precipitación acumulada durante un periodo lluvioso normal (septiembre-mayo, según SENAMHI) está entre los 50 y 200 mm y en la zona de montaña de la región los valores de precipitación acumulada alcanzan los 700 mm. Esta condición cambia cuando se produce el fenómeno de El Niño, donde la precipitación acumulada del periodo lluvioso (septiembre-mayo de 1997-1998), alcanzó en la zona de planicie costera un acumulado de 1000 mm y en la zona de montañas 3000 mm, con lo que cambia los regímenes de precipitación para toda la región.
3. El fenómeno de El Niño es considerado uno de los principales fenómenos naturales que ocasionan daños de gran magnitud en la región, al producirse excesos en la precipitación y aumento de la temperatura, lo que conlleva a la generación de amenazas de tipo inundaciones, sequías, deslizamientos, etc. con impactos socioeconómicos de gran envergadura.
4. Según la caracterización hidrogeológica de la región Piura, se han identificado acuíferos, acuitados, acuícludos y acuífugos. Los acuíferos más importantes que engloban acuíferos de tipo libre semiconfinado y confinado se encuentran en la parte baja, en la llanura desértica. Están constituidos por materiales rocosos Pliocuaternarios de características detríticas y permeables (mixturas de arenas, arcillas, margas con restos de conchas, otros organismos marinos, gravas y depósitos evaporíticos) que cubren las zona de Sechura, Paita, y extensos campos de la provincia de Sullana, Piura, Talara, Chulucanas, los tablazos marinos, depósitos eólicos, fluvio-aluviales, abanicos aluviales, valles de los ríos Chira, Piura y suelos agrícolas como San Lorenzo.
5. La región Piura dispone de una reserva total aprovechable de agua subterránea de 743.20 MMC/año, dividido 250 MMC/año para el valle Chira Piura, 306 MMC/año para los valles Medio y Bajo Piura y 187.20 para el valle Alto Piura. La explotación de los acuíferos libres del Bajo Piura y Chira es aún limitada debido a la disponibilidad de grandes volúmenes de aguas superficiales provenientes del embalse de Poechos.
6. En la zona montañosa, donde nacen los ríos principales, los afloramientos rocosos son en su mayoría impermeables, los cuales ante un evento de precipitación favorecen a la escorrentía aumentando el caudal superficial de los ríos, esto se intensifica más con la ocurrencia del fenómeno «El Niño».
7. El trabajo de inventario de peligros (1343 ocurrencias) muestra una mayor ocurrencia de flujos de detritos (25.32 %), seguido de derrumbes (15.41 %), erosión de laderas (14.89 %), deslizamiento rotacional (13.10 %), flujo de lodo (7.82 %), erosión fluvial (6.33 %), inundación fluvial (4.17 %), deslizamiento traslacional (3.14 %), movimiento complejo (2.61 %), arenamiento (1.86 %), avalancha de rocas (1.71 %), reptación de suelos (1.56 %), caída de rocas (1.41 %), flujo de tierra (0.30 %), erosión marina (0.22 %), inundación marina (0.15 %). Muchos de los eventos de movimientos en masa identificados han sido reconocidos en las fotografías aéreas de 1962, sin embargo, un porcentaje importante de las ocurrencias, tanto por su topografía (escarpes y cuerpos

- deslizados) y la vegetación involucrada, evidencian una actividad más reciente y un potencial de peligro alto.
8. Solo para los movimientos en masa (incluyendo la erosión de laderas como un proceso que desencadena otros movimientos en masa; 972 ocurrencias) los flujos de detritos ocupan el primer lugar (34.98 %), seguido de derrumbes (21.30 %), deslizamientos rotacionales (18.11%), flujos de lodo (10.80 %), deslizamientos traslacionales (4.32 %), movimientos complejos (3.60 %), avalancha de rocas (2.37 %), caída de rocas (1.95 %), reptación de suelos (2.16 %) y flujo de tierra (0.41 %).
 9. Se han reconocido eventos de deslizamientos y flujos de detritos antiguos, de edad prehistórica a histórica, con dimensiones considerables, que han controlado la morfología actual de valles. Ejemplo de ellos son el deslizamiento de Las Pampas, localizado en el tramo carretero que une las localidades de Tondopa-Nangay-Pacaypampa; los deslizamientos entre Cashacoto y Sondor, activos en la actualidad, con escarpas que alcanzan un kilómetro de longitud; avalanchas de rocas en la margen derecha del río Bigote, entre las localidades de Palo Negro y Pajonal; avalanchas de rocas entre las localidades de Muleros y El Puente, en la carretera Las Lomas-Ayabaca.
 10. En el análisis de susceptibilidad a los movimientos en masa, el peso de los factores condicionantes considerados son: litología (35 %), pendientes (25 %), geomorfología (15 %), hidrogeología (15%), cobertura vegetal y uso del suelo (10 %). El mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa nos muestra un muy alto grado de susceptibilidad a los movimientos en masa en el sector occidental de la región. Su distribución mayor está sobre rocas de tipo volcánicas, volcánico-sedimentarias e intrusivas, muy fracturadas y meteorizadas a suelos de tipo arcillo-limoso, areno-limoso; Dentro de esta zona se encuentran las localidades de Huancabamba, Bigote, Frías, Lagunas, Sondor, Sondorillo, Yamango y Tunal. Entre las zonas de alta susceptibilidad, destacan los sectores de cerros Amotapes, Illescas, laderas de montañas donde se ubican las localidades de Canchaque, Sicches, Ayabaca, Montero, Buenos Aires, Sapillica y Huarmaca. 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.
 11. Las unidades de muy alta y alta susceptibilidad a los movimientos en masa son: litología (andesitas; intercalaciones de andesitas, areniscas, lutitas, limolitas; granitos, granodioritas, tonalita; depósitos de material superficial inconsolidado que constituyen terrazas aluviales y abanicos proluviales y aluviales); pendientes (15° - 45°); geomorfología (abanicos proluvio-aluviales, laderas de montañas y colinas); unidades hidrogeológicas (areniscas, lutitas, esquistos, filitas, lodolitas, limolitas, limoarcillitas y roca intrusiva) y cobertura vegetal (vegetación de zonas húmedas, bosques y matorrales, cultivos y páramo).
 12. El mapa de susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial nos muestra que las áreas de alta susceptibilidad corresponden a las llanuras de inundación ocasional a excepcional de los ríos Piura, Chira, Huancabamba, Quiroz, Chipillico, Chignia, Huancabamba y Olmos. Los procesos de inundaciones son observados también a lo largo de la planicie alta denominada meseta andina y el relieve depresionado en la costa. Incluyen zonas urbanas y asentamientos urbanos ubicados dentro de las áreas de inundación normal a excepcional, terrenos de cultivo y vías de comunicación.
 13. Las zonas con susceptibilidad media a las inundaciones se ubican a lo largo de torrenteras, quebradas y ríos de la cuenca baja. Estas áreas están sujetas a inundación y erosión fluvial con precipitaciones pluviales excepcionales (valle del río Quiroz). Se presenta erosión fluvial con precipitaciones pluviales excepcionales en quebradas y valles de zonas plano onduladas y montañosas (río Samán y quebradas de régimen excepcional en la cuenca baja). Asimismo, existe presencia de inundaciones en terrenos plano-ondulados donde se ubican poblados importantes (Sullana, Las Lomas, etc.).
 14. La evaluación de campo en la infraestructura y centros poblados determinó, por sus características de potencialidad de peligro y vulnerabilidad asociada, un total de 48 zonas críticas. Resaltan en importancia las áreas de:
 - Valle del río Piura entre las localidades de Catacaos-puente Independencia-Fundo La Joya; puente Salitral; puente Carrasquillo; Castilla; puente Sechura; carretera Olmos-Pucará; Buenos Aires. Valle del río Chira entre las localidades de Amotape-Vichayal; Amotape-Tamarindo-La Huaca; Salitral-Sullana (**peligros por erosión fluvial e inundaciones**).
 - Sectores de Pueblo Nuevo, Las Viudas, carretera Las Lomas - Chipillico – Sapillica; entre la Pampa Elera y la quebrada Huabal, Sausal en Ayabaca; Aranza-El Puerto; carretera Las Lomas-Chipillico- Sapillica entre los sectores quebrada Huabal y Zapotal; carretera Olmos-Pucara; Panamericana Norte km 85+000 al km 90+001; Panamericana Norte entre el km 109+000 al km 111+901; antigua carretera Lobitos-El Alto; entre las localidades de Cabo Blanco y El Ñuro; Panamericana Norte entre la quebrada El Verde y el distrito de Los Órganos; Panamericana Norte entre los Órganos y Máncora; carretera Las Positas-Vichayito; Talara; carretera Talara-

- Negritos; Panamericana Norte, entre las quebradas Pariñas y Honda; Panamericana Norte entre la Brea y el desvío Talara – Tumbes; Panamericana Norte km 1067 al km 1075; carretera Amotape – Talara; Buenos Aires, entre Lindero del Ala y Hualas; entre Malacasí y Serrán; entre Salitral-Bado de Garzas; carretera Paita-La Isllilla; carretera Sullana-Lancones; Panamericana Norte km 1046 al Km 1058; entre la Quebrada Samán y Quebrada Charanal **(peligros por flujos de detritos y lodo)**.
- Carretera de acceso a Ayabaca; Cerro Balcán; desvío carretera a Aypate; carretera Ayabaca-Espindola; tramo entre Anchala y Samanguilla; carretera a Huancabamba-Sondor-Tacarpo; poblado de Huancabamba; carretera Huancabamba-Sondorillo-Huarmaca; sector Santa Rosa, desvío a Canchaque; carretera San Miguel del Faique-Huarmaca; Las Pampas en Pacaipampa; Paita (peligros por derrumbes, deslizamientos, movimientos complejos, flujos de tierra y erosión de laderas).
 - Áreas sujetas a erosión marina se encuentran a lo largo de la faja litoral en la zona del balneario de La Esmeralda de Colán y el Puerto de Paita, en donde las viviendas y comercios, han sido ubicadas muy cerca de la línea de costa expuestas a la acción de la dinámica marina.
15. El estudio de la sismicidad en la región Piura indica que se han producido sismos con intensidades de hasta IX en la escala modificada de Mercalli y con magnitudes de hasta 7.8 Ms en la escala de Richter.
 16. La distribución espacial de los sismos instrumentales indica mayor actividad sísmica en la zona de subducción de la costa. Hacia el continente las profundidades focales de los sismos de la zona de Benioff aumentan.
 17. De acuerdo al Mapa de Zonificación Sísmica (Norma Técnica de Edificación E.030), la región de Piura se encuentra en la Zona 3 (Sismicidad Alta) y le corresponde un factor de $Z=400$ gals, se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad del 10% de ser excedida en 50 años.
 18. El litoral costero de la región se caracteriza por la ocurrencia de sismos de gran magnitud en la zona de convergencia (subducción). Estos eventos han causado severos daños por vibraciones e inundación por tsunamis, como el causado el 12 de diciembre del año 1953, razón por la cual la zona costera de la región Piura debe de estar alerta ante cualquier evento similar recurrente.
 19. Según el factor detonante de sismicidad le correspondería a Piura la categoría de Alta (A) a Muy Alta (AA) sismicidad; en consecuencia para 20 años, que oscilan entre 250 a 275 gals le correspondería la categoría de Alta (A); para 50 años de vida útil, varían de 311 a 340 gals le corresponden a Muy Alta (AA) y para 100 años, varían de 346 a 394 gals, le corresponden la categoría Muy Alta (AA).

BIBLIOGRAFÍA

- Alva, J.E.; Meneses, J. & Guzmán, V. (1984) - *Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú* (en línea). Ponencia presentada en el V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, 12-18 Noviembre de 1984. (consulta: 5 noviembre 2009). Disponible en: <http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/redacis/redacis17_a.pdf>
- Bernal, I. & Tavera, H. (2002) - *Geodinámica, sismicidad y energía sísmica en Perú* (en línea). Lima: Instituto Geofísico del Perú, 63 p. (consulta: 3 noviembre 2009). Disponible en: <http://www.igp.gob.pe/igp/images/documents/64/publicaciones/otras_publicaciones/monografias/sismicidad_tectonica_peru_Bernal_Tavera.pdf>
- Cahill, T.A. & Isacks, B.L. (1991) - Seismicity and shape of the subducted Nazca plate. *Journal of Geophysical Research*, 97(B12): 17503-17529.
- Caldas, J.; Palacios, O.; Pecho, V. & Vela, Ch. (1980) - Geología de los cuadrángulos de Bayóvar, Sechura, La Redonda, Pta. La Negra, Lobos de Tierra, Las Salinas y Morrope. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 32, 78 p.
- Carpio, J. & Tavera, H. (2002) - Estructura de un catálogo de tsunamis para el Perú basado en el Catálogo de Gusiakov. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (94): 45-59.
- Casaverde, L. & Vargas, J. (1980) - *Zonificación sísmica del Perú*. Lima: Pont. Univ. Católica del Perú, 32 p., PUC Serie Difusión, trabajo presentado en el II Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sismo Resistente, Lima, 1980.
- Castro, E.; Ojeda, J.; Valencia, A. & Fonseca, S. (2001) - *Evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa: Guía metodológica*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería e INGEOMINAS, 166 p.
- Chalco, A. (1955) - Estudio geológico preliminar de la región Sullana-Lancones. *Boletín Técnico Empresa Petrolera Fiscal*, (3): 45-62.
- Corporación Andina de Fomento (2000) - *El fenómeno El Niño 1997 - 1998: Memoria, retos y soluciones. Volumen V: Perú*. Caracas: CAF, 293 p.
- Egüez, A.; Alvarado, A. & Yépez, H. (2003) - *Compilación de estructuras cuaternarias en el Ecuador*. Quito: Escuela Politécnica Nacional, Departamento de Geología e Instituto Geofísico.
- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas – EIRD (2009) - *Terminología sobre reducción del riesgo de desastres* (en línea). Ginebra: UNISDR, 38 p. (consulta: 10 julio 2009). Disponible en: <http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf>
- García, K. (2008) – *Zonificación ecológica-económica de Piura: Memoria descriptiva hidrogeológica, Informe Final* (en línea). Piura: Gobierno Regional de Piura, 40 p. (consulta: 10 mayo 2008). Disponible en: <<http://es.scribd.com/doc/92004379/MEMORIA-HIDROGEOLOGICA-2x>>
- Imbrie, J. (1993) - SPECMAP Archive n. 4. Boulder, CO: NOAA/NGDC Paleoclimatology Program.
- Instituto Geofísico del Perú (2005) - *Datos de intensidades sísmicas* (en línea). Lima, Centro Nacional de Datos Geofísicos, Instituto Geofísico del Perú. (consulta: 20 noviembre 2008). Disponible en: <www.igp.gob.pe/sismologia/bds/catalogo>
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2000) - Estudio de riesgos geológicos del Perú, Franja N° 1. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 23, 330 p.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (1996) - Guía explicativa del mapa potencial 1995. Lima: INRENA, 148 p.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (2002) - *Inventario de fuentes de agua subterránea en el valle Piura (parte alta)* (en línea). Lima: INRENA, 122 p. (consulta: 8

- octubre 2008). Disponible en: <http://www.ana.gob.pe/media/295549/fuente_agua_subterranea_alto_piura.pdf>.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (2004) - *Inventario de fuentes de agua subterránea en el valle medio y bajo Piura: informe final* (en línea). Lima: INRENA, 143 p. (consulta: 7 octubre 2008). Disponible en: <http://www.ana.gob.pe/media/295913/fuente_agua_subterranea_medio_bajo_piura.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.
- Lockridge, P.A. (1985) - *Tsunamis in Perú-Chile* (en línea). Boulder, CO: World Data Center A for Solid Earth Geophysics, 97 p. Report SE-39. (consulta: 15 agosto 2008). Disponible en: <<http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/data/publications/Wdcse-39.pdf>>
- Macharé, J. & Ortlieb, L. (1994) - Morfoestratigrafía de los tablazos del noroeste peruano: neotectónica y fluctuaciones del nivel del mar. En: Congreso Peruano de Geología, 8, Lima, 1994, *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 238-241.
- McGuire, R.K. (1976) - Fortran computer program for seismic risk analysis. *U.S. Geological Survey, Open-File Report 76-0067*, 90 p. (consulta: 28 noviembre 2008). Disponible en: <<http://pubs.er.usgs.gov/usgspubs/ofr/ofr7667>>
- Naciones Unidas. Departamento de Asuntos Humanitarios. (1994) *Tsunamis: Evacuación de la población y planes de uso del suelo para mitigar sus efectos*. Lima: INDECI-Marina de Guerra del Perú. 50 p. También disponible en: <<http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/doc163/doc163.pdf>>
- Núñez, S. & Zegarra, J. (2006) - Estudio geoambiental de la cuenca del río Puyango-Tumbes. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 32, 222 p.
- Pacific Consultants International (2002) - *Estudio de prefactibilidad para obras hidrológicas del río Puyango-Tumbes, tomo I, vol. III, anexo XII: medio ambiente y conservación ecológica*. Plan Binacional de Desarrollo de la Región Fronteriza Perú-Ecuador. Lima: Pacific Consultants, 66 p.
- Palacios, O. (1994) - Geología de los cuadrángulos de Paita, Piura, Talara, Sullana, Lobitos, Quebrada. Seca, Zorritos, Tumbes, Zarumilla. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 54, 190 p.
- Perú: Ministerio de Energía y Minas (2008) - *Anuario estadístico de electricidad 2008*. Lima: MINEM, Dirección General de Electricidad, 202 p.
- Reyes, L. & Caldas, J. (1987) - Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 39, 83 p.
- Roca Rey, B. (2009) - *Atlas geográfico, económico y cultural del Perú*. Lima: Producciones Cantabria, 95 p.
- Sébrier, M.; Huamán, D.; Blanc, J.L.; Macharé, J. Bonnot, D. & Cabrera, J. (1982) - *Observaciones acerca de la neotectónica del Perú*. Lima: Instituto Geofísico del Perú, 107 p.
- Servicio Nacional de Normalización, Capacitación e Investigación para la Industria de la Construcción (2003) - Reglamento Nacional de Construcciones. Norma Técnica de Edificación NTE.030. Diseño Sismoresistente (en línea). Lima: SENCICO, 38 p. (consulta: 10 junio 2008). Disponible en: <http://www.igp.gob.pe/web_page/images/documents/l_torres/norma_tecnica_edificaciones.pdf>
- Silgado, E. (1951) - The Ancash Earthquake of November 10, 1946. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 41(2): 83-99.
- Silgado, E. (1978) - Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974). *Instituto de Geología y Minería, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ing. Geológica*, 3, 130 p.
- Tavera, H. & Buforn, E. (2001) - Source mechanism of earthquakes in Peru. *Journal of Seismology*, 5(4): 519-539
- Tavera, H. & Bernal, I. (2005) - Distribución espacial de áreas de ruptura y lagunas sísmicas en el borde oeste del Perú. En: Arce, J., ed. *Alberto Giesecke Matto*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, Volumen Especial, 6, p. 89-102.
- Taype, V. (1971). *Observaciones geológicas de los daños producidos por el sismo del 9 de diciembre de 1970 en los departamentos de Piura y Tumbes*, informe inédito. Lima: Servicio Nacional de Geología y Minería.

Vilchez, M.; Nuñez, S. & Valenzuela, G. (2006) - Estudio geoambiental de la cuenca del río Chira-Catamayo. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ing. Geológica*, 31, 271 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.

RELACIÓN DE MAPAS E ILUSTRACIONES

Mapas a escala 1: 250 000

Mapa 1	Cobertura vegetal y uso del suelo
Mapa 2	Litológico
Mapa 3	Hidrogeológico
Mapa 4	Pendientes
Mapa 5	Geomorfológico
Mapa 6	Inventario de peligros geológicos
Mapa 7	Zonas críticas
Mapa 8	Susceptibilidad a movimientos en masa
Mapa 9	Susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial

Figuras

Figura 2.1	Mapa de ubicación de la región Piura
Figura 2.2	Mapa de precipitación acumulada durante el periodo lluvioso normal y con el fenómeno de El Niño 1997/1998. Fuente: SENAMHI, 2003-Atlas de peligros naturales
Figura 2.3	Mapa climático de la región Piura. Fuente: SENAMHI (1988)
Figura 2.4	Descargas promedio mensual del río Chira (Piura) en periodo normal y durante los fenómenos de El Niño de 1982-83 y 1997-98 (m ³ /s).Fuente: MINAG con base en información del SENAMHI (en Corporación Andina de Fomento, 2002)
Figura 2.5	Descargas promedio mensual del río Piura (Piura) en periodo normal y durante los fenómenos de El Niño de 1982-83 y 1997-98 (m ³ /s).Fuente: MINAG con base en información del SENAMHI (en Corporación Andina de Fomento, 2000)
Figura 5.1	Imagen Google Earth, donde se puede apreciar las montañas estructurales (Me) en el cerro Cabuyal, distrito de Suyo, provincia de Ayabaca, Piura
Figura 5.2	Colinas estructurales (Ce) entre las quebradas Jabonillos y Pilares, distrito de Lancones, provincia de Sullana-Piura. Imagen Google Earth
Figura 5.3	Relieve depresionado (Rd) en el sector de pampa de Michales, en el distrito de Sechura, cubierto en parte por un cordón de dunas (Cd). Imagen Google Earth
Figura 5.4	Cerro Peroles, con piedemontes aluviales en sus faldas. Imagen Google Earth
Figura 5.5	Barra de arena en la desembocadura del río Chira, Piura. Imagen Google Earth
Figura 6.1	Sismo ocurrido el 12 de diciembre de 1953 (Mb=7.7). (Silgado, 1978)
Figura 6.2	Terremoto del 9 de diciembre de 1970, máxima intensidad de IX en la escala MM. (Silgado, 1978)
Figura 6.3	Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas para Piura
Figura 6.4	Distribución espacial de los Sismos en los alrededores de la región Piura (Fuente: Instituto Geofísico del Perú, 2005)

- Figura 6.5** Distribución de isoaceleraciones (gals) para un 10 % de excedencia en 20 años (región Piura)
- Figura 6.6** Distribución de isoaceleraciones (gals) para un 10 % de excedencia en 50 años (región Piura)
- Figura 6.7** Distribución de isoaceleraciones (gals) para un 10 % de excedencia en 100 años (región Piura)
- Figura 6.8** Ubicación de la región Piura dentro del mapa de Zonificación Sísmica del Perú
- Figura 6.9** Curva de peligro sísmico anual para la ciudad de Piura
- Figura 6.10** Curva de peligro anual para la ciudad de Ayabaca
- Figura 6.11** Carta de inundación en caso de tsunami en la Caleta Constante – Sechura-Piura. Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (2011)
- Figura 6.12** Carta de inundación en caso de tsunami en la Caleta Lobitos – Piura. Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (2011)
- Figura 6.13** Carta de inundación en caso de tsunami en la Caleta Órganos-Piura. Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (2011)
- Figura 6.14** Carta de inundación en caso de tsunami en la Caleta Máncora-Piura
- Figura 6.15** Carta de inundación en caso de tsunami en la Caleta Parachique-Piura. Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (2011)
- Figura 6.16** Carta de inundación en caso de tsunami en el Puerto Paita -Piura. Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (2011)
- Figura 6.17** Carta de inundación en caso de tsunami en el Puerto Talara-Piura. Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú (2011)
- Figura 8.1** Efecto de una escollera sobre la resistencia del terreno (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.2** Colocación de escollera (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.3** Esquema de un talud con bermas intermedias (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.4** Detalle de una canaleta de drenaje superficial (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.5** Disposición de sistema de drenaje en taludes no homogéneos (CANMET, 1997)
- Figura 8.6** Esquema de drenaje de un talud por medio de drenes californianos (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.7** Posición óptima de una galería de drenaje (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.8** Drenaje de superficie de deslizamiento desde una galería de drenaje (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.9** Disposición de zanjas de drenaje en un talud (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.10** Zanjas de talud (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.11** Drenaje tipo espina de pescado (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.12** Detalles de un anclaje y ejemplos de aplicación (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.13** Contención de un deslizamiento mediante un muro (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.14** Relleno estabilizador sostenido por el muro (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.15** a) Muro de sostenimiento b) Muro de contención c) Muro de revestimiento (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.16** A) Muros de gravedad de piedra seca
- Figura 8.16** B) Muros de gravedad de piedra argamasada (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.17** Muros de gravedad de concreto ciclópeo (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.18** Muros de espesor máximo (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.19** Muros en L (tomado de INGEMMET, 2000)

- Figura 8.20** Muros de concreto armado tipo flexión (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.21** Muro de gavión
- Figura 8.22** Ejemplo de muros con pilotes (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.23** Ejemplo de muros de pantalla (tomado de INGEMMET, 2000)
- Figura 8.24** Obras hidráulicas transversales para el control de la erosión en cárcavas
- Figura 8.25** Trincho de matorral tipo doble hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964)
- Figura 8.26** Trincho de matorral tipo una hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964)
- Figura 8.27** Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina (adaptado de Valderrama et al., 1964)
- Figura 8.28** Vista en planta y en perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables
- Figura 8.29** Protección del lecho de la quebrada con muros escalonados (andenes), utilizando bloques de roca o concreto armado
- Figura 8.30** Protección de márgenes con enrocados, espigones y siembra de bosques ribereños
- Figura 8.31** Presas transversales a cursos de quebradas

Cuadro

- Cuadro 2.1** Provincias y distritos de la región Piura
- Cuadro 2.2** Distribución de la población a nivel de provincias de la región Piura. Fuente: INEI, Censo Nacional de Población y Vivienda 2007
- Cuadro 2.3** PEA por sexo en la región Piura. Fuente: INEI (Censos Nacionales: XI de población y VI de vivienda, 2007)
- Cuadro 2.4** Tipo de vivienda en la región Piura. Fuente: INEI (CPV 2007)
- Cuadro 2.5** Distribución de viviendas por área en las región Piura. Fuente: INEI (Censos Nacionales: XI de población y VI de vivienda, 2007)
- Cuadro 2.6** Material de construcción usado en las viviendas de la región Piura. Fuente: INEI (Censos Nacionales: XI de población y VI de vivienda, 2007)
- Cuadro 2.7** Alumbrado eléctrico por tipo de vivienda en la región Piura. Fuente: INEI (Censos Nacionales: XI de población y VI de vivienda, 2007)
- Cuadro 2.8** Tipo de abastecimiento de agua en viviendas de la región Piura. Fuente: INEI (Censos Nacionales: XI de población y VI de vivienda, 2007)
- Cuadro 2.9** Tipo de servicio higiénico en viviendas de la región Piura. Fuente: INEI (Censos Nacionales: XI de población y VI de vivienda, 2007)
- Cuadro 2.10** Tipo de energía que usan para cocinar los hogares en la región Piura. Fuente: INEI (Censos Nacionales: XI de población y VI de vivienda, 2007)
- Cuadro 2.11** Red vial por tipo de red y superficie de la región Piura. Fuente: Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTC-2006).
- Cuadro 2.12** Aeropuertos de la región Piura.
- Cuadro 2.13** Instalaciones portuarias marítimas de la región Piura. Fuente: Plan Nacional de Desarrollo Portuario (SPN-MTC-2005.1)
- Cuadro 2.14** Centrales hidroeléctricas en la región Piura. Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2008
- Cuadro 2.15** Centrales térmicas en la región Piura
- Cuadro 2.16** Sistema de abastecimiento regulado. Fuente: Gobierno Regional Piura (GRP, 2005)

Cuadro 2.17	Climas en la región Piura
Cuadro 2.18	Áreas naturales protegidas en la región Piura. Fuente: elaborados con datos del INRENA, 2009
Cuadro 4.1	Disponibilidad de Aguas Subterráneas en el Acuífero Poroso No Consolidado 1. Fuente: INRENA 2002
Cuadro 6.1	Cronología y relato histórico de los principales peligros geológicos en la región Piura
Cuadro 6.2	Descripción de las principales caídas
Cuadro 6.3	Descripción de los principales derrumbes
Cuadro 6.4	Descripción de los principales deslizamientos
Cuadro 6.5	Descripción de los principales flujos de detritos (huaicos)
Cuadro 6.6	Descripción de los principales flujos de lodo
Cuadro 6.7	Descripción de los principales flujos de tierra
Cuadro 6.8	Descripción de las principales avalanchas de rocas
Cuadro 6.9	Descripción de las principales zonas afectadas por procesos de reptación de suelos
Cuadro 6.10	Descripción de principales movimientos complejos
Cuadro 6.11	Descripción de principales erosiones fluviales
Cuadro 6.12	Descripción de principales inundaciones fluviales
Cuadro 6.13	Descripción de principales erosiones marinas
Cuadro 6.14	Descripción de los principales arenamientos
Cuadro 6.15	Descripción de las principales zonas afectadas por erosión de laderas
Cuadro 6.16	Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Piura
Cuadro 6.17	Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Ayabaca
Cuadro 6.18	Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Huancabamba
Cuadro 6.19	Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Morropón
Cuadro 6.20	Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Paita
Cuadro 6.21	Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Sechura
Cuadro 6.22	Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Piura
Cuadro 6.23	Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Ayabaca
Cuadro 6.24	Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Huancabamba
Cuadro 6.25	Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Talara
Cuadro 6.26	Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Morropón
Cuadro 6.27	Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Paita
Cuadro 6.28	Zonas críticas por peligros geológicos en la provincia de Sullana
Cuadro 6.29	Descripción de los datos macrosísmicos ocurridos en la región Piura
Cuadro 6.30	Clasificación del factor detonante (sismicidad)
Cuadro 6.31	Localidades de la costa de la región Piura que reportaron tsunamis originados en Perú y en otras regiones. Fuente: Lockridge, P. (1985)
Cuadro 7.1	Variables y porcentajes
Cuadro 7.2	Valoración del tipo de pendiente
Cuadro 7.3	Valoración de las unidades litológicas

- Cuadro 7.4** Valoración de las unidades geomorfológicas
- Cuadro 7.5** Valoración de las unidades hidrogeológicas
- Cuadro 7.6** Valoración de las unidades de cobertura vegetal y uso del suelo
- Cuadro 7.7** Ponderación de variables en el análisis de la susceptibilidad a las inundaciones
- Cuadro 7.8** Valoración de las unidades geomorfológicas a la inundación
- Cuadro 7.9** Valoración del tipo de pendiente
- Cuadro 7.10** Susceptibilidad a las inundaciones

Gráfico

- Gráfico 2.1** Extensión de las provincias de la región Piura, Fuente: INEI, 2007
- Gráfico 2.2** Distribución poblacional por provincias de la región Piura, 2007. Fuente: INEI, CPV- 2007
- Gráfico 2.3** Distribución de la población por sexo y edad, en la región Piura, 2007. Fuente: INEI, Censo Nacional de Población y Vivienda 2007
- Gráfico 2.4** Población por sexo, región Piura, 2007. Fuente: INEI (CPV 2007)
- Gráfico 2.5** Distribución de la población por áreas de residencia, en provincias de la región Piura, 2007. Fuente: INEI (CPV 2007)
- Gráfico 2.6** Población que sabe leer y escribir mayor de 4 años, por provincias en la región Piura, 2007. Fuente: INEI (Censos Nacionales: XI de población y VI de vivienda, 2007)
- Gráfico 6.1** Distribución de los peligros naturales en la región Piura
- Gráfico 6.2** Distribución de movimientos en masa en la región Piura

Fotografía

- Fotografía 3.1** Izquierda. Depósitos fluviales dentro del cauce del río Huancabamba, distrito de Huancabamba, Piura, mayo de 2009
- Fotografía 3.2** Derecha. Tablazo lobitos, conformado por conglomerados y areniscas, color blanquecino, localidad de Vise, Piura. Junio 2009
- Fotografía 3.3** Mantos de arena con presencia de dunas móviles y dunas detenidas por la vegetación, sector de pampa Yapato, distrito de Sechura, Piura, junio de 2009
- Fotografía 3.4** Cabeceras de la quebrada El Verde, en donde se puede observar el Tablazo Máncora sobre la formación Talara. En el extremo inferior derecho de la fotografía se pueden ver los conglomerados del Tablazo Máncora, octubre de 2009.
- Fotografía 3.5** Granito Paltashaco, sector La Aranza, distrito y provincia de Ayabaca, Piura, agosto de 2009
- Fotografía 3.6** Tonalita-diorita Pambarumbe, sector Pueblo Nuevo, corte del talud superior de la carretera Sapillica-Pueblo Nuevo, provincia de Ayabaca, Piura, agosto, de 2009
- Fotografía 3.7** Granodiorita-tonalita Suyo, sector de cerro Tondopa, corte del talud superior de la carretera El puente -Lagunas, distrito de Lagunas, provincia de Ayabaca, Piura, agosto de 2009
- Fotografía 3.8** Stock de gabro que una presenta patina de realteración color rojiza, sector de Lancones, Sullana-Piura
- Fotografía 3.9** Tobas andesíticas del volcánico Porculla, carretera Olmos-Pucara km 49+620, junio de 2009
- Fotografía 3.10** Volcánico Llama en la zona de Infiernillo, distrito de Sontor, Provincia de Huancabamba, Piura, mayo de 2009
- Fotografía 3.11** Brechas piroclásticas y lavas masivas, del volcánico Llama, carretera Ayabaca-Espindola, provincia y distrito de Ayabaca, Piura, agosto de 2009

- Fotografía 3.12** Unidad de rocas volcánico-sedimentarias aflora en un sector de la carretera Las Lomas–Suyo. Se observa una secuencia de lavas andesíticas.
- Fotografía 3.13** Formación San Pedro, conformada por areniscas y lutitas; carretera Chulucanas-San Pedro- Frías, agosto de 2009
- Fotografía 3.14** Formación Talara suprayaciendo a la formación Chacra, quebrada Parinas, distrito de Talara, Piura
- Fotografía 3.15** Afloramiento de la formación Verdúm, en el sector de Luis Alva Castro, distrito y provincia de Talara, Piura, octubre de 2009
- Fotografía 3.16** Afloramiento de parte de la formación Miramar conformada por areniscas y conglomerados, en el cerro San Francisco, distrito de Querecotillo, provincia de Sullana, región Piura
- Fotografía 3.17** Subunidad V-3, aflora en la quebrada Huatería, distrito de Lancones, provincia de Sullana, región Piura.
- Fotografía 3.18** Secuencia sedimentaria del Grupo Goyllarisquizga, sector cerro el Virrey, carretera Piura-Olmos, en la base se tiene a la formación Salas, que conforma relieves más suaves, junio de 2009.
- Fotografía 3.19** Afloramiento de esquistos del Complejo Olmos, altura del km 55 de la carretera Olmos-Pucará, distrito de Huarmaca, provincia de Huancabamba, Piura
- Fotografía 3.20** Afloramiento de Pizarras y filitas en la Silla de Paita, provincia de Paita, región Piura.
- Fotografía 5.1** Izquierda; montañas de rocas intrusivas, conforman las laderas de la quebrada Shumaya, en el distrito de Sondor-Huancabamba. Piura, mayo de 2009
- Fotografía 5.2** Derecha; montañas en rocas intrusivas en el sector de la Aranza-Pacaipampa, Piura, agosto de 2009
- Fotografía 5.3** Izquierda; montañas modeladas en roca volcánica, cerro Sequir-Sondorillo, Huancabamba, mayo de 2009
- Fotografía 5.4** Derecha; montañas en el sector de Huancacarpó-Huancabamba, mayo de 2009
- Fotografía 5.5** Izquierda; vista de montañas modeladas en rocas volcánico-sedimentarias en Pacaipampa, Piura, diciembre de 2003
- Fotografía 5.6** Derecha; vista del cerro Negro, presenta laderas empinadas y cumbre redondeada, Huancabamba-Piura, mayo de 2009
- Fotografía 5.7** Izquierda; montañas modeladas en roca metamórfica; cerro Tortero, en el sector de Tacarpo, distrito de Sondor-Huancabamba, Piura, mayo de 2009
- Fotografía 5.8** Derecha; vista panorámica de la quebrada Aragoto, labrada en montañas de roca metamórfica, Ayabaca-Piura, agosto de 2009
- Fotografía 5.9** Izquierda; Montañas sedimentarias, cerro Piedras Gordas, frente al sector de Lindero del Ala, distrito de Morropón-Piura, agosto de 2009
- Fotografía 5.10** Derechas, montañas sedimentarias, conformadas por secuencias de la formación Goyllarisquizga en el río Chignia, distrito de Huarmaca-Piura, agosto de 2009
- Fotografía 5.11** Colinas y lomadas volcánico-sedimentarias, en el sector de Loma del Medio, distrito de Lagunas, provincia de Ayabaca, Piura, agosto de 2009
- Fotografía 5.12** Izquierda, colinas metamórficas en el sector de El Ala, distrito de Buenos Aires, provincia de Morropón, Piura, agosto de 2009
- Fotografía 5.13** Vista de la Silla de Paita, distrito de Paita, constituida por rocas metamórficas, diciembre de 2003
- Fotografía 5.14** Lomadas cubiertas con vegetación arbustiva en el sector de Lancones, provincia de Sullana, diciembre de 2003
- Fotografía 5.15** Vista del valle del río Piura, en la margen derecha destaca el cerro Vicús, distrito de Chulucanas, provincia de Morropón, Piura, agosto de 2009
- Fotografías 5.16 y 5.17** Vistas de la meseta andina en las alturas de Frías, Piura
- Fotografía 5.18** Izquierda: río San pablo, sector de Encuentros, Pacaipampa-Piura, agosto de 2009
- Fotografía 5.19** Derecha: río San Pedro, en la meseta andina, distrito de Frías-Piura, agosto de 2009

- Fotografía 5.20** Izquierda: Llanura inundable de la quebrada Fernández, límite entre las regiones Piura y Tumbes, octubre de 2009
- Fotografía 5.21** Derecha: Llanura inundable del río Piura, sector de Salitral, mayo de 2009
- Fotografía 5.22** Terrazas aluviales del río Chira, Piura; agosto de 2009
- Fotografía 5.23** Terrazas aluviales del río Piura; se desarrollan actividades agrícolas; agosto de 2009
- Fotografía 5.24** Islas fluviales en el cauce del río Piura, sector de Hualas, distrito de Buenos Aires, Provincia de Morropón, Piura; mayo de 2009
- Fotografía 5.25** Deslizamiento en los acantilados de Paita, Piura, agosto de 2009
- Fotografía 5.26** Depósito de movimiento complejo en el sector de Condorhuachina, margen derecha del río Huala, distrito de Frías, Piura, agosto de 2009
- Fotografía 5.27** Piedemontes aluvio-torrenciales en el sector de Totorá, distrito de La Brea, provincia de Talara, Piura, junio de 2004
- Fotografía 5.28** Abanico de piedemonte en la desembocadura de la quebrada Huanabano, margen derecha del río Chignia, distrito de Huarmaca, Piura, agosto de 2009
- Fotografía 5.29** Mantos de arena que avanzan y cubren la carretera de acceso al sector de Tortuga, distrito de Vice, provincia de Sechura, Piura; agosto de 2009
- Fotografía 5.30** Izquierda, planicie costera en el sector de La Brea, provincia de Talara, Piura; abril de 2004
- Fotografía 5.31** Derecha, planicie costera en el sector de Chapayra, distrito de Castilla, Piura; agosto de 2009
- Fotografía 5.32** Vista panorámica de la llanura disectada, margen derecha de la quebrada Pariñas, distrito de Talara, Piura. Octubre, 2009
- Fotografía 5.33** Faja litoral, playa San Pablo, distrito de Vice, provincia de Sechura, Piura, agosto de 2009
- Fotografía 5.34** Vista del estuario de Virrilá desde el puente Virrilá, distrito de Sechura, Piura; junio de 2009
- Fotografía 5.35** Vaso de la presa de San Lorenzo, distrito de Las Lomas, Piura, agosto de 2009
- Fotografía 6.1** Caída de rocas sobre una vivienda ubicada en la trocha carrozable Ayabaca-Sausal, región Piura
- Fotografía 6.2** Caída de rocas desde acantilados de areniscas poco consolidadas en el sector de Pariñas, distrito de Talara, región Piura
- Fotografía 6.3** Derrumbes en carretera Nuevo Hualapampa - Huarmaca a la altura del km 46+400 y el puente Huancabamba, región Piura
- Fotografía 6.4** Derrumbes en carretera asfaltada Olmos-Jaén, a la altura del km 56+620, región Piura
- Fotografía 6.5** Derrumbes en carretera asfaltada Olmos-Jaén, a la altura del km 55+200, región Piura
- Fotografía 6.6** Sector las Pampas, deslizamiento antiguo que se comportó como flujo, presenta reactivaciones en el cuerpo por sectores como deslizamientos, reptación de suelos y derrumbes. Distrito de Pacaipampa, provincia de Ayabaca, región Piura
- Fotografía 6.7** Distrito de Paita, cerca de Punta Cuñus; deslizamiento rotacional en acantilado de Paita, detrás de las fábricas de harina y conservas de pescado (La Molinera), presenta asentamiento en la cabeza del deslizamiento; región Piura
- Fotografía 6.8** Sector El Higuérón, zona generalmente afectada por constantes deslizamientos y derrumbes. Destruyó una vivienda en el año 2009 y está afectando la carretera. Presenta suelo saturado. Además, presenta erosión en cárcava de actividad retrogresiva, en el km 13+940. Distrito de San Miguel de El Faique, provincia de Huancabamba, región Piura
- Fotografía 6.9** Quebrada Huaychau, por donde discurre flujo de detritos; forma abanico en la margen derecha del río Huancabamba. Distrito de Huarmaca, provincia Huancabamba

- Fotografía 6.10** Flujo de detritos que se genera en periodos de El Niño y se encauzan por torrentera que cruza el poblado de Serrán; distrito de Salitral, provincia de Morropón
- Fotografía 6.11** Flujo de detritos discurre por la quebrada Unguio, la cual ha sido encauzada aguas abajo; distrito y provincia de Huancabamba
- Fotografía 6.12** Huayco de la quebrada Palo Blanco, en el sector San Juan de Bigote. Todos los años acarrea flujo, material conformado por bloques subredondeados y árboles de algarrobos; distrito de San Juan de Bigote, provincia de Morropón
- Fotografía 6.13** Km 65+00 de la carretera Sullana-Talara, donde se genera un Flujo de detritos excepcional que discurre por el tributario de la quebrada Ancha, actualmente seca; destruyó 2 veces un tramo de la carretera Sullana-Talara y la alcantarilla, La Brea, Talara
- Fotografía 6.14** Huayco estacional, se presenta todos los años en épocas de lluvias (enero - marzo) discurre por la quebrada San Antonio, imposibilitando el tránsito por esta vía; distrito de San Miguel de El Faique, Provincia de Huancabamba
- Fotografía 6.15** Quebrada Pariñas, por donde discurren flujos de manera excepcional, el Flujo puede erosionar estribos del puente. A la entrada del puente se ha colocado diques para controlar la erosión. Distrito de Pariñas, provincia de Talara
- Fotografía 6.16** Flujo de lodo en quebrada Camal, se ha colocado un muro de contención en la margen izquierda para evitar erosión fluvial. Distrito de Mancora, provincia de Talara
- Fotografía 6.17** Zona donde se tienen flujos de lodo que discurren por torrenteras que desembocan en quebrada, que en su recorrido intersecta al poblado de Los Organos. Distrito de Los Órganos, provincia de Talara
- Fotografía 6.18** Sector Luís Alba Castro, Flujo de lodo excepcional, el cual ha sido canalizado aguas abajo de la quebrada. Distrito de Pariñas, provincia de Talara
- Fotografía 6.19** Urb. James Store, zona donde se producen flujos de lodo de forma excepcional, las torrenteras han sido canalizadas. Distrito de Pariñas, provincia de Talara
- Fotografía 6.20** Km 07+000 de la carretera Huancabamba-Sondor (Quebrada Pucutay), la plataforma se encuentra asentada y ondulada por el movimiento del terreno. Distrito de Sondor, provincia de Huancabamba
- Fotografía 6.21** Ciudad de Huancabamba, afectado por flujo de tierra activo, el cual produce agrietamiento e inclinación de las paredes de las viviendas, también deformación y asentamientos en las pistas
- Fotografía 6.22** Avalancha de rocas antiguo, cuyos materiales se depositan sobre la ladera actualmente cubierta con pastizales, sector Puente Fierro, distrito de Canchaque, provincia de Huancabamba
- Fotografía 6.23** Depósito de avalancha de rocas antiguo, en el sector de Palo Negro, distrito de San Juan de Bigote, provincia de Morropón
- Fotografía 6.24** Sector de Huallanay, movimiento en masa antiguo reactivado por sectores a manera de reptación de suelos, produce asentamientos en la carretera Huancabamba- Charanal. Distrito de San Miguel de El Faique, provincia de Huancabamba
- Fotografía 6.25** Reptación de suelos en los sectores de Pajonal y Botonal, se produce desgarro de cobertura vegetal, saltos y discontinuidades. Distrito y provincia de Huancabamba
- Fotografía 6.26** Cerro Caserío, donde se produjo un deslizamiento, cuyo material desplazado se comportó como flujo, el cual se encausó y discurre por una pequeña quebrada, aportando material al cauce de la quebrada Uchupata. Distrito de San Miguel de El Faique, provincia de Huancabamba
- Fotografía 6.27** Sector Santa Rosa, deslizamiento que presenta escarpas sucesivas, el material removido y saturado se comportó como flujo y se llevó parte de la carretera a Canchaque. Distrito de Canchaque, provincia de Huancabamba
- Fotografía 6.28** Erosión fluvial en la margen izquierda de la quebrada Hualapampa, al pie del cerro Minas, afecta 100 m de la carretera Hualapampa-Jaén. Distrito de Huarmaca, provincia de Huancabamba

- Fotografía 6.29** Canal-vía en Sullana, construido para evitar inundaciones en la ciudad con las lluvias excepcionales del fenómeno de El Niño. Distrito de Sullana, provincia de Piura
- Fotografía 6.30** Zona inundable en el sector de La Bocana de Miramar, terrenos bajos inundables hacia ambos márgenes del río Chira, distrito de Vichayal, provincia de Paita
- Fotografía 6.31** Erosión marina en la playa La Esmeralda de Colán, distrito de Colán, provincia de Paita. Afecta viviendas ubicadas muy cerca de la línea de costa; se han colocado enrocados para proteger las viviendas
- Fotografía 6.32** Erosión marina en el malecón de Máncora, ha destruido estructuras de concreto, provincia de Talara
- Fotografía 6.33** Puerto de Paita, erosión marina afecta estructuras del muelle y viviendas que se encuentran a pocos metros del mar, distrito y provincia de Paita.
- Fotografía 6.34** Arenamiento en la avenida Costanera del poblado de La Esmeralda-Colán, provincia de Paita. La arena se acumula sobre las paredes de las viviendas
- Fotografía 6.35** Sector Playa Cangrejos, campo de dunas de 3 m de altura, que invaden viviendas, veredas, postes de transmisión eléctrica y carretera de acceso a la playa. Distrito y provincia de Paita
- Fotografía 6.36** Sector de Nuevo Hualapampa, C° Celam Pampa afectado por erosión en surcos y cárcavas por donde también discurren flujos de detritos. Distrito de Huarmaca, provincia de Huancabamba
- Fotografía 6.37** Cerro Tortero, cortado por surcos y cárcavas, que afectan al poblado de Tacarpo y la carretera de acceso al poblado de Tuluze. Distrito de Sondor, provincia de Huancabamba
- Fotografía 6.38** Puente Independencia, vista aguas arriba. En su margen izquierda se han colocado espigones y gaviones para controlar la erosión
- Fotografía 6.39** Quebrada Caña Braval, en el sector de Pueblo Nuevo, por donde discurren flujos de detritos que pueden afectar viviendas del poblado
- Fotografía 6.40** Deslizamiento que compromete la carretera hacia Montero, sector Las Viudas
- Fotografía 6.41** Tramos de la carretera de acceso a Ayabaca, afectados por deslizamientos, erosión de laderas y flujos de detritos
- Fotografía 6.42** Carretera que conduce hacia el sitio arqueológico de Aypate, en el cerro Balcán, afectado por un deslizamiento activo que compromete tramo de carretera
- Fotografías 6.43** a y b Derrumbes, asentamientos y derrumbe-flujo de detritos, en la carretera Ayabaca-Espíndola, impiden el tránsito de vehículos
- Fotografía 6.44** (a) Viviendas afectadas por el asentamiento de terrenos en el distrito de Sondor. (b) Erosión de laderas intensa (badlands) en el sector de Infiernillo. (c) Flujo de lodo que obstruyen tramo de la carretera Sondor-Tacarpo
- Fotografía 6.45** (a) Viviendas en el distrito de Huancabamba, afectadas por un flujo de Tierra. (b) Quebrada Unguillo por donde discurren flujos. (c) Erosión fluvial e inundación de viviendas del sector La Perla
- Fotografía 6.46** Caída de rocas en el sector de la Perla-Huancabamba
- Fotografía 6.47** Tramo de la carretera Sondorillo-Huarmaca, cortado totalmente por la erosión en cárcavas intenso
- Fotografía 6.48** Derrumbe-flujo en el sector de Santa Rosa, que interrumpió el tránsito hacia los poblados de Canchaque y Huancabamba
- Fotografía 6.49** (a) Carretera San Miguel del Faique-Huarmaca, afectada por flujos de detritos (huaycos) que discurren por la quebrada San Antonio; (b) y (c) Viviendas del poblado de Higuierón, comprometidas por deslizamientos activos
- Fotografía 6.50** a y b Puente Salitral, se observa el valle amplio, con procesos de erosión en ambos márgenes
- Fotografía 6.51** Procesos de erosión marina que afecta viviendas en La Esmeralda del distrito de Colán, provincia de Paita
- Fotografía 6.52** Vista panorámica del valle del río Chira entre los distritos de Amotape (margen derecha) y El Arenal (margen izquierda), afectados por inundaciones y erosión fluvial que hicieron colapsar el puente Simón Rodríguez, actualmente habilitado solo para el tránsito peatonal
- Fotografía 6.53** Vista de los dos puentes que permiten el acceso a Sechura

- Fotografía 6.54** Vista de la amplia llanura de inundación del río Piura. Al lado izquierdo de la fotografía se observa viviendas del distrito de Sechura
- Fotografía 6.55** Vista del puente Sánchez Cerro sobre el río Piura
- Fotografía 6.56** Vista del puente Bolognesi, se observa los muros de concreto colocados en las márgenes del río
- Fotografías 6.57** a, b y c Río Piura Aguas abajo del puente Independencia, ha producido erosión fluvial, afectó dique de encauzamiento
- Fotografía 6.58** Carretera Las Lomas-Chipillico-Sapillica, sector Pampa Elera, por donde discurren flujos de detritos muy cerca de viviendas
- Fotografía 6.59** Poblado de Sausal, asentado cerca de quebrada activa por donde discurren flujos de detritos en forma periódica
- Fotografía 6.60** Carretera Aranza-El Puerto-Pacaypampa, se presentan gran cantidad de cárcavas y torrenteras por donde discurren flujos de detritos, que interrumpen el tránsito
- Fotografía 6.61** Sector Las Pampas, donde se presenta un deslizamiento-flujo de gran magnitud, reactivado con deslizamientos en el cuerpo, que puede afectar viviendas
- Fotografía 6.62** Carretera Chipillico-Sapillica, cortado por flujos de detritos
- Fotografía 6.63** a y b Carretera Olmos-Pucará, deslizamiento en márgenes de la quebrada Lindero a la altura del km 55+000; (b) derrumbe a la altura del km 55+200
- Fotografía 6.64** a y b Carretera Olmos-Pucará, tramo entre Tupac Amaru-Porculla, afectada por erosión fluvial y deslizamientos, que comprometen la plataforma de la carretera
- Fotografías 6.65** a) Panamericana Norte km 85+000 al km 90+001, cortada por la quebrada Honda por donde discurren flujos de detritos. b) Erosión en cárcavas retrogresiva que puede afectar tramo de carretera
- Fotografía 6.66** a) km 109 de la carretera Panamericana Norte, entre Sullana y Tumbes, cortado por flujo de detritos, donde se ha tenido que realizar una variación del trazo. b) Carretera Lobitos- El Alto, cortada por flujos de detritos en varios tramos
- Fotografía 6.67** Torrenteras encauzadas en el sector de Cabo Blanco. Las viviendas se ubican muy cerca de los cauces.
- Fotografía 6.68** Cabeceras de la quebrada El Verde, con avance retrogresivo de derrumbes y deslizamientos, que puede comprometer la carretera Panamericana Norte
- Fotografía 6.69** Quebrada Camal, tramo encauzado en el sector de Mancora
- Fotografía 6.70** Torrenteras encauzadas en el distrito de Los Órganos
- Fotografías 6.71** a y b Torrenteras encauzadas en la ruta Las Pocitas-Vichayito, en Mancora
- Fotografías 6.72** a y b Torrenteras secas ubicadas a alrededores de Talara, las cuales se activan de manera excepcional, afectando viviendas (AA. HH. Luis Alva Castro) y pueden cortar tramo de la carretera Talara-Vichayal
- Fotografía 6.73** Carretera Talara-Negritos, cortada en varios sectores por torrenteras que se activan excepcionalmente
- Fotografía 6.74** a, b y c Vista de la Quebrada encauzada con gaviones ubicada al norte de Talara, torrenteras por donde discurren flujo de lodo excepcionalmente. En el acantilado se presentan caída de rocas.
- Fotografía 6.75** a y b Carretera Panamericana Norte, entre las quebradas Pariñas y Honda. Tramo cortado de la carretera se ha variado el Trazo. Gaviones colocados en estribo de puente Quebrada Seca.
- Fotografía 6.76** Vista de flujo de detritos en la quebrada Pan de Azúcar, que cortó la carretera Panamericana Norte a la altura del km 65, se ha tenido que variar el tramo.
- Fotografía 6.77** Panamericana Norte entre el km 1067 al km 1075, por los flujos de lodo que discurren por las quebradas de forma excepcional durante el Fenómeno El Niño. Se ha tenido que realizar variantes en el trazo de la carretera.
- Fotografía 6.78** Tramo de la antigua carretera Amotape – Talara, la cual ha sido totalmente destruida por flujos de lodo y huaycos que se generaron durante los fenómenos de El Niño. Sobre la quebrada Billar se han colocado gaviones para contener la erosión en su margen derecha y proteger la tubería de agua potable que va a Talara.

- Fotografía 6.79** Carretera Morropón - Huancabamba, distrito de Buenos Aires. (a) Erosión de laderas en la margen izquierda del río Piura, sector de Chihuana (b) Carretera Morropón – Huancabamba, flujo de detritos que cruza por el poblado de Pedregal
- Fotografía 6.80** Carretera Morropón-Huancabamba, entre Lindero del Ala y Hualas, distrito de Buenos Aires. (a).- Erosión en la margen derecha del río Piura. (b).- Erosión en la margen izquierda de la quebrada Río Seco. (c).- Quebrada que se activa excepcionalmente con el fenómeno de El Niño, sector de Juan Velazco
- Fotografía 6.81** Carretera Morropón-Huancabamba, entre Malacasí y Serrán. (a).- Flujo excepcional en la localidad de Serrán. (b).- Flujo en la localidad de Malacasi
- Fotografía 6.82** Sectores de Salitral y Bado de Garzas. (a).- Flujo en el sector de Alan García. (b).- Quebrada Palo Blanco, por donde discurren flujos excepcionales, sector de Bigote
- Fotografía 6.83** a, b y c. Acantilados de Paita afectados por deslizamientos rotacionales activos, los cuales comprometen la seguridad física de la infraestructura ubicada detrás de la corona de los deslizamientos
- Fotografía 6.84** Carretera Paita-La Islilla. Flujos excepcionales en quebradas que cortan la carretera, como por ejemplo en la Vega Charco Grande y la Quebrada Colanes
- Fotografía 6.85** Carretera Sullana – Lancones afectada por flujos de lodo y huaycos en varios tramos, donde se ha perdido la plataforma asfaltada y las alcantarillas. Se han tenido que realizar variantes
- Fotografía 6.86** Panamericana Norte entre el km 1046 al km 1058, con tramos destruidos por los flujos de lodo que se producen durante el fenómeno de El Niño