



PERÚ

Ministerio
de Energía y Minas

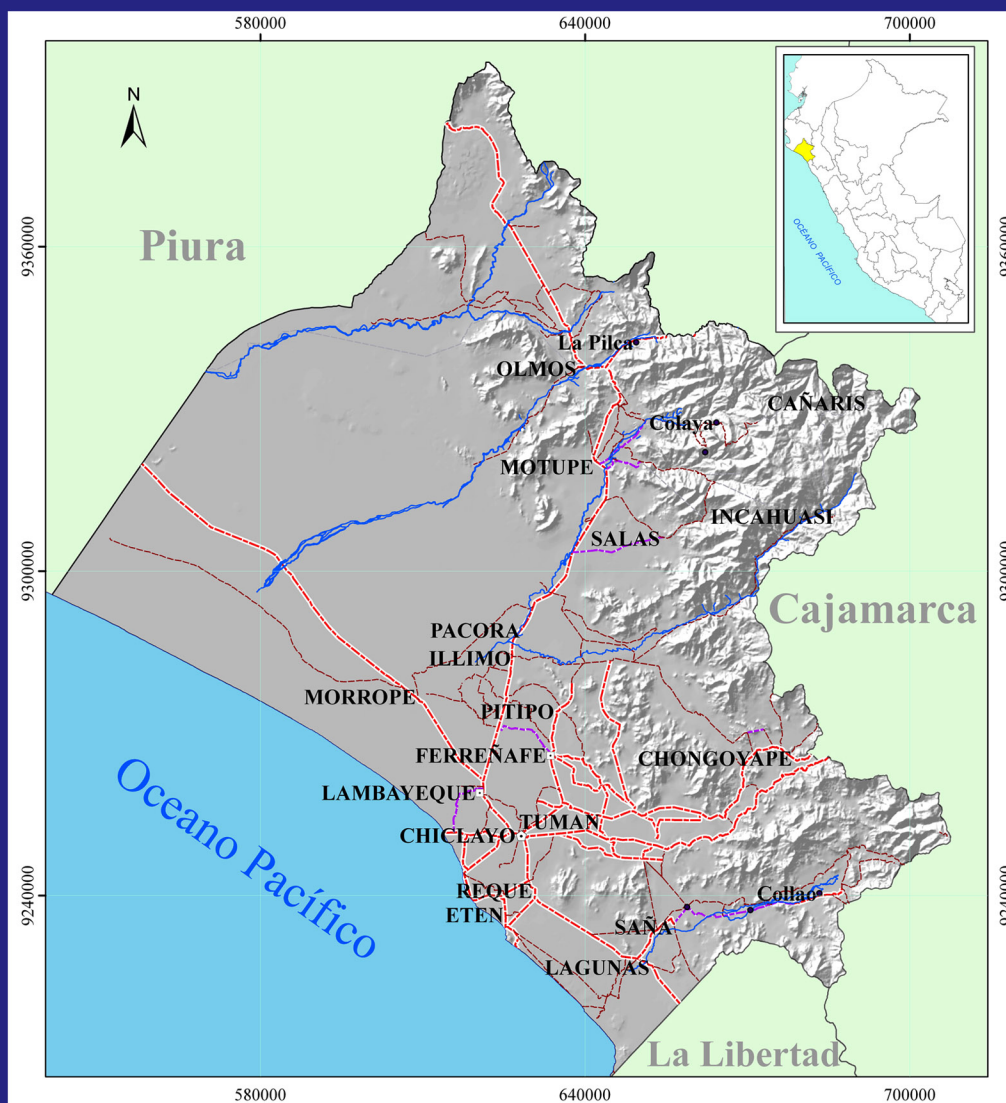
Instituto Geológico Minero
y Metalúrgico - INGEMMET



Riesgo Geológico en la Región Lambayeque

Boletín N° 43 Serie C

Geodinámica e Ingeniería Geológica



Por:

Sandra Villacorta Chambi
Magdie Ochoa Zubiarte

Segundo Núñez Juárez
Walter Pari Pinto

Lima, Perú
2010



PERÚ

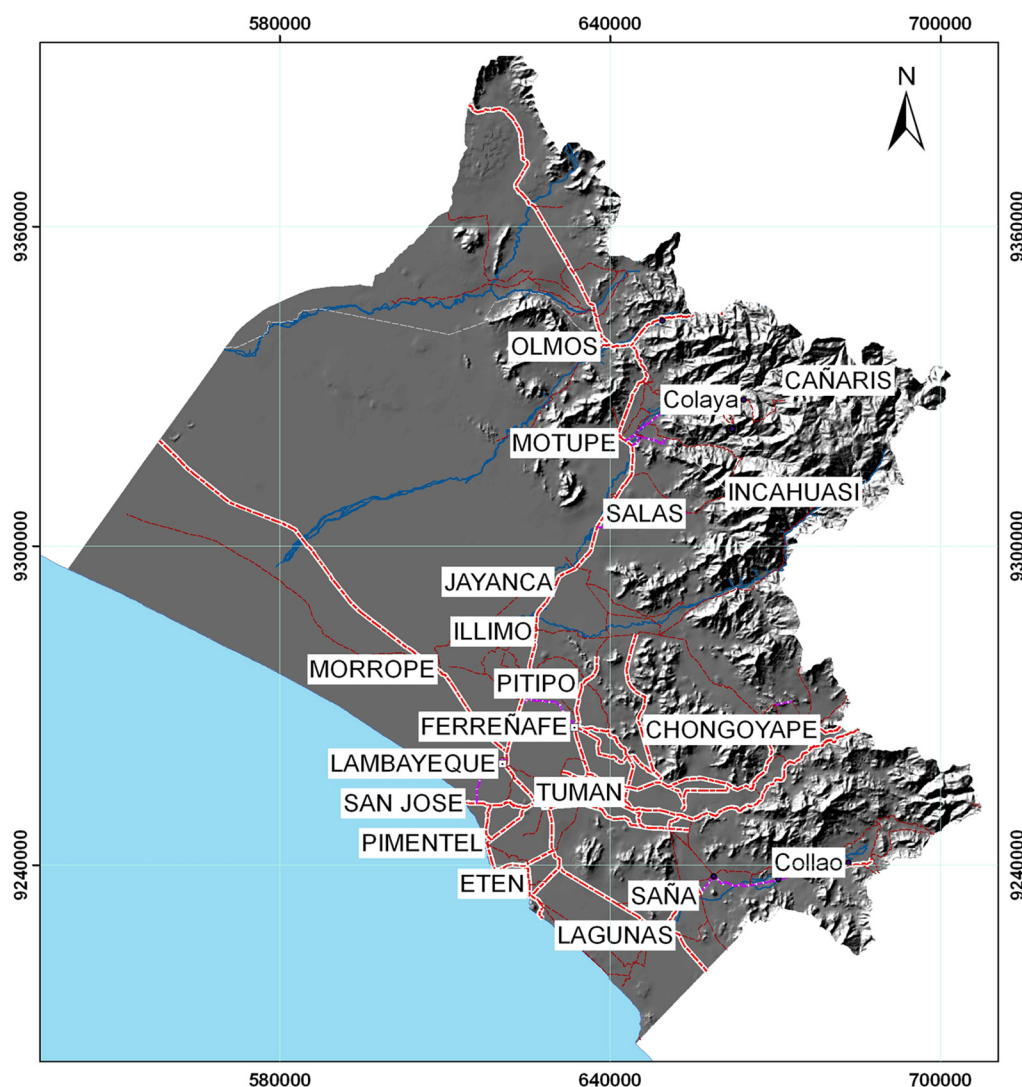
Ministerio
de Energía y Minas

Instituto Geológico Minero
y Metalúrgico - INGEMMET



Riesgo Geológico en la Región Lambayeque

Boletín N° 43 Serie C
Geodinámica e Ingeniería Geológica



Por:

Sandra Villacorta Chambi
Magdie Ochoa Zubiarte

Segundo Núñez Juárez
Walter Pari Pinto

Lima, Perú
2010

SERIE C: GEODINÁMICA E INGENIERÍA GEOLÓGICA,
N° 43, 2010.

Hecho el Depósito Legal N° 2011-04735
Razón Social: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
(INGEMMET)
Domicilio: Av. Canadá N° 1470, San Borja, Lima-Perú
Primera Edición, INGEMMET 2011
Se terminó de imprimir el 01 de abril del año 2011 en los talleres de
INGEMMET

© **INGEMMET**

Derechos Reservados. Prohibida su reproducción

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

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

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

Unidad encargada de la edición: Unidad de Relaciones
Institucionales.

Corrección Geocientífica: Ricardo Aniya
Digitalización y SIG: Cesar Egocheaga
Corrección gramatical y de estilo: Juan Enrique Quiroz
Diagramación: Zoila Solis

Portada: Área geográfica cubierta por el estudio

Referencia bibliográfica

Villacorta, S.; Ochoa, M.; Núñez, S. & Pari, W. (2010) - Riesgos
geológicos en la región Lambayeque. *INGEMMET, Boletín, Serie C:
Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 43, 130 p., 7 mapas.

Contenido

RESUMEN	1
CAPÍTULO I	3
GENERALIDADES	3
CAPÍTULO II	7
ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	7
CAPÍTULO III	17
ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS	17
CAPÍTULO IV	31
HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA	31
CAPÍTULO V	35
PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS	35
CAPÍTULO VI	57
ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR PROCESOS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS	57
CAPÍTULO VII	63
FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y PROPUESTAS PARA SU GESTIÓN	63
CAPÍTULO VIII	71
ZONAS CRÍTICAS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	71
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	105
BIBLIOGRAFÍA	107
ANEXOS	111
ANEXO I UBICACIÓN DE LOS PRINCIPALES PROCESOS MOVIMIENTOS EN MASA INVENTARIADOS EN LA REGIÓN LAMBAYEQUE	111
ANEXO II DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS MACROSÍSMICOS OCURRIDOS EN LA REGIÓN DE LAMBAYEQUE	123
ANEXO III UBICACIÓN DE LOS PRINCIPALES PROCESOS GEOHIDROLÓGICOS EN LA REGIÓN LAMBAYEQUE	127

RELACIÓN DE MAPAS E ILUSTRACIONES

Mapas escala: 1: 250 000

Mapa 01	Unidades litológicas.
Mapa 02	Unidades de pendiente.
Mapa 03	Unidades geomorfológicas.
Mapa 04	Unidades hidrogeológicas.
Mapa 05	Susceptibilidad a los movimientos en masa.
Mapa 06	Susceptibilidad a las inundaciones.
Mapa 07	Zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos.

Figuras

Figura 1.1	Ubicación de la región Lambayeque.
Figura 2.1	Volúmenes registrados durante los años 2007 y parte del 2008 (Fuente: IMARPE 2008).
Figura 2.2	Distribución de la fuerza laboral 2007 (tomado de BCR, 2008. Fuente: INEI, 2008).
Figura 2.3	Unidades de uso de suelo y vegetación en la Región Lambayeque (modificado de INRENA, 1995 y de Ramírez, 1996).
Figura 5.1	Ejemplos de causas que producen caídas (Colas y Pillot, 1976; Varnes, 1978).
Figura 5.2	Vuelco o <i>toppling</i> (adaptado de Goodman y Bray, 1976).
Figura 5.3	Deslizamiento rotacional (adaptado de Varnes, 1978).
Figura 5.4	Deslizamientos traslacionales en suelos (Varnes, 1978).
Figura 5.5	Flujos (Varnes, 1978; Colas y Pilot, 1979).
Figura 5.6	Manifestaciones en el suelo cuando existen proceso de reptación (adaptado de Selby, 1982; Danness, 1972; Nelson y Martín, 1981).
Figura 5.7	Mapa de isosistas del sismo del 24 de julio de 1912 en Huancabamba.
Figura 5.8	Distribución espacial de los sismos en los alrededores de la región.
Figura 5.9	Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas en la Región Lambayeque (de Alva y Meneses, 1984).
Figura 5.10	Distribución de isoaceleraciones (gals) para un 10% de excedencia en 30 años en la Región Lambayeque.
Figura 5.11	Distribución de isoaceleraciones (gals) para un 10% de excedencia en 50 años en la Región Lambayeque.
Figura 5.12	Distribución de isoaceleraciones (gals) para un 10% de excedencia en 100 años en la Región Lambayeque.
Figura 5.13	Curva de peligro anual para la localidad de Tallapampa-Chonta-Callina- Ferreñafe-Lambayeque.
Figura 5.14	Zonificación sísmica en la Región Lambayeque (Alva, 1984).
Figura 5.15	Carta de Inundación en caso de Tsunami en el Puerto Pimentel (Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, 1998).
Figura 5.16	Carta de Inundación en caso de tsunami del Puerto Eten (Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, 1998).

Figura 5.17	Carta de Inundación en caso de Tsunami en la Caleta Santa Rosa (Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, 1998).
Figura 5.18	Carta de Inundación en caso de Tsunami de la Caleta San José (Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, 1998).
Figura 5.19	Erosión en cárcavas que afectan el talud superior e inferior de una carretera.
Figura 6.1	Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa en la región Lambayeque.
Figura 6.2	Mapa de susceptibilidad por inundaciones en la región Lambayeque
Figura 7.1	Mapa de inventario de pasivos ambientales en la Región Lambayeque.
Figura 7.2	Esquema de la biodegradación para la descontaminación de suelos (tomado de http://www.educa.madrid.org).
Figura 7.3	Esquema de instalación para el lavado del suelo (tomado de http://www.gestion-ambiental.com).
Figura 8.1	Escalonamiento de taludes en terrazetas para corregir uno inestable.
Figura 8.2	Trinchos transversales de troncos y fajinas de matorrales para proteger áreas de la erosión de laderas (modificado de Valderrama et al., 1964).
Figura 8.3	Revegetación de una ladera susceptible a deslizamiento formando terrazas.
Figura 8.4	Muro permeable al pie del talud de una zona con deslizamiento
Figura 8.5	Presas de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huaycos.
Figura 8.6	Gaviones para encauzar el lecho del río.
Figura 8.7	Espigones para proteger las terrazas fluviales.
Figura 8.8	Fijación de dunas a través de plantaciones forestales.

Cuadros

Cuadro 2.1	Superficie cultivable y producción de principales cultivos (t y ha) (Fuente: MINAG-GRL 2009).
Cuadro 4.1	Ríos de Lambayeque y sus características hidrológicas. (Fuente: CTAR (2000).
Cuadro 5.1	Cronología y relato histórico de los principales peligros geológicos.
Cuadro 5.2	Inventario de procesos de reptación en la Región Lambayeque.
Cuadro 5.3	Ciudades de la costa de la Región Lambayeque que reportaron tsunamis.
Cuadro 5.4	Peligrosidad de las provincias de Lambayeque por precipitaciones pluviales excepcionales (Fuente: Programa de rehabilitación y reconstrucción post Niño, CTAR, 1998).
Cuadro 7.1	Procesos de tratamiento recomendados para la remoción de contaminantes más frecuentes presentes en las aguas residuales (tomado de Palange y Zavala, 1989).
Cuadro 8.1	Resumen de afectación producida por el fenómeno 1997-1998 en la Región Lambayeque. Sector transportes (CTAR Lambayeque, 1998).
Cuadro 8.2	Daños producidos por El Niño 1997-1998 en la Región Lambayeque. Infraestructura de riego. Sector agricultura (CTAR, 1998).
Cuadro 8.3	Afectación producida por el fenómeno El Niño 1997-1998 en la Región Lambayeque. Áreas de cultivo afectadas y pérdidas (CTAR, 1998).
Cuadro 8.4	Afectación producida por el fenómeno El Niño 1997-1998 en la Región Lambayeque. Sector vivienda (CTAR, 1998).
Cuadro 8.5	Zonas críticas en la provincia de Chiclayo.
Cuadro 8.6	Zonas críticas en la provincia de Ferreñafe.
Cuadro 8.7	Zonas críticas en la provincia de Lambayeque.

Tablas

Tabla 6.1	Valores para la susceptibilidad por movimientos en masa en la matriz de ponderaciones Pendiente vs Litología.
Tabla 6.2	Valores para la susceptibilidad por movimientos en masa en la matriz de ponderaciones Pendiente vs Hidrogeología.
Tabla 6.3	Valores para la susceptibilidad por movimientos en masa en la matriz de ponderaciones Pendiente vs Geomorfología.
Tabla 6.4	Valores para la susceptibilidad por movimientos en masa en la matriz de ponderaciones Pendiente vs Cobertura vegetal y uso de suelo
Tabla 6.5	Valores para la susceptibilidad por inundaciones en la matriz de ponderaciones Pendiente vs Geomorfología.
Tabla 6.6	Valores para la susceptibilidad por inundaciones en la matriz de ponderaciones Pendiente vs Cobertura vegetal y uso de suelo.

Fotografías

Foto 2.1	Valle arrocerero de la cuenca media del río Saña, entre Oyotún y Ferreñafe.
Foto 2.2	Pampas Las Delicias-Reque; cultivo de ají pácrica por goteo.
Foto 2.3	Cultivos de algodón y caña de azúcar en el valle costero de Cayalti-Ferreñafe.
Foto 2.4	Bosque de Pómac (tomado de Picasa, álbumes web, en http://picasaweb.google.com).
Foto 2.5	Vista de la indumentaria del Señor de Sipán (tomado de http://www.turismolambayeque.com).
Foto 2.6	Maqueta de las Pirámides de Túcume en el Museo de Sitio en Túcume.
Foto 2.7	Vista panorámica de las Pirámides de Túcume.
Foto 3.1	Depósitos semiconsolidados de arenas y limos de grano medio a fino en la quebrada el Virrey en Olmos.
Foto 3.2	Depósito lagunar rodeado por depósitos eólicos recientes en el sector La Niña, Playa Morrope.
Foto 3.3	Vista de los depósitos fluviales en el cauce del río Saña, los cuales están migrando a la margen derecha del río y generando erosión fluvial en las terrazas bajas.
Foto 3.4	Niveles de yeso y algas en los acantilados o barrancos de La Playa Punta-Canalocha en el distrito de Lagunas.
Foto 3.5	Depósitos marinos.
Foto 3.6	Depósitos proluviales y aluviales en el lecho del río Saña (sector Macuaco-Oyotún-Chiclayo).
Foto 3.7	Adamelitas intemperizadas y fuertemente fracturadas observadas en el sector San Nicolás-Saltur (Cayalti, Chiclayo). Se le asocian desprendimientos de roca y flujos de detritos.
Foto 3.8	Granodioritas gris verdusca observada en la quebrada El Sauce en Salas.
Foto 3.9	Conglomerado con guijarros observada en la localidad de Oyotún.
Foto 3.10	Dacitas meteorizadas e intemperizadas observadas en el sector de Tallapampa (Incahuasi, Ferreñafe).
Foto 3.11	Tobas con niveles de cuarcitas muy fracturadas en laderas de pendiente fuerte.
Foto 3.12	Calizas bituminosas con niveles de lutitas en bancos delgados de la subunidad V-1, observadas entre Mochumi e Incahuasi (Incahuasi)
Foto 3.13	Areniscas con lutitas, fuertemente fracturadas e intemperizadas, observadas en la localidad de Tinajones.
Foto 3.14	Filita y esquistos muy fracturados e intemperizados del Complejo Olmos, en el tramo de la carretera Olmos-Jaén.
Foto 3.15	Valle encañonado del río Saña con laderas de pendiente muy fuerte.
Foto 3.16	Loma intrusiva, sector Callanca (margen izquierdo del río Reque). Se aprecia erosión de laderas y desprendimientos de rocas.
Foto 3.17	Loma metamórfica en la quebrada Agua Blanca (carretera Olmos-Jaén).
Foto 3.18	Ladera de una montaña sedimentaria altamente disectada, cortada por la carretera Oyotún-Las Delicias (Oyotún).

Foto 3.19	Montañas volcánicas de paisaje suave a subondulado a más de 2800 msnm en el sector de Laquipampa (Incahuasi-Ferreñafe).
Foto 3.20	Depósito proluvio-aluvial del río Motupe en el sector Pampa de Lino-Morrope.
Foto 3.21	Fondo de valle y terraza baja del río Saña, sector Pitipo-Ferreñafe.
Foto 3.22	Planicie fluvio-aluvial en la parte baja del río Reque, con vista NE al SO.
Foto 3.23	Piedemonte proluvial cubierto de vegetación arbustiva en las montañas del sector Algarrobito-Pitipo.
Foto 3.24	Depósito de dunas fijadas por vegetación arbustiva, en la trocha carrozable Morrope, caserío Dos Palos (Morrope).
Foto 3.25	Playa La Punta Canaloche, distrito de Lagunas, provincia de Chiclayo.
Foto 3.26	Acantilado La Punta Canaloche, distrito de Lagunas, provincia de Chiclayo.
Foto 3.27	Vista del cerro Sonolipe: una montaña volcano-sedimentaria ubicada en la localidad de Oyotún.
Foto 5.1	Derrumbe de depósitos semiconsolidados, observado en la carretera Olmos-Ñaupe.
Foto 5.2	Vuelco de rocas observado en el valle encañonado del río Saña. El desplazamiento de bloques sigue la dirección de los estratos y las fracturas. Carretera Ferreñafe-Incahuasi
Foto 5.3	Flujo de detritos, Sector Papayo-Desaguadero (distrito de Patapo).
Foto 5.4	Avalancha de rocas observada en el cerro Cruz de Motupe.
Foto 5.5	Reptación de suelos en el cerro Chaparri (distrito de Incahuasi).
Foto 5.6	Derrumbe-flujo en la carretera Ferreñafe-Incahuasi. Sector Tallapampa.
Foto 5.7	Flujo-inundación de detritos en el sector Motupillo Viejo-Pitipo-qda. Colán.
Foto 5.8	Falla de Chalquibamba, posiblemente generada por el sismo de 1937. Se observa un salto vertical promedio de 1,5 m (tomado de Macharé <i>et al.</i> , 1991).
Foto 5.9	Arenamiento en el sector Baldero (distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo). Afectó un depósito industrial.
Foto 5.10	Arenamiento en la trocha Nuevo Mocupe-Lagunas (Chiclayo). El avance de las arenas afecta a las obras de infraestructura eléctrica y trocha.
Foto 5.11	Erosión fluvial, en la margen izquierda del río Olmos, Km.14,5 de la carretera Olmos-Jaén.
Foto 5.12	Inundación sector Pte. La Leche-Machuca (Pacora-Jayanca).
Foto 5.13	Erosión en cárcavas en terraplén de la antigua carretera Olmos- Piura.
Foto 5.14	Erosión de laderas en Co. Laquipampa-Incahuasi.
Foto 5.15	Erosión marina, en puerto Eten.
Foto 7.1	Botadero de RR. SS. en las pampas de Reque.
Foto 7.2	Quema de cobertura vegetal en el sector Bebederos-Oyotún.
Foto 7.3	Incendio forestal en la localidad de Redondo, distrito de Olmos (tomado de http://www.cess.org.pe/).
Foto 7.4	Pampas del desierto costero de Morrope salitrizado.
Foto 7.5	Deforestación de bosques secos de Mórrope (tomado de http://www.cess.org.pe/).
Foto 7.6	Desagüe de aguas residuales en la playa Santa Rosa-Chiclayo.
Foto 8.1	Vista aérea del Km. 822 de la Panamericana Norte cortada por el río La Leche, en febrero de 1998 (SENAMHI, 2004).
Foto 8.2	Vista aérea del puente Reque, nótese la fractura de sus estructuras a la margen izquierda del río, y a la margen derecha los pilares centrales (SENAMHI, 2004).
Foto 8.3	Colegio de Chiclayo inundado por excepcionales lluvias (SENAMHI, 2004).

Foto 8.4	Compuerta del comité de regantes de Morrope obstruida y colmatada por lluvias intensas en abril del 2008.
Foto 8.5	Zona crítica N.º 1. Inundación observada entre La Puntilla-Chongoyape (Reque) que afectó cultivos de caña de azúcar. (Núñez y Villacorta, 2005).
Foto 8.6	Zona crítica N.º 6. Vista del Sector de Pampa Grande afectada por huaycos (Distrito de Chongoyape, Provincia de Chiclayo) que produjo daños al caserío del mismo nombre. De Núñez y Villacorta (2005).
Foto 8.7	Zona crítica N.º 9. Inundación en el sector Querpán-Seis (río Saña).
Foto 8.8	Zona crítica N.º 10. Inundación, flujo de detritos, erosión fluvial en Las Delicias, Santa Rita.
Foto 8.9	Zona crítica N.º 11. Inundación y erosión en el sector La Compuerta.
Foto 8.10	Zona crítica N.º 12. Sector Papayo-Desaguadero, afectado estacionalmente por flujos de detritos.
Foto 8.11	Zona crítica N.º 15. Erosión e inundación Rafán-San Luis-Las Vegas.
Foto 8.12	Zona crítica N.º 16. Erosión marina y caída de rocas. Sector La Punta, Canaloché.
Foto 8.13	Zona crítica N.º 18. Flujo de detritos cerro Guitarra-Nuevo Mocupe.
Foto 8.14	Zona crítica N.º 20. Arenamiento entre el Cerro Negro y Cabeza de Mono (Núñez y Villacorta, 2005).
Foto 8.15	Zona crítica N.º 21. Inundación y erosión fluvial en el río Saña. Sector Saña-Cayalti.
Foto 8.16	Zona crítica N.º 23. Flujo de detritos y de lodo, erosión de laderas. San Nicolás, cerros La Cantarilla, León y Collique.
Foto 8.17	Zona crítica N.º 24. Inundación fluvial. Sector San Francisco, tramo Monsefú-Eten.
Foto 8.18	Zona crítica N.º 25. Erosión marina, arenamiento. Playa Pto. Eten.
Foto 8.19	Zona crítica N.º 27. Arenamiento y tsunami en Puerto Pimentel.
Foto 8.20	Zona crítica N.º 29. Evidencias de flujo de detritos, erosión fluvial e inundación entre Motupillo viejo y la qda. Colán.
Foto 8.21	Zona crítica N.º 30. Flujo de detritos y lodo que afectó el Sector Papayo-Motupillo-La Traposa. Se reactivaría en caso de ocurrir el fenómeno El Niño.
Foto 8.22	Zona crítica N.º 32. Sector afectado por deslizamiento rotacional reactivado como derrumbe-flujo (Tallapampa-Incahuasi).
Foto 8.23	Zona crítica N.º 33. Vista de alcantarillas sobre el río Loco en el Distrito de Mesones Muro, provincia de Ferreñafe. En caso de ocurrir nuevamente un evento de El Niño, podría colapsar, dado que necesita ampliación (Núñez y Villacorta, 2005).
Foto 8.24	Zona crítica N.º 34. Vista de la carretera Ferreñafe-Batán Grande afectada por huayco de la quebrada Vichayal, en el distrito de Mesones Muro, provincia de Ferreñafe (Núñez y Villacorta, 2005).
Foto 8.25	Zona crítica N.º 37. Evidencias de erosión fluvial e inundación, aguas abajo del puente Mocupe (Motupe, Lambayeque).
Foto 8.26	Zona crítica N.º 43. Vista de un área inundada por el desborde del río La Leche, entre Machuca y La Cirila (Pacora, Lambayeque).
Foto 8.27	Zona crítica N.º 45. Inundación y erosión fluvial entre Pampa de Lino y Jayanca (Jayanca, Lambayeque).
Foto 8.28	Zona crítica N.º 47. Erosión en cárcavas, sector Chernique-La Capilla Ñaupe (Carretera Olmos-Las Ánimas).
Foto 8.29	Zona crítica N.º 51. Inundación y erosión fluvial a la altura del Puente Olmos.
Fotos 8.30 y 8.31	Zona crítica N.º 52. Vista de la erosión fluvial entre Túpac Amaru y La Pilca. Ello afectó, en marzo de este año, tramos de la carretera Olmos-Jaén.
Foto 8.32	Zona crítica N.º 55. Flujo de detritos y lodo. Puente Motupe II y III, El Angolo II; y Puente Inche.

Anexos

- Anexo 1.1 Ubicación de las principales caídas y derrumbes identificados en la región Lambayeque.
- Anexo 1.2 Ubicación de los principales deslizamientos inventariados en la región Lambayeque.
- Anexo 1.3 Ubicación de los principales flujos identificados en la región Lambayeque.
- Anexo 1.4 Ubicación de los movimientos complejos identificados en la región Lambayeque.
- Anexo 2.1 Descripción de los datos macrosísmicos ocurridos en la región Lambayeque.
- Anexo 3.1 Ubicación de los principales procesos geohidrológicos en la región Lambayeque.

Agradecimiento

La realización del presente estudio fue posible gracias al apoyo de distintas instituciones y personas. Por ello, los autores agradecen en especial a la Dirección Ejecutiva del Proyecto Olmos-Tinajones, a la Universidad Pedro Ruiz Gallo, al Instituto Nacional de Defensa Civil y a las municipalidades de Lambayeque y Olmos, que apoyaron con información y facilidades durante el desarrollo del trabajo de campo.

Asimismo, se agradece al Ing. Fluquer Peña por la revisión del capítulo de Hidrogeología y al Ing. Ricardo Aniya por la revisión integral del documento.

RESUMEN

Este trabajo presenta la evaluación de los aspectos geológicos y geodinámicos en la región Lambayeque, ubicada al norte del Perú, la cual es destacable por su riqueza histórica, económica y geográfica. Ha sido desarrollado por la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, como parte del Programa Nacional de Riesgos Geológicos del Perú, entre los años 2008 y 2009. Sus objetivos se centran principalmente en generar información geocientífica que sea de utilidad para las instituciones involucradas en el ordenamiento y desarrollo territorial, y la prevención de desastres de la región Lambayeque.

Para el desarrollo del estudio se contó con fotografías aéreas, imágenes de satélite, mapas topográficos a escala 1:50 000; así como información existente de estudios ya realizados, complementándolos con datos recopilados en campo. Se estudiaron los aspectos geológicos, geomorfológicos y geodinámicos, que complementados con información sobre la vulnerabilidad de la región, han permitido elaborar una serie de propuestas de prevención y mitigación de desastres de origen geológico.

Geológicamente, en la región Lambayeque, existe una variedad de rocas con un rango geocronológico comprendido entre el Precambriano y el Pleistoceno reciente. La mayor parte del territorio corresponde a materiales recientes de edad cuaternaria, con una antigüedad menor a un millón de años.

De la caracterización geodinámica en la región y del inventario de 934 peligros geológicos, se establece la existencia de cincuenta y cinco zonas críticas por peligros geológicos. Dichas zonas corresponden a sectores de las cuencas de los ríos Saña, La Leche, Olmos y Motupe, por procesos de inundación, erosión fluvial, flujos de detritos y lodos, así como a las zonas cordilleranas de la región, especialmente los sectores de Tallapampa en Incahuasi y Botijilla en Cañaris-Salas. Los peligros geológicos y geohidrológicos que ocurren con mayor periodicidad son los flujos, caídas y erosión; seguidos de movimientos complejos, deslizamientos e inundaciones y arenamiento, los cuales ocurren con menor frecuencia. Sin embargo, los procesos que ocasionarían más daños en la región son los sismos e inundaciones.

Debido a los antecedentes históricos de sismos en la región Lambayeque se concluye que es necesaria la ejecución de estudios de microzonificación sísmica a escala de detalle, para complementar los estudios de mitigación. Asimismo, es necesario programar trabajos periódicos de encauzamiento y limpieza de los cauces de quebradas y ríos donde se hayan producido huaicos e inundaciones, así como de las zonas susceptibles a estos procesos.

Acerca de los aspectos ambientales, se observó que en la región Lambayeque no existe una cultura de protección al medio ambiente. Los principales focos de contaminación corresponden a botaderos y desmontes de residuos sólidos y a ocurrencias de salitricación de los suelos en el valle costero de Lambayeque.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

INTRODUCCIÓN

La región Lambayeque destaca por su riqueza histórica, económica y geográfica. En ella se localizan importantes obras hidráulicas como el reservorio de Tinajones y el Proyecto Hidroenergético de Olmos, además de destinos turísticos importantes como los centros arqueológicos de Sipán, Sicán, Patapo y el Bosque de Pomac. Es también un punto de importancia económica en el país, por la significativa agroindustria desarrollada, como la azucarera y arrocería.

Al ser eventualmente afectada por desastres naturales, especialmente durante la ocurrencia del fenómeno de El Niño, la región Lambayeque ha sido motivo de innumerables estudios. Sobre la temática geoambiental se puede citar el «Estudio Geoambiental de la Cuenca Chancay-Lambayeque» realizado por INGEMMET en el año 2005, para contribuir con el manejo integral de la cuenca, la difusión de la información geocientífica y el desarrollo sostenible de las regiones de Cajamarca y Lambayeque.

En el tema de prevención de desastres, el programa de INDECI, «Ciudades Sostenibles», elaboró en el 2003 el «Mapa de peligros de la ciudad de Lambayeque», estudio donde se identifican los procesos que afectan a dicha ciudad y las áreas más aptas para la expansión urbana.

En el año 2008, INGEMMET, continuando con la evaluación de peligros en el país, desarrolló el proyecto: «Peligros Geológicos en la región Lambayeque», enfocado en la identificación de las zonas con mayor susceptibilidad a la ocurrencia de peligros geológicos en dicha región.

ÁMBITO DE ESTUDIO, UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

La región Lambayeque se encuentra ubicada al norte del territorio peruano y comprende un área de cerca de 14 000 km² que representa casi un 1% del territorio nacional. De esta forma, es uno de los departamentos de menor tamaño en el Perú (figura 1.1).

Limita por el Norte con la región Piura; por el Este, con la región Cajamarca; por el Sur, con la región La Libertad, y por el Oeste,

con el océano Pacífico. Asimismo, está dividida en tres provincias: Lambayeque, Ferreñafe y Chiclayo.

Sus características geográficas han permitido el asentamiento y desarrollo de importantes y productivos valles como el valle del río Lambayeque considerado como uno de los más fértiles en el país.

La distancia desde Lima es de aproximadamente 770 km, siendo las vías principales la carretera Panamericana Norte desde el Km. 720 hasta el 820, y la carretera asfaltada de Chiclayo-La Puntilla-Chongoyape. La ciudad de Chiclayo cuenta con el aeropuerto internacional «Cap. FAP José Abelardo Quiñones G.».

La altura de la región oscila sobre el nivel del mar entre los 4 msnm (distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo) y en la sierra a 3078 msnm (distrito de Inkahuasi, provincia de Ferreñafe).

OBJETIVOS

- Evaluar la susceptibilidad por procesos geológicos y geohidrológicos en la región Lambayeque.
- Continuar la cartografía y el inventario sistemático de los peligros geológicos y geohidrológicos en la región Lambayeque.
- Generar información geocientífica que contribuya en la prevención de desastres de la región Lambayeque.
- Promover la concientización de la población y autoridades de la región en temas de prevención.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Este trabajo se desarrolló en tres etapas:

Gabinete I. Recopilación y análisis de datos

Se efectuó antes de la etapa de campo y consistió en:

- Recopilación y selección de información existente (IGN, IMARPE, UNMSM, INEI, SENAMHI);
- Interpretación de fotos aéreas USAF a escala 1:60,000 (aprox.) e imágenes satelitales Landsat (bandas 7, 4, 2), en lo referente a peligros geológicos;
- Elaboración de mapas base (peligros geológicos y geomorfología), en base a la información recopilada;

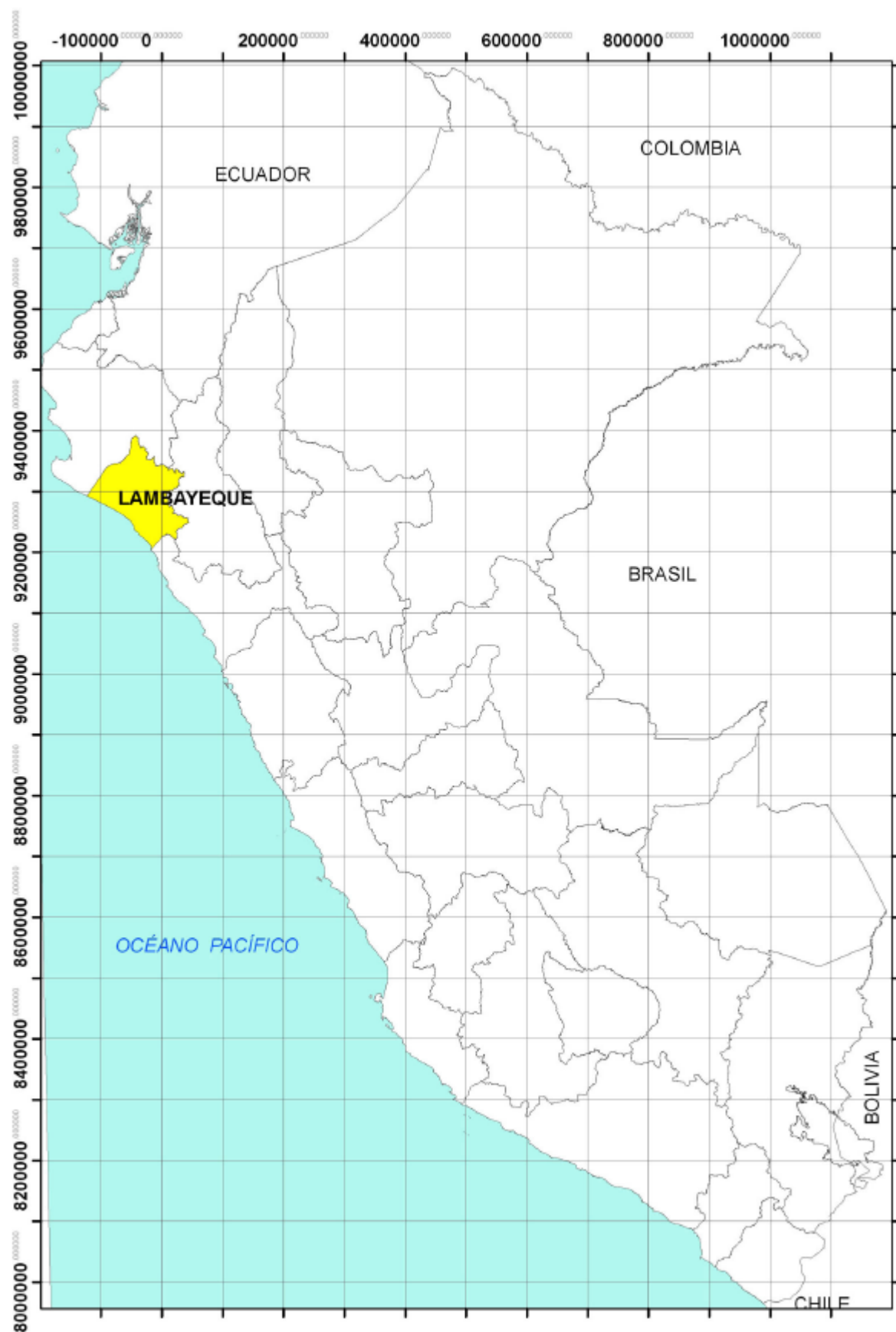


Figura 1.1 Ubicación de la región Lambayeque

- Revisión de base de datos sobre peligros geológicos existentes (INDECI, INGEMMET, ONG, etc).

Campo. Recopilación de datos y difusión del trabajo *in situ*

Se efectuó después de la etapa de Gabinete I y consistió en:

- Entrevista con autoridades de pueblos y caseríos visitados;
- Recopilación de información en entidades estatales como: Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), Proyecto Especial Olmos-Tinajones (DIPOLTI), Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, entre otras;
- Verificación y complementación de los mapas base de cartografiado de peligros geológicos y geomorfológico;
- Inventario de peligros geológicos, zonas críticas, obras de infraestructura que pueden ser afectadas por peligros geológicos, y de botaderos de residuos sólidos;
- Actividades de difusión y concientización (COM COM).

Gabinete II. Sistematización de la información, elaboración de productos y presentación de resultados

Con los resultados de de las etapas anteriores se procedió a la:

- Revisión y actualización de la base de datos de los peligros geológicos y geohidrológicos;
- Elaboración de los mapas temáticos: pendientes, geomorfológico, litológico, hidrogeológico y cobertura vegetal;
- Integración de mapas temáticos a los SIG y análisis de susceptibilidad por movimientos en masa e inundaciones (*);
- Redacción del informe final para su publicación.

(*) Para el análisis de susceptibilidad, en el presente trabajo se utilizó un modelo heurístico de combinación de factores (Carrara *et al.*, 1995). Los factores utilizados han sido pendiente, geomorfología, litología, hidrogeología y cobertura vegetal para la susceptibilidad por movimientos en masa; y pendiente, geomorfología y cobertura vegetal, para la susceptibilidad por inundaciones.

CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS EN LA REGIÓN

La información presentada aquí ha sido elaborada por SENAMHI (2002) para el «Mapa de peligros de la ciudad de Lambayeque», en el marco del programa «Ciudades Sostenibles» del INDECI.

Temperatura

En la región Lambayeque, la temperatura en verano fluctúa entre 20°C como mínimo y 30°C como máximo. En invierno la temperatura mínima es de 15°C y la máxima de 24°C.

Hacia el sector noreste de la región, en la cordillera Occidental, el promedio anual de temperaturas mínimas registradas es de 11°C, mientras que el de máximas temperaturas es de 19°C.

Entre los factores que influyen en la determinación del clima de la región, se pueden mencionar a las corrientes El Niño y Humboldt, los vientos y la cordillera de los Andes.

Precipitación pluvial

En la región Lambayeque, el periodo lluvioso se presenta en los meses de diciembre a abril. De mayo a septiembre las precipitaciones son nulas, y de octubre a diciembre son esporádicas.

La precipitación promedio anual de la región es de 33,05 mm. Sin embargo, durante la ocurrencia del fenómeno El Niño se llegó a alcanzar una precipitación promedio de 1549,5 mm.

A continuación, se presentan datos de precipitación de las ciudades más importantes de la región:

- En la ciudad de Chiclayo, la precipitación promedio anual varía entre 0,5 mm y 24 mm. Durante las lluvias excepcionales del año 1983 se alcanzó una precipitación de 163,90 mm.
- En la ciudad de Ferreñafe, la precipitación anual promedio es de 7,2 mm, presentando valores elevados en periodos extraordinarios como en el año 1998, donde alcanzó un promedio de 251,7 mm
- La precipitación anual promedio en la ciudad de Túcume es de 34,94 mm. En el año 1998, donde se presentó el fenómeno «El Niño», el promedio de precipitación fue de 110,0 mm.
- En la ciudad de Lambayeque, la precipitación anual promedio es de 34,94 mm. Durante la ocurrencia del fenómeno El Niño de 1998 se alcanzó una precipitación de 344,4 mm.
- En la ciudad de Pimentel, el promedio anual de precipitación es de 140,9 mm. Sin embargo, en el año 1998 se alcanzó una precipitación de 304 mm.

Clima

En la región Lambayeque, en la zona de costa, las escasas precipitaciones condicionan el carácter semidesértico y desértico de la angosta franja costera. Por ello, el clima de este sector de la región se puede clasificar como desértico subtropical árido.

Hacia el sector noreste de la región, en los sectores interandinos, el clima es templado y seco en altitudes entre los 2000 y 3000 metros. A mayor altura el clima varía y las temperaturas son cada vez más bajas y la sequedad mayor. Por esta razón, en las partes altas de Incahuasi, se tiene un clima **lluvioso semifrío húmedo**, similar al presentado en la región más cercana (Cajamarca).

CAPÍTULO II

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

En este capítulo se presentan los aspectos económicos más destacables de la Región Lambayeque. Entre ellos se distinguen los siguientes: la infraestructura, aspectos demográficos, recursos naturales, espacios o áreas protegidos y el patrimonio arqueológico.

INFRAESTRUCTURA DESTACABLE

La Región Lambayeque cuenta con importantes obras de infraestructura, tales como canales de riego, centrales hidroeléctricas y reservorios; otra infraestructura destacable es el aeropuerto internacional Capitán FAP José Abelardo Quiñones Gonzales, ubicado en Chiclayo.

Canales de riego

Entre los principales canales de riego destacan el Canal Taymi, que es un trasvase de las aguas del río Chancay al río La Leche, y el Repartidor de la Puntilla, que reparte las aguas del río Chancay al canal Taymi y al río Reque.

La Administración de los canales de riego en el departamento está a cargo de tres Administraciones Técnicas de Riego (ATDR): Chancay Lambayeque, Saña y Motupe, Olmos y La Leche, además cuenta con el apoyo de los agricultores organizados en cinco Juntas de usuarios:

- Valle Chancay, con 14 comisiones de regantes;
- Valle Saña, con 11 comisiones de regantes;
- Valle La Leche, con 8 comisiones de regantes;
- Valle de Motupe, con 4 comisiones de regantes;
- Olmos, con 2 comisiones de regantes.

Centrales hidroeléctricas

La central hidroeléctrica más importante de la Región Lambayeque es la de Carhuaquero, cuya potencia instalada es de 95 MW. Esta central es administrada por Duke Energy desde 1991. En el 2006 se inició la ampliación de esta central con los proyectos Carhuaquero IV y V.

Existen también minicentrales hidroeléctricas, tales como las de Cañaris e Incahuasi (provincia de Ferreñafe) con 0,050 y 0,060 MW de potencia instaladas respectivamente.

Reservorios

El reservorio más importante de la región es el de Tinajones, creado en 1964 para aprovechar las aguas de los ríos Chancay, Chotano, Conchano, Llaucano y afluentes. Este reservorio hace circular anualmente un promedio de 1300 millones de m³ y tiene una capacidad de almacenamiento de 320 millones de m³. Su nivel requerido es de 100 millones de m³, pero frecuentemente lo sobrepasa, tal como ocurrió en el 2007, donde alcanzó un 75% de su almacenamiento (figura 2.1). Actualmente, es la Junta de Usuarios del Distrito de Riego Chancay-Lambayeque la responsable de la operación y mantenimiento de las obras del sistema Tinajones.

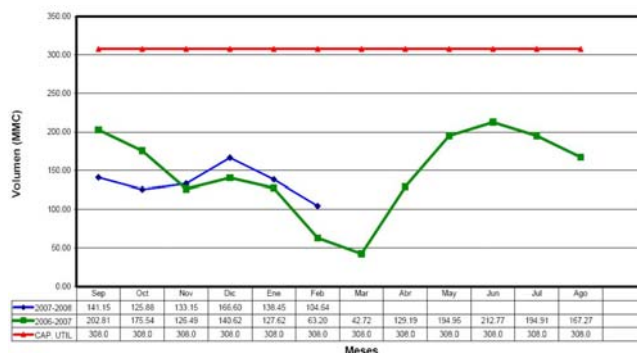


Figura 2.1 Volúmenes registrados durante los años 2007 y parte del 2008. (Fuente: IMARPE 2008).

ASPECTOS DEMOGRÁFICOS

La región tiene una población total de 1 142 757 habitantes, y su tasa de crecimiento anual es de 1,3% (INEI, 2008). Entre 1940 y 2007, la población de Lambayeque creció en más de cuatro veces. En el área urbana de la región, se sitúa aproximadamente el 80 por ciento de su población total, y el 20 % restante, en el área rural.

La Región Lambayeque es la cuarta región más densa del país con 80,1 habitantes por km², luego de la provincia constitucional del Callao, Lima Metropolitana y el departamento de Lima. Con relación a otras capitales de departamento, es la cuarta ciudad más densa luego de Lima, Cusco y Trujillo (INEI, 2008).

La ciudad ha crecido, lo cual ha generado problemas de ordenamiento y congestión. Entre los principales problemas de la población figuran el desorden creado por el comercio ambulante; la contaminación por el arrojo de residuos sólidos en espacios públicos y acequias y por el incremento del parque automotor, en la mayoría de los casos, con unidades antiguas, las que generan congestión vehicular y mucho ruido (BCR, 2008).

Respecto al empleo de los habitantes de la Región Lambayeque, según el Censo 2007, la población económicamente activa (PEA) total de la región es de 397 mil personas, de las cuales 94,4% están ocupadas. La tasa de desempleo es de 5,6 por ciento (figura 2.2).

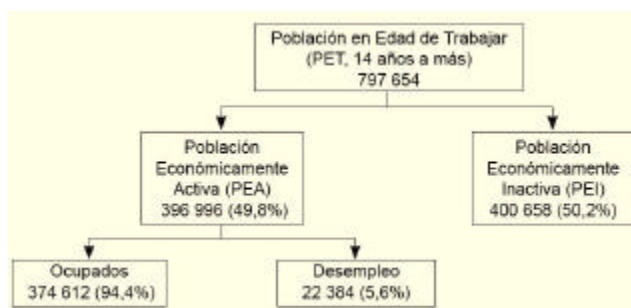


Figura 2.2 Distribución de la fuerza laboral 2007 (tomado de BCR, 2008. Fuente: INEI, 2008).

ACTIVIDADES ECONÓMICAS

La información presentada aquí corresponde al «Informe económico y social de la Región Lambayeque», elaborado por el Banco Central de Reserva del Perú (2008). De acuerdo a dicho informe,

las actividades económicas de mayor importancia en la región son el comercio, la agricultura, la industria manufacturera, el turismo, la ganadería, la pesca y la minería.

Actividades agroindustriales

Las actividades agroindustriales de la región tienen como ventajas: el clima, la existencia de un sistema de riego regulado en sus principales valles (Lambayeque y La Leche) y la disponibilidad de 200 mil hectáreas aptas para la agricultura.

Respecto a la agricultura, cabe mencionar que tradicionalmente en Lambayeque se ha cultivado la caña de azúcar, el arroz (foto 2.1) y el algodón, los cuales son comercializados en el mercado nacional e internacional y abarcan más de la mitad del área cultivable de la región (cuadro 2.1).

Otros cultivos altamente rentables para la agroexportación, en la región, son: menestras, pimienta piquillo, bambú, jugo de maracuyá, aceite de limón, mangos y páprika (foto 2.2), aunque últimamente y con mucho éxito, la uva Red Globe. Otro cultivo que se ha desarrollado, gracias a las facilidades de acopio y procesamiento, es el café, producto dirigido en su mayoría al mercado externo. Asimismo, el algodón ha tenido un crecimiento vertiginoso, pues ha pasado de 0,3 mil a 12 mil hectáreas entre el 2003 y 2008.

Los suelos para el desarrollo agrícola de la Región Lambayeque son considerados como los mejores del país. Sin embargo, en la actualidad sólo se cultiva aproximadamente el 80% (188 245 ha) de los terrenos disponibles para cultivo en la región, debido básicamente a la falta de agua para riego.

Cuadro 2.1

Producción de principales cultivos en la región Lambayeque¹ (TM)

Cultivos	Agosto			Enero - Agosto		
	2008	2009	Var. %	2008	2009	Var. %
Algodón	17	1 026	5 935,3	23 634	11 586	-51,0
Arroz	0	0	n.d.	396 838	451 660	13,8
Café	78	101	29,5	491	379	-22,9
Camote	1 895	4 079	115,3	10 237	13 424	31,1
Caña de azúcar	302 607	282 077	-6,8	1 609 078	1 896 941	17,9
Frijol Caupí	422	522	23,7	2 290	2 035	-11,1
Frijol G/S	135	888	557,8	592	1 108	87,2
Limón	3 398	2 996	-11,8	33 413	34 658	3,7
Maíz amarillo duro	15 090	15 684	3,9	48 511	68 778	41,8
Maíz amiláceo	369	666	80,5	3 603	3 793	5,3
Maíz choclo	2 901	3 600	24,1	19 381	17 992	-7,2
Mango	0	0	n.d.	38 699	5 646	-85,4
Papa	300	256	-14,7	1 927	2 772	43,9
Piquillo	55	0	-100,0	23 124	7 866	-66,0
Trigo	265	523	97,4	978	1 273	30,2
Yuca	795	2 808	253,2	5 973	8 010	34,1

¹/Cifras preliminares

Fuente: Dirección Regional de Agricultura Lambayeque (2009).

El territorio agrícola de la región está dividido en cinco valles: Chancay-Lambayeque, La Leche, Saña, Motupe y Olmos. Sólo el primero de ellos cuenta con riego regulado a través del reservorio de Tinajones y tiene capacidad para acumular 320 millones de metros cúbicos de agua; el riego del resto de valles depende de las precipitaciones que se presenten en las parte media y alta de la cuenca.

Manufactura

En el campo de la manufactura existe un inmenso potencial, dado que además de las actividades tradicionales de procesamiento del azúcar y molienda de arroz, se desarrolla la industria cafetera y el envasado de menestras y frutas. Las zonas más desarrolladas en este rubro son Motupe y Olmos, dedicadas principalmente al procesamiento de mango, maracuyá y limón, así como a la industria cervecera. También destacan la producción de bebidas gaseosas, harina, fideos y aceites; en el 2008 se han empezado múltiples proyectos para la producción de biocombustibles, en particular, el etanol, a partir de la caña de azúcar.

Actividad turística

La actividad turística tiene enormes posibilidades en la región, sobre todo por la atracción que poseen los hallazgos y ruinas de dos importantes culturas preincaicas: la de Sipán y Sicán. Ambas ruinas cuentan en la actualidad con museos de sitio construidos en línea con los avances de la tecnología. Uno está ubicado en la provincia de Lambayeque, y el otro, en Ferreñafe.

Ganadería

Por la presencia de pastos naturales asociados a los bosques y cultivos de forrajes, la región cuenta con un importante potencial ganadero centrado en la crianza de ganado vacuno, caprino y porcino. Asimismo, se desarrolla, pero en menor grado, la crianza de animales menores (gallinas, patos, pavos, etc.).

Pesca

Pese a ser un departamento costero, la actividad pesquera tiene poco desarrollo, por eso, representa menos del 1% de la actividad económica de la región. Aquella está orientada básicamente al consumo local y se realiza a través de los puertos Pimentel, Santa Rosa y San José. Cabe mencionar que el litoral lambayecano posee más de 100 especies aptas para la pesca, así como para el desarrollo de la acuicultura orientada al mercado externo, como es el caso del percebe, la concha de abanico y las algas.

Minería

Respecto a la minería se destaca, gracias al uso de técnicas de exploración avanzadas, el potencial de cobre de la mina Cañariaco por la empresa Candente Resource. Este yacimiento cuenta con reservas que superarían los 300 millones de toneladas y una inversión de más de US\$ 1000 millones. En hidrocarburos se cuenta con el proyecto de extracción de petróleo de la plataforma marítima que lleva a cabo Petro Tech Peruana.



Foto 2.1 Valle arrocero de la cuenca media del río Saña, entre Oyotún y Ferreñafe.



Foto 2.2 Pampas Las Delicias-Reque; cultivo de ají pácifra por goteo.

RECURSOS NATURALES

En la región, existe gran variedad de recursos naturales, de los cuales mencionaremos los principales:

Flora y fauna

En la provincia de Olmos, la flora es de tipo desértico; la especie más importante y numerosa es el algarrobo, seguido del zapote y espino. Se calcula un total de 39.941 hectáreas de montes y bosques y 28.146,15 hectáreas de pastos naturales. Esta flora se ha convertido en espacio vital para el desarrollo de la actividad apícola.

La fauna de la Región Lambayeque es mayor, en comparación con los desiertos del sur del país. Destaca la presencia de animales como el burro salvaje, el zorro, el sajino, el loro, el perico, la paloma, el tordo, además de una gran variedad de insectos, culebras, lagartijas, iguanas, macanches y la Pava Aliblanca, actualmente en protección porque corre peligro de extinción.

Recursos marinos

En el litoral de la región, los recursos marinos son abundantes y variados debido a la influencia de las corrientes marítimas de Humboldt y El Niño. Durante la presencia de este último, se origina una serie de alteraciones en el panorama biológico de la costa, por ejemplo, desaparecen las especies de aguas frías de la corriente peruana de Humboldt y aparecen especies propias de aguas

cálidas. Por otro lado, la flora marina es diversa y está compuesta por 153 especies entre las que se encuentran la merluza, anchoveta, caballa, el pez espada, la langosta, la guitarra, el coco, etc.

Recursos hídricos

En la Región Lambayeque, los recursos hídricos son limitados para el uso agrícola y urbano. Parte del potencial acuífero de la región es utilizado para riego a través del sistema Tinajones. Los principales ríos tienen un escurrimiento promedio anual de 43,3 m³/s, y una masa media anual de 1 697 millones de m³. Son de corto recorrido y de fuertes pendientes en las partes altas y medias, por lo que la eficiencia en la utilización actual es reducida y podría ser incrementada. El potencial hídrico subterráneo, en los valles Chancay, La Leche y Olmos, se estima en 1600 millones de metros cúbicos y se utiliza sólo el 10 por ciento para fines agropecuarios y consumo humano (MINAG, 2008).

Para el riego de terrenos de cultivo, en Olmos se utiliza las aguas de los siguientes ríos: Olmos, Cascajal y San Cristóbal, aunque en la mayoría de casos se utiliza el agua subterránea obtenida de pozos tubulares. En el departamento de Lambayeque, Olmos es el distrito con el mayor número de pozos de agua para la agricultura. En 1994 existían ahí 564 pozos, de los cuales operaban 492, cifra que hasta el 2004 se había reducido a un aproximado de 150 (MINAG, 2008).

Recursos mineros

En la Región Lambayeque, los recursos mineros son escasos, por eso, representan el 1,4 por ciento de la actividad económica regional (INEI, 2008). Sin embargo, se encuentran minerales metálicos como el cobre, el plomo y el zinc.

El principal yacimiento de la región es el proyecto Cañariaco, ubicado en el distrito de Incahuasi. Este es un yacimiento tipo pórfido de cobre administrado por la compañía canadiense Candente Resource Group, fundada en 1997. Al 2009, la empresa había invertido US\$ 17 millones en trabajos de exploración, y se estimaba que la inversión total superaría los US\$ 1000 millones. Se presume que podría entrar en la etapa de operación a mediados del 2013.

Otro proyecto de importancia es el de Petro Tech Peruana S.A., de 1132 millones de barriles de hidrocarburos en cuatro plataformas marítimas frente a las costas de la región.

Por otra parte, la región también posee recursos minerales no metálicos como los materiales de construcción, yeso, caliza y sal.

Los yacimientos de grava, arena y arcilla se observan en diferentes lugares de la región. Un ejemplo típico de depósitos de grava y arena se observa en El Cerro La Mina (Olmos).

Acerca de los depósitos de yeso, el principal yacimiento se encuentra entre las pampas de Mórrope y el litoral.

Los afloramientos de calizas se observan en los alrededores de la ciudad de Saña, mientras que los depósitos de sal, en Mórrope. Estos últimos convierten a la región de Lambayeque en el principal abastecedor de sal en el Norte del país, tanto para la alimentación del ganado, como para la población (UCSTM, 2008).

COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO

De acuerdo a información de INRENA (1995), y a los datos recopilados en campo, la cobertura vegetal y el uso de suelo en la cuenca se encuentra representada por las siguientes unidades: bosque húmedo de montañas, bosque seco ralo de montañas, bosque seco tipo sabana, algarrobal ribereño, cauce de río, vegetación arbustiva, matorral seco, matorral seco de dunas, matorral húmedo, pajonal, áreas con cultivos agropecuarios, áreas sin vegetación, centros poblados, reservorios y lagunas (figura 2.3).

Bosque húmedo de montañas

Se localiza entre los 3200 y 3600 msnm. Se caracteriza por presentar una densa y exuberante vegetación, típica de los bosques lluviosos tropicales, cuyo componente arbóreo es el que domina sobre las otras formas de vida vegetal. Destacan, en esta unidad,

especies de los géneros *Polylepis*, *Baccharis*, *Lupinus* y gramíneas de los géneros *Stipa*, *Calamagrostis*, *Festaca* y *Poa*. En la Región Lambayeque se puede observar esta unidad entre Salas y Cañaris.

Bosque seco ralo de montañas

Este tipo de bosque se puede observar en las laderas y piedemontes del macizo occidental andino, es decir, desde aproximadamente 400 hasta los 1500 msnm. Se caracteriza por su carácter mayormente caducifolio, ralo y de baja altura. Está representado por las siguientes especies arbóreas: «pasallo» *Eriotheca ruizii*, «hualtaco» *Loxopterigium huasango*, «sapote» *Capparis angulata*, «palo verde» *Cercidium praecox*, «palo santo» *Bursera graveolens* y «venturo» *Erythrina smithiana*, entre las más importantes.

Bosque seco tipo sabana

Esta unidad de cobertura vegetal se caracteriza por sus escasas comunidades arbóreas de baja altura, las cuales emergen de un estrato herbáceo de vida efímera a base de gramíneas. Las especies predominantes de este bosque son estos. «algarrobo» *Prosopis pallida* y el «sapote» *Capparis angulata*. En el estrato arbustivo, sobresalen las siguientes: «charamusco» *Encelia canescens*, «overo» *Cordia lutea*, «bichayo» *Capparis ovaleifolia* y «satuyo» *Capparis prisaca*.

Algarrobal ribereño

Se localiza desde el nivel del mar hasta los 200 m de altitud, en las provincias de Jayanca y Pitipo. Se caracteriza por la presencia de algarrobos del género *Prosopis*, que pueden alcanzar alturas de 12 m. Se estima una población de algarrobo de más de 150 árboles/ha, con considerable presencia en la población adulta y juvenil, lo cual es concordante con la abundante regeneración natural existente. Este tipo de bosque ha sido explotado para uso de leña y carbón; esto merma su población año tras año.

Cauce del río

Esta unidad corresponde a las áreas por donde discurren los ríos de la región. En esta unidad, a excepción de los cauces en zonas urbanas, los árboles se encuentran mejor desarrollados y alcanzan alturas de hasta 12 m.

Vegetación arbustiva

Esta unidad incluye terrenos con vegetación arbustiva de las siguientes especies: «retama» *Spartium junceum*, «maguey» *Agave americana*, «chamana» *Dodonaea viscosa*, «lloque» *Kageneckia lanceolata*, etc. Se puede observar hacia el sector oriental de la región y de forma discontinua, tal como se observó en Chongoyape, Patapo y Salas.

Matorral seco

Este tipo de vegetación natural se distribuye ampliamente en la Región Lambayeque. Se puede observar, por ejemplo, en los distritos de Pítipa, Chongoyape, Mesones Muro, Patapo y Oyotún. La vegetación característica es de tipo arbustiva pluvifolia, con un incremento de especies espinosas y hierbas efímeras. Destacan la cactácea «gigantón» *Neoraimondia* sp., *Armatocereus* sp.

Matorral seco de dunas

Debido a la aridez y la topografía, esta unidad es escasa en vegetación, pero existen especies arbóreas aisladas. Entre las principales, se pueden mencionar el algarrobo, el hualtaco, el sapote, el bichayo, el overo, etc.; sin embargo, se distingue una cubierta de gramíneas que sólo brota con las lluvias veraniegas.

Matorral húmedo

Esta unidad se observa en los sectores montañosos, y ocupa laderas de moderada a fuerte pendiente. La vegetación asociada corresponde a las siguientes especies: «retama» *Spartium junceum*, «maguey» *Agave americana*, «chamana» *Dodonaea viscosa*, «lloque» *Kageneckia lanceolata*, etc. Es posible observar estas especies vegetales ocupando suelos coluvio-residuales en los distritos de Salas, Cañaris e Incahuasi.

Pajonal

Esta unidad se ubica sobre los 3500 msnm y está representada por herbáceas que crecen formando matas de menos de 1 m de alto, con hojas punzocortantes. Se las puede observar a continuación del bosque húmedo de montañas, como se observó, por ejemplo, en los distritos de Cañaris e Incahuasi. Las principales especies que alberga son gramíneas del género *Calamagrostis* y *Festuca*; pero en los sitios de mayor humedad se encuentran también hierbas como *Gallitriche* sp., *Distichia* sp., *Equisetum bogotense*, *Sphagnum*, etc.

Áreas con cultivos agropecuarios

Se encuentran localizadas, principalmente, en las partes bajas y medias de las laderas de montañas en la Región Lambayeque. Generalmente, los cultivos agrícolas son de secano, debido a la precipitación pluvial, sobre todo cuando el régimen hidrológico es normal. Los cultivos más importantes de la zona costera (bajo riego) son el arroz, la caña de azúcar, el algodón, el maíz, el sorgo, los frutales, el espárrago, el trigo, la papa, la cebolla, las legumbres, las hortalizas, las menestras y los cereales, etc. (foto 2.3); en la zona andina se encuentran la cebada, el trigo, el maíz, la papa tuberosas (oca, olluco), menestras (arveja) y otros (quinua, lechuga, beterraga).



Foto 2.3 Cultivos de algodón y caña de azúcar en el valle costero de Cayalti-Ferreñafe.

Áreas sin vegetación

Comprende las planicies del desierto costero y las primeras estribaciones del macizo occidental andino. La aridez es predominante y el suelo aprovechable es escaso. En algunos sectores, estas áreas corresponden a superficies rocosas

abruptas, como se pudo observar en los distritos de Chongoyape, Pucala, Saña y Nueva Arica. Las zonas ubicadas entre el litoral y la costa están cubiertas por acumulaciones de arena y depósitos aluviales.

Centros poblados

Comprende todo espacio ocupado por la población de la Región Lambayeque. La mayor concentración se da en la zona de costa, donde se ubica las ciudades de Chiclayo, Pimentel, San José, etc. Estas áreas se caracterizan por ser deforestadas.

Reservorios y lagunas

Esta unidad comprende las tierras ocupadas por lagunas y reservorios. Se encuentran los reservorios de Tinajones, Reservorio y Collique.

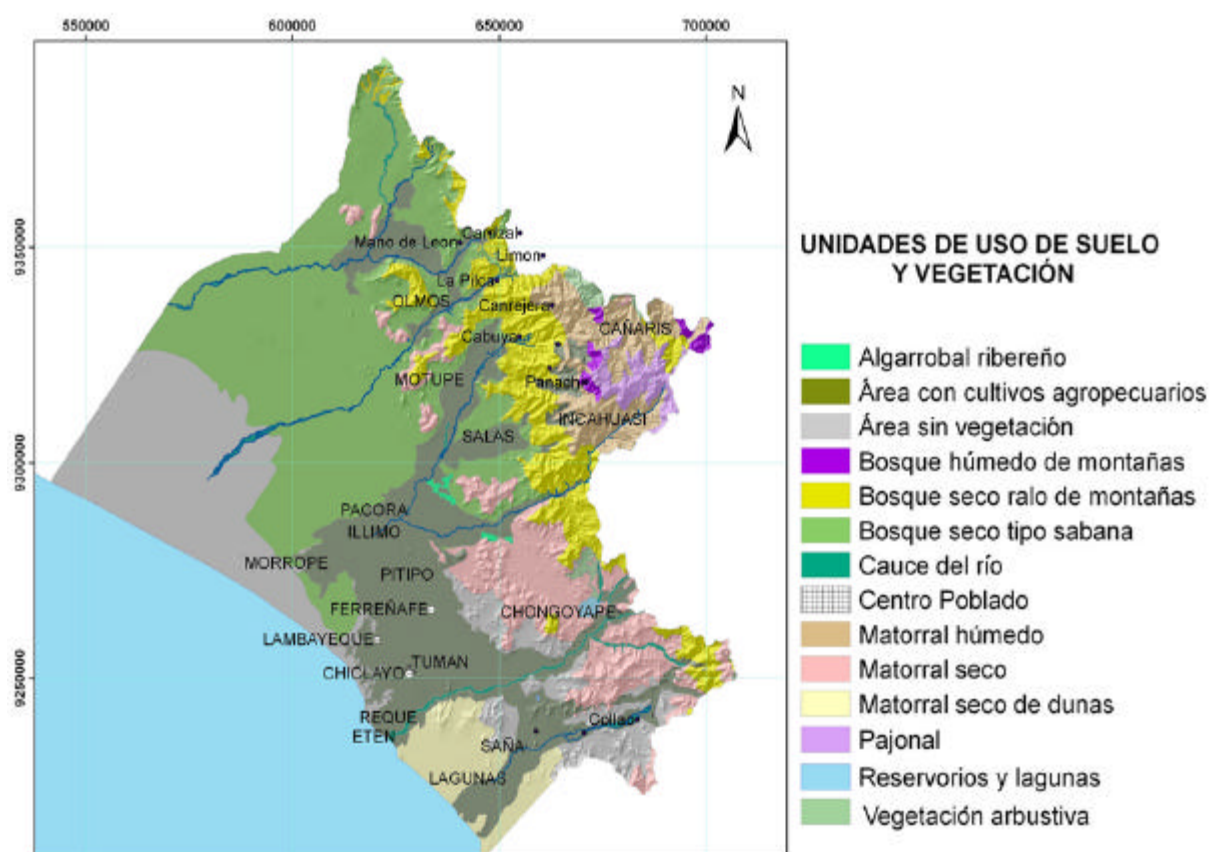


Figura 2.3 Unidades de uso de suelo y vegetación en la Región Lambayeque (modificado de INRENA, 1995 y de Ramírez, 1996).

ESPACIOS O ÁREAS PROTEGIDAS Y PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO

Áreas naturales protegidas

En la Región Lambayeque, las principales áreas naturales protegidas son las siguientes:

Reserva Ecológica Chaparrí

Está ubicada a 95 km al sureste de la ciudad de Chiclayo. Ocupa un territorio de 34 412 hectáreas pertenecientes a la comunidad campesina Muchik -Santa Catalina de Chongoyape. Se trata de la primera área de conservación privada en el Perú. Su principal objetivo es la conservación de los bosques secos de la zona y de la rica biodiversidad que albergan, así como el establecimiento de

mecanismos que permitan el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Alberga importantes especies en peligro de extinción como el Oso de Anteojos, el Guanaco, la Pava Aliblanca y el Cóndor Andino (MINCETUR, 2008).

Área natural protegida Santuario Histórico Bosque de Pómac

Es un bosque seco que sirve como refugio de algarrobos, aves y restos arqueológicos de la cultura Sicán. Se ubica a 35 km al norte de la ciudad de Chiclayo.

Se han hallado en esta área protegida veinte estructuras preincaicas, por ejemplo, Huaca Las Ventanas, Huaca Lucía, Huaca La Merced o Huaca Rodillona, entre otras. Los hallazgos

arqueológicos han sorprendido por la cantidad de objetos de oro encontrados.

En el Proyecto Arqueológico Sicán se ubicó un entierro con un valioso ajuar funerario, formado por coronas, cintillos, máscaras,

brazaletes, collares, armas, protectores y otros objetos de oro, además de cuentas de turquesas, conchas *spondylus*, lapislázuli y ámbar. El bosque presenta una flora variada de zapotes, guarangos y algarrobos (MINCETUR, 2008).



Foto 2.4 Bosque de Pómac (tomado de Picasa, álbumes web, en <http://picasaweb.google.com>).

Patrimonio arqueológico

En la Región Lambayeque, el patrimonio arqueológico está representado por una serie de complejos arqueológicos. A continuación se presentan los principales.

Complejo arqueológico de Huaca Rajada (Señor de Sipán)

Está ubicado a 35 km al sureste de la ciudad de Chiclayo (45 minutos en auto), en los límites de la antigua hacienda Pomalca. En 1987, se descubrió allí una tumba con los restos intactos de un gobernante mochica: el Señor de Sipán (foto 2.5). El hallazgo permite apreciar el ritual de enterramiento del jerarca mochica, quien estaba acompañado de un guerrero, un sacerdote, dos mujeres, un niño, un perro, una llama y un guardián con los pies amputados. El ajuar funerario incluía numerosas joyas de oro y plata decoradas con turquesas y lapislázuli.

La construcción o huaca está formada por una plataforma funeraria y dos pirámides truncas de adobe, también pertenecientes a la cultura Mochica (siglos I al VI d.C.).

Complejo arqueológico de Batán Grande

Está ubicado a 26 km de Chiclayo. En este lugar, de 13 500 hectáreas, específicamente en la Huaca la Ventana, se encontró, a fines de 1936 y principios de 1937, una serie de objetos de oro, entre ellos el Tumi de oro (cuchillo ceremonial) y la máscara de ojos alados; en 1991 se halló la tumba del Señor de Sicán.

Complejo arqueológico de Huaca Chotuna

Está ubicado a 12 km al oeste de la ciudad de Chiclayo. Este conjunto de pirámides truncas y de recintos se extiende sobre un área de aproximadamente 20 hectáreas. A este lugar se le identifica con la leyenda de Naymlap y la fundación de la cultura Lambayeque. Según dicha leyenda, el propio Naymlap ordenó la construcción de uno de los templos del complejo, conocido como Chot, lugar donde puso un ídolo de piedra color verde conocido como Ñam Pallec. Hasta hoy, los pobladores temen y respetan a la huaca, pues creen que en las profundidades de la tierra aún están Naymlap y sus descendientes.

Complejo Arqueológico de Túcume

Está ubicado aproximadamente a 1 km al este del pueblo de Túcume, y a 33 km al norte de la ciudad de Chiclayo. Se remonta a 700 años d.C. Según la leyenda, fue fundado por Calac, descendiente

de Naymlap. Túcume o el Valle de las Pirámides, como también se le conoce, está conformado por 26 pirámides, entre las que destacan la Huaca del Pueblo, La Raya, El Sol y Las Estacas (fotos 2.6 y 2.7).



Foto 2.5 Vista de la indumentaria del Señor de Sipán (tomado de <http://www.turismolambayeque.com>).



Foto 2.6 Maqueta de las Pirámides de Túcume en el Museo de Sitio en Túcume.



Foto 2.7 Vista panorámica de las Pirámides de Túcume.

CAPÍTULO III

ASPECTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

En este capítulo, se describirá, en primer lugar, la geología de la Región Lambayeque, la cual ha sido la base para la agrupación de unidades litológicas (Fidel *et al.*, 2006). En segundo lugar, se tratarán aspectos geomorfológicos, tales como la morfología, las pendientes y la morfogénesis, los cuales están resumidos en la clasificación de unidades geomorfológicas.

ASPECTOS GEOLÓGICOS

La información geológica mostrada en este acápite se ha tomado de las Cartas Geológicas a escala 1:100,000 de los cuadrángulos de Chiclayo, Chongoyape, Pacasmayo, Chepén, Olmos, La Redonda, Las Salinas, Mórrope, Jayanca e Incahuasi. Han sido elaboradas por INGEMMET (Caldas *et al.*, 1979; Wilson *et al.*, 1984; Reyes y Caldas, 1987). Esta información ha sido complementada con interpretación de imágenes satelitales Landsat (Bandas 7, 4, 2), fotos aéreas y datos de campo.

La mayor parte del territorio de la región de Lambayeque corresponde a materiales recientes de edad cuaternaria, con una antigüedad menor a un millón de años. Hacia el sureste de la región, se exponen rocas sedimentarias metamórficas e ígneas con un rango geocronológico comprendido entre el Precambriano y el Pleistoceno Reciente.

Las unidades más antiguas integran un complejo metamórfico-ígneo desarrollado durante el metamorfismo regional que formó el complejo del Maraón hacia el Este y la Formación Olmos en la Costa. Estas unidades constituyen el basamento metamórfico de la región (Caldas, *et al.*, 1979).

Durante el Cretácico se depositaron las lutitas, areniscas y calizas de las formaciones Tinajones, Inca, Chulec, Pariatambo, Chimú y Pullucana, manifestaciones de las transgresiones y regresiones marinas de hace 100 millones de años. La actividad volcánica contemporánea produjo que dichos materiales se mezclen y formen depósitos continentales del tipo volcano-sedimentario como los de la Formación La Leche en la faja costanera y la Formación Oyatún.

En el Terciario e inicios del Eoceno superior, esta cuenca emergería formando la cordillera de la costa representada en la actualidad

por los cerros Amotapes y la isla de Lobos de Tierra. La actividad volcánica en este periodo fue intensa y está representada por andesitas y dacitas de las formaciones Llama, Porculla y Huambos.

Cortando a la secuencia descrita se encuentran *stocks* y cuerpos batolíticos de rocas intrusivas y subvolcánicos de edad Cretáceo superior-Terciario inferior; tal como se observa en el flanco oeste de la cordillera occidental. La litología va del gabro al granito.

Durante el cuaternario, la región estuvo sujeta a movimientos eustáticos que dieron lugar a la depositación de materiales de origen aluvial, fluvial y eólico, y a la formación de geoformas características de la región, por ejemplo, los tablazos.

Unidades litológicas

Las unidades litológicas representadas en el mapa 3, se han agrupado según sus características geológicas (litología) y geotécnicas (grado de homogeneidad, grado de fracturamiento, grado de meteorización y resistencia a la erosión), diferenciando así a los depósitos inconsolidados como la Unidad I y a las unidades del substrato rocoso como rocas intrusivas (Unidad II), rocas volcánicas, (Unidad III), rocas volcánico-sedimentarias (Unidad IV), rocas sedimentarias (Unidad V) y rocas metamórficas (Unidad VI).

Unidad I. Depósitos inconsolidados

Esta unidad agrupa a depósitos poco o nada coherentes de composición litológica heterogénea con clastos heterométricos, de extensión y espesor variable. En función de su origen, se ha subdividido en las siguientes subunidades: Subunidad I-1: Depósitos eólicos; SubUnidad I-2: Depósitos lagunares; Subunidad I-3: Depósitos fluviales; Subunidad I-4: Depósitos marinos; Subunidad I-5: Depósitos aluviales y proluviales, y SubUnidad I-6: Depósitos fluvio-glaciares.

Estos depósitos recientes forman parte de los conos de deyección y cauce de ríos y o afluentes, los cuales se encuentran sueltos, propensos a erosión fluvial. También incluye a los depósitos antiguos (eólicos y lagunares); se encuentran medianamente estables y se activan en tiempos de viento fuerte y precipitaciones, lo que produce flujos de lodo, arenamientos y anegamientos.

Subunidad I-1

Depósitos eólicos. Formados con arena inconsolidada de grano fino a medio, que cubren parcialmente afloramientos más antiguos, así como llanuras aluviales. La arena es transportada continuamente por efecto de los vientos. Se pueden observar en el sector de

Morrope-La Niña, donde cauces antiguos cubiertos por arena eólica se convirtieron en flujos de arena durante el fenómeno de El Niño de 1983, debido al exceso de agua de los canales de irrigación en ese sector. Además se presentan como mantos de arena o campos de dunas fijas atrapadas en la vegetación (foto 3.1).



Foto 3.1 Depósitos semiconsolidados de arenas y limos de grano medio a fino en la quebrada el Virrey en Olmos.

Subunidad I-2

Depósitos lagunares. Esta subunidad está ubicada cerca al litoral, en el sector de Caldereta al suroeste de San José, y en el sector La Niña al noroeste de Morrope (foto 3.2); sus extensiones son de hasta 16 km.

La cuenca de sedimentación está constituida por antiguas llanuras inundables, actualmente en proceso de colmatación con arenas

eólicas. Por esta razón, las partes más profundas están conformadas por lodo o arcillas bituminosas gris-negras, mientras que superficialmente son arenas salobres húmedas o costras de arenas con caliche producto de las filtraciones del agua salada proveniente del mar. En muchos lugares, estos depósitos constituyen yacimientos de materiales evaporíticos de valor económico, por ejemplo, las yeseras de Morrope.



Foto 3.2 Depósito lagunar rodeado por depósitos eólicos recientes en el sector La Niña, Playa Morrope.

Subunidad I-3

Depósitos fluviales. Constituidos por una mezcla de cantos, gravas y bloques subredondeados de granulometría variable, englobados en matriz arenolimosa, poco compacta. Su permeabilidad se considera de media a alta y su valor como suelo de cimentación es moderado. Estos depósitos se encuentran distribuidos a lo largo de los cauces de los ríos y están relacionados a los cambios del curso de estos últimos (foto 3.3).

Subunidad I-4

Depósitos marinos. Corresponden a terrazas marinas con espesores entre 10 y 40 m de altura; están compuestos por niveles de gravas y cantos rodados en la parte superior, gradando a niveles finos de limos y arenas de depósitos de playa en la parte inferior; además se puede apreciar niveles de yeso que surcan como venillas al depósito (foto 3.4). Las características anteriormente descritas se observan en los acantilados de Punta Canalocha (foto 3.5), puerto Eten y la Ensenada de Cherrepe.



Foto 3.3 Vista de los depósitos fluviales en el cauce del río Saña, los cuales están migrando a la margen derecha del río y generando erosión fluvial en las terrazas bajas.



Foto 3.4 Niveles de yeso y algas en los acantilados o barrancos de La Playa Punta-Canalocha en el distrito de Lagunas.

Subunidad I-5

Depósitos aluviales y proluviales. Se localizan en la parte baja y media de los cauces de los ríos Cascajal, Motupe, Lambayeque, Saña (foto 3.6) entre otros, conformando así conos y abanicos a lo largo de dichos valles. Corresponde además a conglomerados inconsolidados en una matriz areno-limosa o arcillas lenticulares, que muestran evidencias de por lo menos cuatro crisis climáticas, consistentes de temporadas de sequía seguidas por épocas de intensa precipitación.



Foto 3.5 Depósitos marinos

Subunidad I-6

Depósitos fluvioglaciares. Este tipo de depósitos están conformados por material constituido por una mezcla de bloques, gravas y cantos de subangulosos a angulosos, englobados en matriz limo arenosa o arcillo-arenosa. Ha sido transportado por las aguas de fusión de antiguos glaciares hacia las vertientes de la zona andina.

Constituyen acumulaciones de espesores menores a 5 m y su permeabilidad es considerada como media. Su valor como suelo de cimentación es regular. Estos depósitos se observan en alturas superiores a los 3800 msnm, exclusivamente en las partes altas de Incahuasi.



Foto 3.6 Depósitos proluviales y aluviales en el lecho del río Saña (sector Macuaco-Oyotún-Chiclayo).

Unidad II. Rocas intrusivas

Estas rocas pertenecen al Batolito de la Costa y se encuentran a lo largo de la cordillera occidental en forma de afloramientos alineados. Se ha subdividido esta unidad en las siguientes subunidades: II-1 (adamelita, cuarzo, monzogranito, granodiorita) y II-2 (granodioritas, dioritas, tonalitas).

Subunidad II-1

Adamelita, cuarzo, monzogranito, granodiorita. Forman parte de un complejo de rocas ácidas emplazadas en estratos cretácicos y rara vez en rocas cenozoicas. Por su alto grado de fracturamiento, a esta subunidad se le asocian procesos de desprendimientos de rocas y, por consiguiente, grandes flujos de detritos, cuyo material está compuesto por fragmentos de rocas desprendidas y acumuladas en las laderas. Un ejemplo de esta subunidad se observa en la (foto 3.7).

Subunidad II-2

Granodioritas, dioritas, tonalitas. Corresponden a las rocas ácidas y básicas del batolito de la costa. Afloran entre los cerros de Patapo y Pico de Gallinazo al norte de Chongoyape, Penachi, Colaya y Cangrejera en Salas.

Afloran a manera de *stocks* de granodioritas (foto 3.8), tonalitas y a veces se encuentran emplazando a rocas jurásicas y jurásico-triásicas. Los peligros registrados en esta subunidad son principalmente caídas de rocas, derrumbes y flujos de detritos. En menor cantidad se ha reconocido procesos de deslizamientos y erosión de laderas asociados a este tipo de rocas.



Foto 3.7 Adamelitas intemperizadas y fuertemente fracturadas, observadas en el sector San Nicolás-Saltur (Cayalti, Chiclayo). Se le asocian desprendimientos de roca y flujos de detritos.



Foto 3.8 Granodioritas gris verdusca observada en la quebrada El Sauce en Salas.

Unidad III. Rocas volcánicas

Está conformada por rocas que afloran en las alturas de Cañaris, Oyotún e Incahuasi que forman cumbres semiredondeadas propias de flujos y derrames lávicos. Se han diferenciado dos subunidades: III-1 (rocas volcánicas andesíticas) y III-2 (rocas volcánicas dacíticas).

Subunidad III-1

Rocas volcánicas andesíticas. Está representada por las rocas de la Formación Llama, que es de naturaleza andesítica. Pueden ser observadas en las cumbres de la cuenca alta a media del río Saña, específicamente entre el sector de Espinal y Oyotún (foto 3.9). Están compuestas por conglomerado basal intercalado con capas de tobas andesíticas de color morado o violáceo.

Aquí se han registrado deslizamientos y procesos activos de erosión de laderas que generan problemas de inestabilidad.



Foto 3.9 Conglomerado con guijarros observada en la localidad de Oyotún.

Subunidad III-2

Rocas volcánicas dacíticas. Está representada por las rocas dacíticas de las formaciones Huambos y Porculla. Afloran con mayor representación en la cuenca alta del río La Leche entre el sector de Incahuasi y Tallapampa (foto 3.10).

Estas rocas se encuentran muy meteorizadas, intemperizadas y medianamente fracturadas, incluso inestables por el corte de talud de la carretera Ferreñafe-Incahuasi. Es común observar en este tipo de rocas deslizamientos y derrumbes.

Unidad IV. Rocas volcánico-sedimentarias

Las rocas de esta unidad están constituidas por derrames y brechas de composición andesítica, estratificadas con intercalaciones de



Foto 3.10 Dacitas meteorizadas e intemperizadas observadas en el sector de Tallapampa (Incahuasi, Ferreñafe).

arenisca, cuarcita, lutita, caliza y marga. La morfología asociada a los afloramientos de este tipo de rocas son laderas muy escarpadas y valles encañonados, por lo que se relacionan a procesos de caídas de rocas y/o vuelcos.

Está representada por la Formación Oyotún, que aflora a lo largo del valle del río La Leche, entre el sector de Mayascón y el Algarrobito (Pitipo, Ferreñafe; foto 3.11).

Unidad V. Rocas sedimentarias

Esta unidad se ha subdividido en dos subunidades: Subunidad V-1 (calizas, lutitas y margas) y subunidad V-2 (areniscas con niveles de lutitas).

Subunidad V-1

Calizas, lutitas y niveles de margas. Está conformada por calizas nodulares y/o bituminosas de bancos delgados con niveles de lutitas y esporádicamente margas que constituyen las Formaciones Chulec y Pariatambo. En la Región Lambayeque, estas rocas se muestran medianamente resistentes a la erosión y fuertemente diaclasadas. Se le asocian procesos de erosión de laderas y flujo de detritos. Ejemplos de esta subunidad se observan entre Mochumi e Incahuasi (foto 3.12).

Subunidad V-2

Areniscas con niveles de lutitas. Está representada por la Formación Tinajones y el Grupo Goyllarisquiza. Consiste en areniscas feldespáticas de color rojizo con intercalaciones esporádicas de cuarcitas y lutitas. Afloran al noreste de



Foto 3.11 Tobas con niveles de cuarcitas muy fracturadas en laderas de pendiente fuerte.



Foto 3.12 Calizas bituminosas con niveles de lutitas en bancos delgados de la subunidad V-1, observadas entre Mochumi e Incahuasi (Incahuasi).

Chongoyape en ambos márgenes de la quebrada Montería y en pequeños segmentos en los cerros de Chaparri, Caña Brava y Peña Rajada.

Generalmente se presentan medianamente fracturadas (foto 3.13), y se les asocia a procesos de desprendimiento de rocas.



Foto 3.13 Areniscas con lutitas, fuertemente fracturadas e intemperizadas, observadas en la localidad de Tinajones.



Foto 3.14 Filita y esquistos muy fracturados e intemperizados del Complejo Olmos, en el tramo de la carretera Olmos-Jaén.

Unidad VI. Rocas metamórficas

Corresponde principalmente a rocas del tipo esquistos micáceos, filitas, pizarras y gneis granodiorítico. Afloran al noreste del cuadrángulo de Jayanca y Olmos. La morfología asociada a esta unidad es la siguiente: lomas de mediana pendiente cubiertas por abundante suelo residual y escombros.

La deformación que afectó a estas rocas ha ocasionado una foliación que origina procesos de desprendimiento de rocas (foto 3.14).

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

La Región Lambayeque está conformada en sus tres cuartas partes por una llanura costera árida y poco accidentada que asciende lentamente hacia el este al aproximarse a las estribaciones de la Cordillera de los Andes. Sin embargo, este relieve se ve modificado por pequeños cerros aislados ubicados hacia el este y sur del departamento, lo que determina la dirección de los arroyos y ríos.

En este acápite se detallarán aspectos esenciales en la clasificación de las unidades geomorfológicas. En primer lugar se describirá la morfología, las pendientes y seguidamente las unidades geomorfológicas presentadas en el mapa 4.

Morfología y pendiente

La morfología de la Región Lambayeque consta principalmente de una amplia zona costanera, donde destacan las pampas aluviales y las dunas próximas al litoral. Un elemento a destacar en el relieve de esta región es la cordillera Occidental, la cual constituye la divisoria de aguas cuya parte más alta es una superficie ondulada a 4000 msnm disectada profundamente por ríos de corto recorrido y poco caudal que desembocan al Océano Pacífico.

Acerca de la pendiente de la región, para este estudio y en base al modelo de elevación digital elaborado, se han diferenciado cinco rangos, que son los siguientes: muy baja, baja, media, alta y muy alta.

Pendiente muy baja (menor de 10°)

Se encuentran en este rango las zonas casi planas, ubicadas entre la desembocadura y parte baja del desierto costero lambayecano. En este sector, los flujos recorren con menor velocidad y forman amplios abanicos.

Pendiente baja (10°-20°)

Se ha podido observar este rango de pendiente en sectores de la región donde abundan los depósitos aluviales antiguos que forman grandes conos de deyección. Este es el caso de la mayoría de

quebradas ubicadas en la cuenca baja de los ríos Reque, Saña y Lambayeque, y en terrazas, las cuales se hallan en ambos márgenes de dichos ríos y sus afluentes principales.

Pendiente media (20°-40°)

Este rango de pendiente corresponde a laderas suaves a onduladas, lomadas de afloramientos intrusivos, volcánicos y sedimentarios erosionados, identificables en la cuenca media de los ríos Reque, Saña y Lambayeque.

Pendiente alta (40°-60°)

Este rango de pendiente corresponde a afloramientos de rocas intrusivas y sedimentarias ubicadas en las estribaciones andinas. La mayoría de afloramientos ubicados en este rango de pendiente se encuentran afectados por estructuras tales como pliegues y fallas.

Pendiente muy alta (mayor a 60°)

Presentan este rango de pendiente las zonas escarpadas, barrancos y valles encañonados ubicados principalmente en las cuencas medias y altas de los valles La Leche, Saña (foto 3.15) y Motupe. En la zona costera, ejemplos de estas pendientes se observan en los acantilados de Puerto Eten y Cherrepe, donde se producen caídas de rocas y vuelcos por efecto de gravedad y socavación marina.

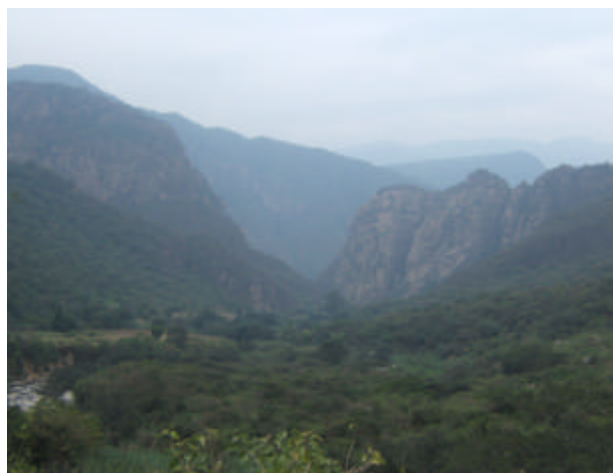


Foto 3.15 Valle encañonado del río Saña con laderas de pendiente muy fuerte.

Unidades geomorfológicas

Verstappen y Van Zuidam (1991) las definen como unidades del terreno diferenciadas de acuerdo a sus características morfológicas, morfométricas, geológicas y a su origen.

Para la elaboración del mapa geomorfológico de la cuenca (mapa 4), se utilizó la información litológica y el modelo de pendientes;

imágenes satélites Landsat TM5 y datos geomorfológicos recopilados en campo.

Geoformas de origen denudacional

Loma intrusiva

Esta unidad corresponde a afloramientos de rocas intrusivas de formas subredondeadas, pendientes suaves y desniveles de hasta 300 m formados por erosión. En la Región Lambayeque, geoformas de este tipo están afectadas por procesos de erosión diferencial debido a su alto grado de fracturamiento, lo que las hace susceptibles a derrumbes y desprendimientos de roca (foto 3.16).



Foto 3.16 Loma intrusiva, sector Callanca-margen izquierda del río Reque

Loma metamórfica

Esta unidad corresponde a afloramientos metamórficos de hasta 300 m de altura, de pendiente media y relieve suave. Ejemplos de esta geoforma se pueden observar a lo largo de la cordillera occidental, en ambos márgenes de la carretera Motupe-Olmos, cubiertos por vegetación arbustiva estacional y hasta sembríos de árboles (foto 3.17). Esta geoforma es susceptible a procesos de desprendimiento de rocas.

Loma sedimentaria

Tal unidad está conformada por cerros aislados de altitudes entre 100 y 300 metros modelados sobre materiales sedimentarios. La erosión sobre estas lutitas, calizas y limoarcillitas genera líneas de cumbres redondeadas muy suaves. Geoformas de este tipo aparecen hacia el sector occidental de la región y están alineadas en dirección NO-SE. Un ejemplo de esta unidad se ubica entre las localidades de Olmos y Motupe conformando relieves suaves y poco elevados. Dado que las pendientes en estas geoformas son menores, es más difícil que se produzcan procesos de deslizamientos; lo que predominan, son los flujos de detritos y de lodo.



Foto 3.17 Loma metamórfica en la quebrada Agua Blanca (carretera Olmos-Jaén).

Montaña intrusiva

Está constituida por laderas y crestas de topografía abrupta modeladas en rocas intrusivas del Batolito de la Costa. Geoformas de este tipo se encuentran disectadas por ríos y quebradas que se abren camino a la costa, formando valles profundos con flancos de fuerte inclinación y con crestas estimadas entre los 900 y 3600 m de altitud. Esto refleja la fuerte erosión de los ríos. Los procesos asociados a esta unidad son los flujos, los deslizamientos, la erosión de laderas, los desprendimientos y los derrumbes en sectores donde la roca está intensamente fracturada.

Montaña metamórfica

Esta geoforma corresponde a los afloramientos de rocas metamórficas de topografía agreste, con laderas de pendientes fuertes desprovistas de vegetación. Afloran al noreste del cuadrángulo de Olmos, entre el sector de Olmos-La Pilca (carretera Olmos-Jaén) y el sector de Colaya en Motupe. Es común observar en este tipo de geoformas los desprendimientos de rocas.

Montaña sedimentaria

Se trata de afloramientos de rocas sedimentarias con laderas de pendientes fuertes que incluyen farallones y barrancos. Los procesos dominantes son los de erosión de laderas, debido a la meteorización química y mecánica a las que están sometidas las rocas componentes. Pueden observarse en la cuenca alta de los ríos Olmos, Motupe y La Leche. Ejemplos característicos son las montañas sedimentarias abruptas de los alrededores de las localidades de Cañarís, Oyotún e Incahuasi.

Montaña sedimentaria altamente disectada

Esta unidad viene caracterizada por montañas sedimentarias modeladas sobre las areniscas, cuarcitas y calizas de las formaciones Pariatambo y Chulec. Debido a la presencia del complejo sistema estructural andino, estas geoformas presentan

laderas muy fragmentadas (foto 3.18) que las hacen susceptibles a los desprendimientos de rocas. Ejemplos se observan exclusivamente en la parte noroccidental de la región, en los distritos de Chongoyape y Oyotún.



Foto 3.18 Ladera de una montaña sedimentaria altamente disectada, cortada por la carretera Oyotún-Las Delicias (Oyotún).

Montaña volcánica

Esta geoforma ha sido originada por la intensa actividad volcánica ocurrida entre el Terciario y Eoceno, que dio lugar a afloramientos con laderas de pendiente media a fuerte y a desniveles entre los

200 y 1000 metros. Se distribuye hacia el sector occidental de la región con una orientación NO-SE. Ejemplos se pueden observar en el sector de Incahuasi-Cañaris, Laquipampa (foto 3.19) y parte de la cuenca media a alta del río Motupe, en el sector de Botijilla (distrito de Salas), donde se aprecian superficies encañonadas cubiertas por extensos terrenos de cultivo. Esta geoforma es susceptible a deslizamientos y flujos de detritos.



Foto 3.19 Montañas volcánicas de paisaje suave a subondulado a más de 2800 msnm en el sector de Laquipampa (Incahuasi-Ferreñafe).

Montaña volcánica altamente disectada

Esta unidad se caracteriza por las montañas modeladas sobre lavas andesíticas que presentan laderas muy diaclasadas y fallamiento local. Por esta razón, son altamente susceptibles a los desprendimientos y a los flujos de detritos.

Ejemplos de esta geoforma se distribuyen exclusivamente hacia el sector occidental de la Región Lambayeque.

Piedemonte de erosión

Comprende a las superficies rocosas de pendiente baja (formada por erosión) y al material acumulado al pie de estas. Se presentan a lo largo de las vertientes montañosas de la región; principalmente

en rocas intrusivas. Su origen está asociado a la erosión y transporte hídrico de las precipitaciones pluviales. En estas geoformas es frecuente la generación de cárcavas, derrumbes, deslizamientos y hasta flujos.

Geoformas de origen fluvio-aluvial

Conos y abanicos proluviales

Comprende los abanicos o conos acumulados en la desembocadura de quebradas y ríos (foto 3.20), que constituyen evidencias de flujos de detritos, lodo y represamiento de valles pasados. Están compuestos por arenas, arcillas con mezcla de fragmentos heterométricos y heterogéneos de rocas de distinta composición. Dependen de huaycos periódicos y excepcionales.

Fondo de valle y terraza

Han sido originados por los cursos fluviales que han modelado y acumulado materiales finos que emplastan materiales como gravas, bloques y bolones en los fondos planos, o se acumulan en forma de terrazas (foto 3.21). Estas últimas se pueden ubicar de forma adyacente a los ríos principales y afluentes; en muchos casos son utilizadas para el sembrío. Estas terrazas son susceptibles a procesos de inundación y erosión fluvial.



Foto 3.21 Fondo de valle y terraza baja del río Saña, sector Pitipo-Ferreñafe.



Foto 3.20 Depósito proluvio-aluvial del río Motupe en el sector Pampa de Lino-Morrope.

Planicie fluvio-aluvial

Comprende el borde litoral y las pequeñas estribaciones de la cordillera occidental. Es una superficie amplia y plana donde se asientan las ciudades de Chiclayo, Lambayeque, Ferreñafe, entre otras. Se encuentra conformada por material no consolidado movable (conglomerados, arenas y arcillas), ubicado en los lechos de ríos.

La baja pendiente y la acción fluvial predisponen a esta subunidad a procesos de inundación estacional o excepcional.

Ejemplos de esta unidad se tienen en la cuenca baja de los ríos principales de la región. Además, está la planicie fluvio-aluvial (cubierta por sembríos de arroz, caña de azúcar, entre otros cultivos) del valle productor del río Reque (foto 3.22).



Foto 3.22 Planicie fluvio-aluvial en la parte baja del río Reque, con vista NE al SO.

Piedemonte proluvial

Esta geoforma corresponde a laderas de pendiente media (20° - 40°) suave en el pie de una montaña. Dichas laderas están formadas por detritos no consolidados, producto del desprendimiento, arrastre o caída por gravedad (foto 3.23), asociados a depósitos de deslizamientos y caídas de extensiones kilométricas.



Foto 3.23 Piedemonte proluvial cubierto de vegetación arbustiva en las montañas del sector Algarrobito-Pittipo.

Se observan, cubiertos en algunos casos por vegetación, en las faldas de las cordilleras y cumbres de las cuencas altas del río Olmos, Motupe, La Leche, Saña y Reque. Son geoformas susceptibles a los movimientos en masa.

Geoformas de origen eólico

Campo de dunas

Corresponde al terreno cubierto por montículos de arena; se denominan, de acuerdo a su forma, como dunas, barjanes y mantos. Las dunas, según su actividad, se pueden clasificar en fijas y móviles. Se les llama dunas fijas cuando se han detenido por la presencia de vegetación (foto 3.24). Las dunas móviles se encuentran migrando según la dirección y temporada de los vientos fuertes.

Estas geoformas se aprecian a lo largo de la línea de costa desde la Playa Morrope (Morrope) hasta La Punta (Lagunas). Son susceptibles a procesos de arenamiento, a licuación de arenas y, en algunos casos, a derrumbes.



Foto 3.24 Depósito de dunas fijadas por vegetación arbustiva, en la trocha carrozable Morrope, caserío Dos Palos (Morrope).

Explanada eólica

Esta unidad geomorfológica ha sido formada por la acumulación de arenas que bordean la planicie fluvio-aluvial. Sus extensiones son kilométricas; forma parte de las pampas del desierto costero, con algunos montículos de arenas fijas y móviles en etapas de vientos fuertes.

Es considerada como una zona eriaza, sin embargo, con la aplicación de nuevos proyectos de regadío, como el riego por goteo, en la actualidad, algunos sectores están produciendo ají pápica y algodón. Acerca de los procesos superficiales asociados, cabe mencionar que dicha unidad es susceptible a procesos de arenamiento y licuación de suelos.

Geoformas de origen marino

Los rasgos geomorfológicos característicos de la costa son sus playas y pampas. Estas playas forman el borde litoral de la región, que es continuado, hacia el sur del río Reque, por extensas pampas que perfilan en la costa una línea casi continua de acantilados. Dichas pampas son cortadas por los valles estrechos de los ríos principales. El límite entre playas y pampas está caracterizado por bancos de grava, depositada al alcance de las olas.

Borde litoral

Es la franja paralela a la línea de costa y se extiende de noroeste a sureste. Corresponde a una faja delgada cuya anchura va desde la línea de costa hasta 1 a 2 km tierra adentro. Está configurada por bahías, puntas y playas cubiertas por la acumulación de arenas a través de las corrientes litorales (foto 3.25). Se considera como una zona vulnerable a los tsunamis, especialmente las playas de Pimentel, San José y Santa Rosa, donde ya se han registrado estos desastres en el pasado.

A nivel local, los acantilados forman parte del borde litoral. Están constituidos por material conglomerádico perteneciente a los

antiguos conos de deyección, cuyo frente que da hacia el mar está expuesto a la acción de las olas (foto 3.26). Esto los hace susceptibles a los derrumbes y desprendimientos de roca. En la Región Lambayeque se observó acantilados que alcanzan alturas hasta de 30 m.

Geoformas de origen poligénico

Loma poligénica

Corresponde a afloramientos de rocas de génesis mixta o fruto de varios procesos superpuestos que han dejado afloramientos de pendientes suaves y desniveles de hasta 300. Ejemplos se pueden encontrar en los distritos de Olmos, Pitipo y Chongoyape, donde se observan afloramientos volcánico-sedimentarios susceptibles a procesos de erosión de laderas.

Montaña volcano-sedimentaria

Dentro de esta unidad se consideran los afloramientos de rocas volcánico-sedimentarias intensamente fracturadas y afectadas por fallas, que se caracterizan por una morfología abrupta.

Afloran al sureste del departamento de Lambayeque y forman parte de la cadena montañosa de la cordillera occidental, en las cumbres de Pitipo-Incahuasi, Chongoyape y Oyotún (foto 3.27). Además es susceptible a los desprendimientos de rocas y procesos de erosión de laderas.



Foto 3.25 Playa La Punta Canaloche, distrito de Lagunas, provincia de Chiclayo.



Foto 3.26 Acantilado La Punta Canaloche, distrito de Lagunas, provincia de Chiclayo.



Foto 3.27 Vista del cerro Sonolipe: una montaña volcano-sedimentaria ubicada en la localidad de Oyotún.

CAPÍTULO IV

HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

HIDROLOGÍA

Red hidrográfica

La red hidrográfica de la región Lambayeque pertenece a la vertiente del Pacífico. Los principales ríos son, de sur a norte, Saña, Chancay (Reque, Lambayeque y Taymi), La Leche, Motupe, Olmos y Cascajal (cuadro 4.1).

- Río Saña. Tiene su nacimiento en el flanco occidental de los Andes del departamento de Cajamarca, en la confluencia de los ríos Tinguis y Ranyra, a unos 3000 msnm. Su cuenca comprende aproximadamente 2025 km².
- Río Chancay. Tiene su nacimiento en la laguna Mishacocha, ubicada entre los cerros Coymolache y Callejones, a 3900 msnm y a inmediaciones del centro poblado Hualgayoc. Sus aguas discurren de Este a Oeste y la longitud desde su nacimiento hasta el mar es de 205 km aproximadamente. Presenta una cuenca de 5039 km² de extensión. Sus principales afluentes por la margen derecha son los ríos Huamboyaco, Cirato y Cumbil; por la izquierda, los ríos Cañad, Chilal y San Lorenzo. En su recorrido recibe diversos nombres. Desde el partidor La Puntilla, se bifurca formando los ríos Lambayeque, Reque y el canal Taymi.
- El canal Taymi es el principal conducto del Sistema Tinajones y de distribución de agua en el valle Chancay-Lambayeque, que sirve al 37% del área irrigada. Tiene una longitud de 48,9 km, y una capacidad de conducción de 65 m³/s. Presenta una sección trapezoidal revestida con mampostería de piedra y concreto y en su desarrollo presenta diversas tomas laterales de capacidades variables.
- Río La Leche. Nace en la región andina de Cajamarca, a partir de la confluencia de los ríos Moyan y Sàngano. Tiene un recorrido de 50 km aproximadamente, y sus aguas discurren de Noreste a Sureste. Presenta una cuenca de 1600 km².
- Río Reque. Es la prolongación del río Chancay. Tiene una longitud aproximada de 71,8 km, desde el partidor La Puntilla hasta su desembocadura en el mar. Funciona como colector de los excedentes de agua de drenaje de las aguas del río Chancay.

- Río Motupe. Nace en las partes altas del distrito de Salas y sus dos principales afluentes son los ríos Chimiama y Chochope. El río La Leche desemboca en el río Motupe, en la parte noroeste de la localidad de Illimo, aproximadamente a un kilómetro al oeste del cruce con la antigua Panamericana Norte, formando aguas abajo el río Mórrope. El caudal pico del río Motupe durante el fenómeno de El Niño se evaluó en 600 m³/s.
- Río Olmos. Es un río estacional, que recorre la parte sur del distrito del mismo nombre. Nace en la provincia de Huancabamba, ingresando al distrito de Olmos, por el lado este hacia el Oeste, uniéndose con algunas quebradas como la de los boliches. Cruza a 500 m de la ciudad de Olmos. Se considera a este río, al igual que al Cascajal, como el de menor impacto hídrico en la región, debido a su escaso e irregular caudal, así como a que atraviesa un terreno desértico.
- Río Cascajal. Nace en el departamento de Cajamarca con el nombre de quebrada Cuculí. Es un río con cauce débil, pero con agua permanente. Recibe aportes de las aguas de quebradas como Tocto y Palo Blanco, recorre de Este a Oeste, pasando a la altura del Km. 98 de la carretera Panamericana Norte y se une más adelante a la quebrada San Cristóbal, que viene del río Ínsulas. Su curso continúa hasta la provincia de Sechura en el departamento de Piura.

Régimen hidrológico

Respecto al régimen hidrológico, los ríos de la región Lambayeque son de caudal variable. Se registran crecidas durante épocas de lluvias excepcionales. Así, por ejemplo, se tiene la información de que, durante el Fenómeno El Niño de los años 1982/1983 y 1997/1998, el río Chancay-Lambayeque registró en la estación de Raca Rumi una descarga máxima de 1200 m³/s y 2000 m³/s, respectivamente.

Los caudales registrados durante El Niño de 1998 en las estaciones de Reque, Cayaltí, Chiclayo y Puerto Eten fueron de 2900 m³/s, 2980 m³/s, 3700 m³/s y 5610 m³/s, respectivamente.

En el cuadro 2.2 se muestra el régimen hidrológico de los principales ríos de la región Lambayeque.

Tabla 4.1
Ríos de Lambayeque y sus características hidrológicas

Río	Área de cuenca (km ²)	Longitud (km)	Masa media anual (m ³)	Caudal (m ³ /s)
Cascajal	5 350,0	154,8	22,6	0,71
Olmos	3 505,3	116,8	13,7	0,43
Motupe	2 356,7	73,0	34,4	1,09
La Leche	1 304,6	51,8	201,4	6,41
Chancay - Lambayeque (*)	2 380,5	13,6	886,7	28,25
Saña (*)	1 631,0	120,4	225,4	7,05

(*) Son los únicos ríos con caudales de estiaje.

Fuente: CTAR (2000).

HIDROGEOLOGÍA

Sobre los aspectos hidrogeológicos, en la región se han distinguido cuatro tipos de unidades hidrogeológicas: los acuíferos, los acuitardos, los acuíclados y los acuífugos (modificado de Peña, 2006; MINAG, 2008).

Los acuíferos

Son unidades geológicas que tiene la capacidad de almacenar y transmitir aguas subterráneas a través de sus fracturas fallas y poros. Se tiene en la región de tipo fisurado volcánico, fisurado sedimentario y poroso no consolidado.

- **Acuífero fisurado volcánico**

Bajo esta denominación se describe a los materiales volcánicos con capacidad de transmitir aguas subterráneas, principalmente a través de sus fracturas y fallas.

En la región Lambayeque, el acuífero fisurado volcánico está constituido principalmente por los derrames andesíticos y brechas dacíticas de la formación Llama, la cual presenta niveles de conglomerados rojos, tobas y brechas, que se presentan en capas medianas a gruesas muy fracturadas, con una porosidad secundaria muy importante. Las Geoformas asociadas a esta unidad hidrogeológica son los macizos irregulares sin estratificación.

Se observa afloramientos de este tipo en la provincia de Chongoyape. Presentan una porosidad del 5% en los conglomerados. Los piroclastos tienen elevada porosidad por encontrarse muy fracturados, mientras los volcánicos presentan porosidad entre 10 y 12%. La litología de mayor importancia e interés corresponde a los materiales permeables como las andesitas y dacitas fracturadas.

- **Acuífero fisurado sedimentario**

Tiene su sección típica en el curso inferior del río La Leche, con afloramientos de calizas intercaladas con lutitas y material volcánico. Estas se encuentran bien estratificadas en capas delgadas y medianas formando plegamientos. Estos materiales presentan permeabilidad alta por fisuración; la porosidad estimada es caliza 10%, lutitas 2% y el material volcánico de 10 a 12%, favoreciendo la circulación de las aguas subterráneas.

En la cuenca del río Chancay-Lambayeque, esta unidad hidrogeológica está representada por las formaciones Carhuaz y Farrat, compuestas por areniscas y cuarcitas con intercalaciones menores de lutitas. Hidrogeológicamente corresponde a rocas muy fracturadas, lo que les ha permitido adquirir una porosidad secundaria importante, constituyéndose en los acuíferos más importantes con posibilidades de explotación de aguas subterráneas. Los valores de porosidad aproximados son arenisca 26%, cuarcita 1% y las lutitas 2% (Peña, 2006).

- **Acuífero poroso no consolidado**

Constituye una de las unidades hidrogeológicas más importantes en la región y de ella se extrae la mayor cantidad de aguas subterráneas. Se compone de sedimentos aluviales y fluviales constituidos por gravas, cantos y bloques angulosos y redondeados con matriz arenosa. El acuífero principal de la región está asociado a los valles de los ríos principales, específicamente a depósitos porosos no consolidados de edad cuaternaria. La fuente de alimentación proviene de las aguas superficiales de los ríos de la zona andina de la región, ubicada hacia el oriente.

El acuífero poroso no consolidado de la cuenca Chancay-Lambayeque en la actualidad se encuentra muy explotado principalmente a través de pozos y sondeos profundo. Las represas existentes a la altura media de la cuenca favorecen a la recarga de este acuífero.

Los acuitardos

Son las formaciones geológicas que tienen la capacidad de contener agua subterránea, pero que la transmiten muy lentamente. No son potenciales para la explotación, pero sí condicionantes para el almacenamiento de aguas subterráneas. Dentro de los principales acuitardos identificados en la cuenca se tiene de tipo intrusivo, volcánico y sedimentario. Los acuitardos más conocidos de la zona de estudio corresponden en su mayoría a las rocas intrusivas, las lutitas y tobas de la Formación Pariatambo.

- **Los acuitardos intrusivos**

Corresponden a afloramientos de monzonitas y granodioritas que se presentan en la parte media de la cuenca. Estas rocas

se encuentran alteradas, fracturadas y diaclasadas superficialmente, lo que les da una porosidad secundaria local, que no se ha considerado importante debido a que a mayor profundidad las rocas se encuentran más compactas lo que dificulta la transmisividad de aguas subterráneas. Se observan intrusivos alterados, fracturados y diaclasados con porosidad secundaria importantes, pero muy superficial. Hacia la parte interior se hace maciza e impermeable que se encarga de obstruir la circulación de las aguas subterráneas convirtiéndose en un acuitardo. Los valores de permeabilidad por fracturas, es alta en superficie, porosidad es muy baja, de 0,3% en algunos casos pueden ser de 1% (Peña, 2006).

- **Los acuitardos sedimentarios**

Litológicamente corresponden a lutitas, conglomerados, grauvacas (de matriz fina e impermeable) que presentan una estratificación cruzada. Los afloramientos de este tipo en la región, se encuentran fracturados, lo que facilita la infiltración de las aguas, sin embargo, la intercalan con las lutitas blandas, que limitan la circulación, por lo cual se le da una clasificación de acuitardos.

- **Los acuitardos volcánicos**

En la región Lambayeque están representados por las rocas de la Formación Porculla, la cual está compuesta por

conglomerado basal intercalado con tobas andesíticas. Estas rocas, se encuentran fracturadas y alteradas superficialmente, por lo cual tienen una permeabilidad mínima. Aparecen principalmente en los distritos de Incahuasi, Cañaris y Salas.

Los acuicludos

Son materiales con capacidad de almacenar aguas subterráneas hasta el punto de saturación, pero que no la transmite. Están constituidos por las rocas de la Formación Olmos, la cual contiene esquistos micáceos, filitas, pizarras y gneis granodiorítico. En la región Lambayeque puede encontrarse acuicludos en los distritos de Olmos, Salas y Chongoyape.

Los acuífugos

Son unidades impermeables, no almacenan ni transmiten aguas subterráneas y se comportan como rocas sello, este tipo de materiales tiene un comportamiento importante porque son las que condicionan el almacenamiento de las aguas subterráneas en los acuíferos.

Litológicamente están compuestos por lutitas, margas, calizas arcillosas y areniscas. La predominancia de lutitas y margas les otorga carácter de impermeables. En sectores, las margas son porosas, pero muy localmente. Las calizas son arcillosas, favoreciendo a un comportamiento de roca sello.

CAPÍTULO V

PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS

Se considera a los procesos naturales como peligros cuando existe la posibilidad de que causen daños a población o a la infraestructura, es decir, si ocurren en lugares donde se desarrollan actividades humanas (OEA, 1993). Sin embargo, la acción del hombre puede aumentar la frecuencia y la severidad de los mismos.

La mayoría de desastres naturales registrados en la Región Lambayeque ha ocurrido durante eventos de El Niño, tal como se muestra en el cuadro 5.1.

Cuadro 5.1
Cronología y relato histórico de los principales peligros geológicos

Fecha	Descripción del peligro
1791-1804-1814-1819-1821-1824-1828-1837-1844-1845-1864-1871-1878-1884-1891	Inundaciones fluviales y pluviales ocurridas entre los siglos XVII y XIX, que afectaron la cuenca media y baja de los ríos Reque y Chancay por efectos del fenómeno de El Niño.
1918-1925/26-1929-1932-1939-1940/41- 1943-1951-1953- 1956/57-1972/73-1976	Inundaciones fluviales y pluviales ocurridas en el siglo XX, y son los Fenómeno el Niño del periodo 1982/1983 y del 1997/1998 los de mayor intensidad, lo cual causó pérdidas cuantiosas. Se han presentado también erosiones fluviales por el cambio de curso del río en forma brusca, especialmente entre la zona de La Puntilla y Chongoyape, que afecta las áreas agrícolas
1960	Tsunami que afectó a la zona litoral comprendida entre Pimentel y Eten Puerto, donde el mar invadió hasta 200 m hacia el continente, que afectó seriamente a los balnearios de Pimentel, Santa Rosa.
1982/1983	Flujos de lodo y huaycos entre la parte baja y media de la cuenca, que afectaron obras de infraestructura y de poblaciones aledañas.
1982/1983 1997/1998	Inundaciones y erosiones fluviales que afectaron áreas de cultivos de la cuenca baja y media; esto produjo que se pierdan cultivos de arroz, algodón y de caña de azúcar.
1997/1998	En la cuenca media y alta se reactivaron deslizamientos, como el de Cascadén, Catache, Sector El Monte, Taya, etc.

En este capítulo se describirán los peligros naturales identificados en la región. Se han dividido en peligros geológicos (movimientos en masa, peligro sísmico, tsunamis, arenamiento y erosión marina) y geohidrológicos (inundaciones, erosión de laderas y erosión fluvial).

PELIGROS GEOLÓGICOS

Son procesos geológicos que pueden ocasionar pérdida de vidas humanas, daños materiales y/o interrupción de la actividad social y económica. Se clasifican en procesos exógenos como los movimientos en masa, arenamiento y erosión marina, y en endógenos como los sismos y tsunamis.

Movimientos en masa

Son fenómenos por los cuales se desplazan grandes volúmenes de roca y suelo a lo largo de una pendiente por acción principal de la gravedad (Cruden, 1991). Están considerados como movimientos en masa los siguientes: caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, reptación, expansión lateral y los movimientos complejos (Varnes, 1978). En el anexo I, se presenta la ubicación de los principales movimientos en masa inventariados en la Región Lambayeque.

Caída

Es un tipo de movimiento en el que el material se desprende de un talud empinado y desciende por caída libre o gravedad a manera de saltos, rodando, etc. Es muy rápido y puede estar o no precedido de movimientos menores que producen la separación paulatina de los bloques o cuñas de un talud (Cruden y Varnes, 1996). Se han diferenciado los siguientes tipos: caída de rocas, cuando no ocurre desplazamiento cortante apreciable en el talud, y derrumbes, cuando si se observa desplazamiento cortante y el material se desploma de forma súbita, lo cual forma en la base del talud un depósito caótico de material grueso. En las figura 5.1, se muestran ejemplos de las causas que generan caídas.

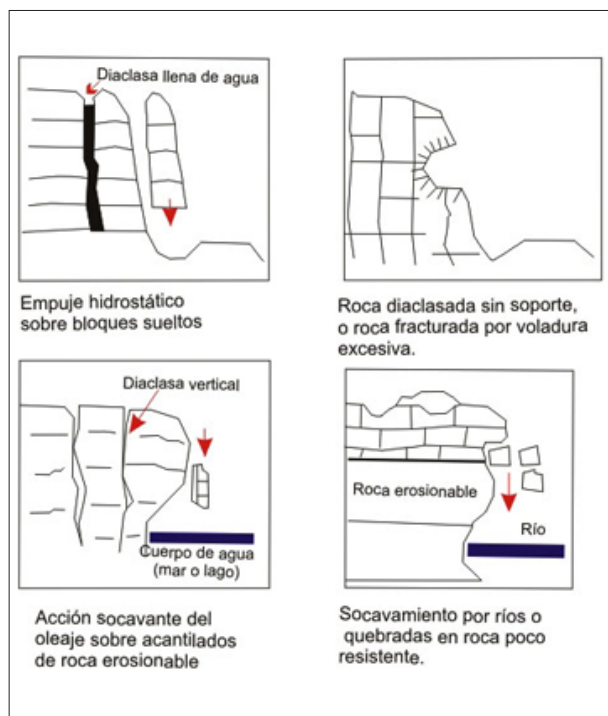


Figura 5.1 Ejemplos de causas que producen caídas (Colas y Pillot, 1976; Varnes, 1978).

En la Región Lambayeque, la ocurrencia de derrumbes y la caída de rocas está relacionada, por un lado, a los cortes de carretera y, por otro, a la incompetencia del macizo, meteorizado, o muy fracturado y alterado. Casos típicos se observan a lo largo de la carretera antigua Olmos-Piura (foto 5.1), y en la carretera Ferreñafe-Incahuasi.



Foto 5.1 Derrumbe de depósitos semiconsolidados, observado en la carretera Olmos-Naupe.

Vuelcos (*topples*)

Este tipo de movimiento en masa se debe a fuerzas que causan la rotación hacia delante de uno o varios bloques de roca que conforman una ladera, alrededor de un punto de giro localizado en su parte inferior (Varnes, 1978). Puede ser flexional o de bloques (figura 5.2).

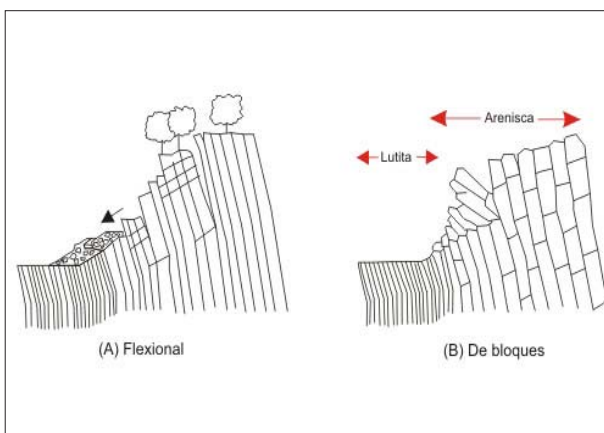


Figura 5.2 Vuelco o *toppling* (adaptado de Goodman y Bray, 1976).



En el anexo 1.1 se presenta la ubicación de las principales caídas y derrumbes identificados en la Región Lambayeque.

Deslizamiento

Este tipo de proceso consiste en el desplazamiento de roca o suelo a lo largo de una o varias superficies visibles o que pueden inferirse. La masa de terreno que se desliza puede avanzar más allá de la superficie de ruptura original sobre el terreno natural (Cruden y Varnes, 1996). Según el tipo de superficie se distinguen **rotacionales** (figura 5.3) cuando la superficie de ruptura es cóncava, y **traslacionales** (figura 5.4) cuando es plana.

Los deslizamientos se encuentran comprometiendo formaciones superficiales y hasta rocas del substrato.

En la Región Lambayeque, la mayoría de estos procesos se localizan en las alturas de Incahuasi, Cañaris y Olmos, debido a las características litológicas y agentes externos tales como corte de talud para la construcción de carreteras, saturación del terreno, riego indiscriminado y precipitaciones pluviales. Los procesos observados son, en su mayoría, deslizamientos rotacionales antiguos y con escarpas reactivadas.

En el anexo 1.2, se presenta la ubicación de los principales deslizamientos inventariados en la Región Lambayeque.

Foto 5.2 Vuelco de rocas observado en el valle encañonado del río Saña. El desplazamiento de bloques sigue la dirección de los estratos y las fracturas. Carretera Ferreñafe-Incahuasi.

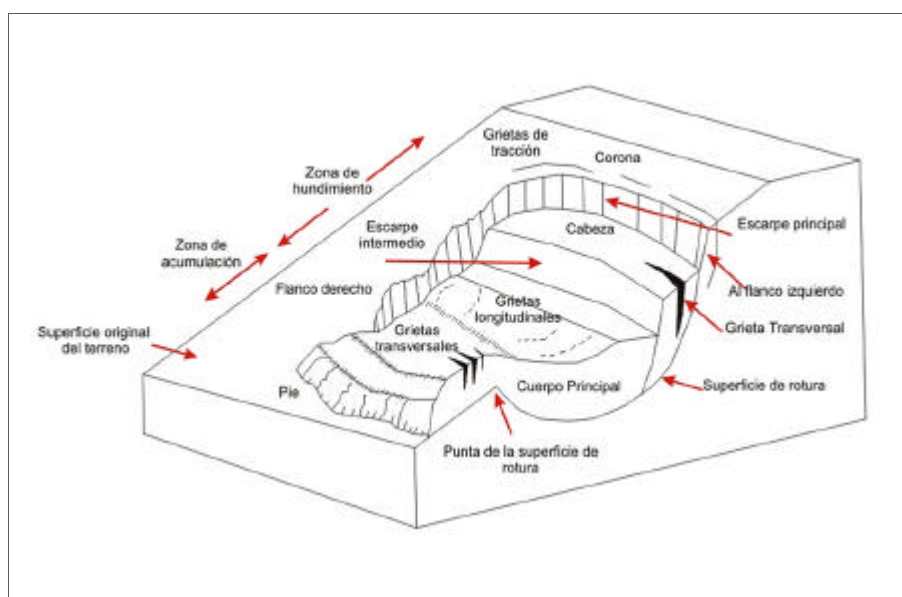


Figura 5.3 Deslizamiento rotacional (adaptado de Varnes, 1978).

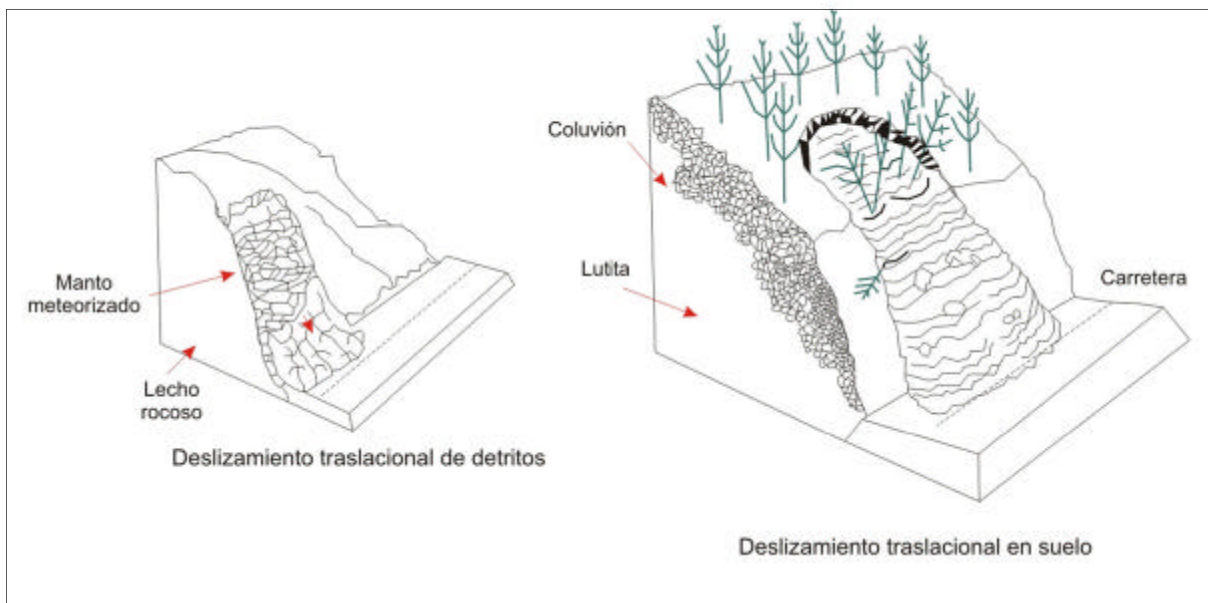


Figura 5.4 Deslizamientos traslacionales en suelos (Varnes, 1978).

Flujo

Un movimiento en masa se denomina *flujo* cuando el material se desplaza de manera semejante a un fluido (Varnes, 1978). En la región se han diferenciado, de acuerdo al tipo y propiedades del material, los siguientes: **flujo de detritos (huaycos)**, cuando el material es grueso y está saturado de agua, y **flujo de lodo**, cuando el material es fino y su contenido de agua va desde saturado a seco (figura 5.5).

Estos procesos se activan con precipitaciones ocasionales a excepcionales de gran intensidad y arrastran los materiales sueltos

acumulados en los cauces de quebradas y cursos de ríos. En algunos casos, se encuentran comprometiendo la seguridad física de poblados, tramos carreteros, puentes y demás obras de infraestructura, muchas de las cuales atraviesan o han sido construidas sobre depósitos de huaycos antiguos con grandes extensiones. Varios huaycos antiguos no presentan actividad reciente, sin embargo, esto no quiere decir que no puedan reactivarse en el futuro, por tanto, es importante tomar las previsiones necesarias.

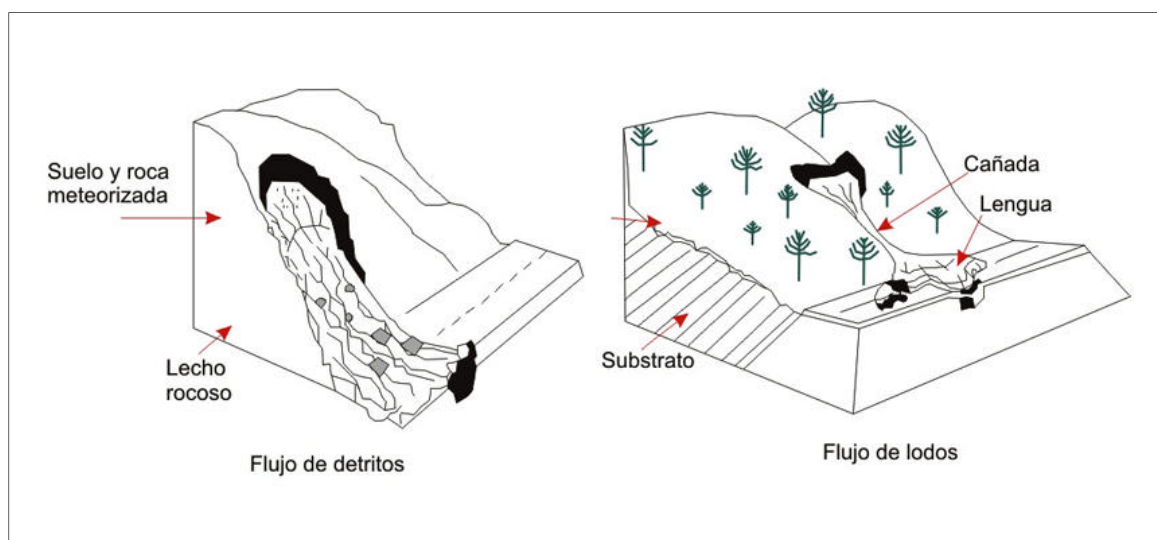


Figura 5.5 Flujos (Varnes, 1978; Colas y Pilot, 1979).

La mayoría de los flujos registrados corresponde a flujos de detritos y lodo, que son reactivados por precipitaciones fuertes. Ejemplos de estos procesos son los flujos del sector Papayo-Desaguadero

en el distrito de Pátapo (foto 5.3), y avalanchas de rocas (foto 5.4), etc. En el anexo 1.3, se presenta la ubicación de los principales flujos identificados en la Región Lambayeque.



Foto 5.3 Flujo de detritos, Sector Papayo-Desaguadero (distrito de Pátapo).



Foto 5.4 Avalancha de rocas observada en el cerro Cruz de Motupe.

Reptación de suelos

Son movimientos extremadamente lentos de una masa de suelo detrítico con matriz arcillosa, sin una superficie de falla definida (Varnes, 1978). Dentro de la masa deslizada se distinguen varios movimientos parciales, con desplazamientos centimétricos. Ocurre por cambios climáticos que afectan al terreno: expansiones y

contracciones térmicas por humedecimiento y secado, infiltración de agua y acción de la gravedad. Su identificación en el campo no es fácil, pero se le reconoce por la formación de ondulaciones (arrugas y escalones) en la masa de suelo superficial, pliegues en las formaciones rocosas o inclinaciones ligeras en troncos de árboles, deformación de cercos, entre otros (figura 5.6 y foto 5.5).

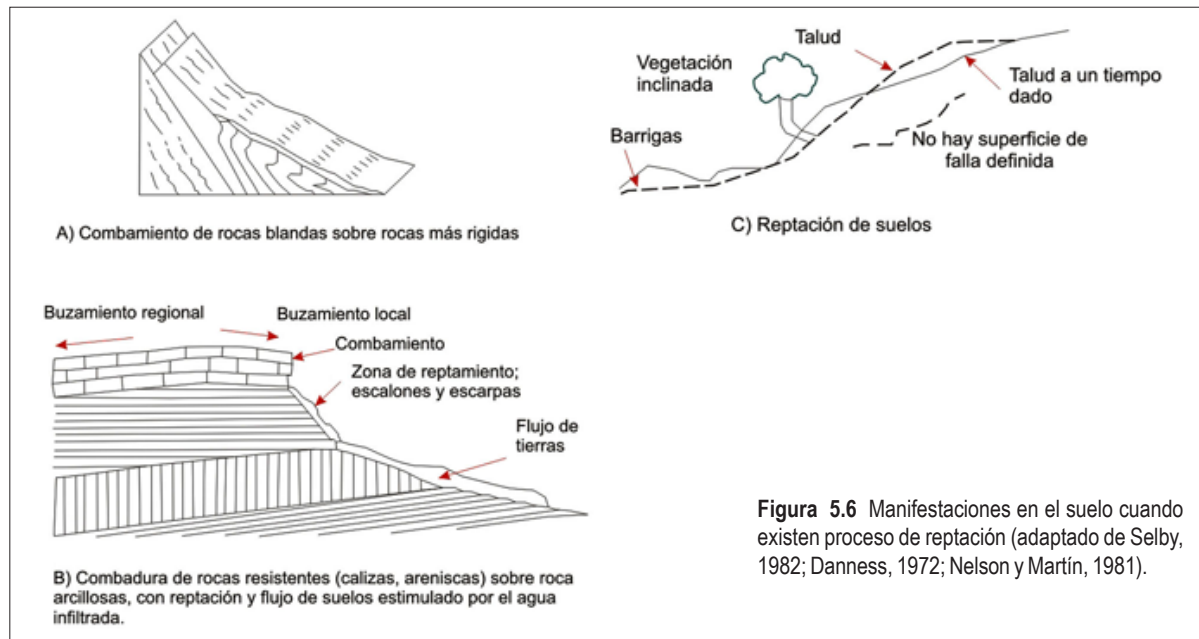


Figura 5.6 Manifestaciones en el suelo cuando existen proceso de reptación (adaptado de Selby, 1982; Danness, 1972; Nelson y Martín, 1981).

Estos procesos se desarrollan en terrenos saturados o parcialmente saturados en pendientes naturales moderadas. En la Región Lambayeque, estos procesos son escasos, sin embargo, es posible si se observa hacia la zona de montañas. Un claro ejemplo es el cerro Chaparri en el distrito de Incahuasi, donde se observan

asentamientos lentos con desplazamientos superficiales en areniscas rojizas muy alteradas.

En el cuadro 5.2, se presenta la ubicación de los procesos de reptación de suelos identificados en la Región Lambayeque.



Foto 5.5 Reptación de suelos en el cerro Chaparri (distrito de Incahuasi).

Cuadro 5.2
Inventario de procesos de reptación en la Región Lambayeque

Código BDGR	Peligro	Nombre esp.	Norte	Este	Lugar
105841088	Reptación	Reptación de suelo	9315772	682100	Atunyacu
105841090	Reptación	Reptación de suelo	9313450	681850	Piedra Parada
105841092	Reptación	Reptación de suelo	9312200	680900	Uyurpampa
105841093	Reptación	Reptación de suelo	9313200	680550	Uyurpampa
105841091	Reptación	Reptación de suelo	9313450	685650	Pitec-Uyurpampa

Movimientos complejos

Se producen por la asociación de uno o más de los tipos de movimientos descritos anteriormente. Los movimientos complejos identificados en la Región Lambayeque, en su mayoría, han sido de tipo derrumbe-flujo y deslizamientos-flujo. Ejemplos se observan

en los sectores de Tallapampa en Incahuasi y en Motupillo-Pítipo (foto 5.6 y 5.7). Las dimensiones de estos eventos son de gran magnitud e intensidad.

En el anexo 1.4, se presenta la ubicación de los movimientos complejos identificados en la Región Lambayeque.



Foto 5.6 Derrumbe-flujo en la carretera Ferreñafe-Incahuasi. Sector Tallapampa.



Foto 5.7 Flujo-inundación de detritos en el sector Motupillo Viejo-Pítipo-qda. Colán.

Sismos

Son considerados como uno de los fenómenos naturales más destructivos y constituyen una amenaza permanente para la integridad física, la infraestructura y la economía de un territorio. El Perú presenta un alto potencial sísmico, debido a que forma parte del denominado Cinturón de Fuego del Pacífico. Dentro de este contexto, la actividad sísmica está asociada al proceso de subducción de la Placa Nazca bajo la Sudamericana y se origina por la fricción de ambas placas, lo cual produce sismos de mayor magnitud con relativa frecuencia.

La historia sísmica en la región de Lambayeque data desde 1606. En tal año ocurrió un sismo que afectó a Saña y Lambayeque que registró una magnitud de 6,5 Ms. Otros sismos fuertes ocurrieron en 1619, 1907 y 1951. Los registros de intensidad, a la fecha, han

sido mayores a 7 grados en la escala de Mercalli Modificada. La descripción de los sismos más importantes que han producido daños en distintos puntos de la región se presentan en el Anexo II (Silgado, 1978). Según las informaciones contenidas allí, las máximas intensidades en la escala Mercalli Modificada evaluadas en la Región Lambayeque oscilaron entre VI y X.

El sismo del 24 de julio de 1912, que tuvo una intensidad máxima de X en la escala Modificada de Mercalli, tuvo sus coordenadas epicentrales en 05°36' Sur, y 80°12' Oeste, además ocasionó daños severos a lo largo de toda la costa norte peruana. Las isosistas alcanzaron valores entre X (Huancabamba, Limón, Tamborapa) y VIII MM (puerto Eten, Chiclayo, caleta Santa Rosa, Cartavio y otros), tal como se muestra en la Figura 5.7. El sismo arruinó la ciudad de Piura y poblaciones circunvecinas, lo cual ocasionó muertos y heridos.



Figura 5.7 Mapa de isosistas del sismo del 24 de julio de 1912 en Huancabamba.

Sismotectónica de la región

De acuerdo a Sebrier *et al.* (1982), la región de Lambayeque se encuentra influenciada por las siguientes fallas activas:

- Sistema de fallas de la Cordillera Blanca: es el sistema de fallas activas más grande del Perú. Están ubicadas entre Corongo y Chiquián (norte y sur de Huaraz respectivamente) a lo largo del flanco occidental de la Cordillera Blanca. Presenta rumbos NNE y ENE, con un buzamiento de 45° a 60° hacia el SO y son fallas normales. Las fallas han estado activas por más de

cinco millones de años. Tiene dos secciones: una de fallas continuas de 120 km de largo al norte de Huaraz, y una sección de fallas discontinuas de 77 km de largo ubicada al sur. El desplazamiento vertical de los últimos 50 000 años ha sido de hasta 35 m, estimado en base a la altura de las escarpas.

- La falla de Chalquibamba: se ubica en la Cordillera Occidental, a 13 km al SE de la provincia de Cajabamba y es visible al norte de la localidad de Chalquibamba. Corta la topografía actual así como también afecta las morrenas glaciares atribuidas a la última glaciación (Bellier *et al.*, 1989; Macharé *et al.*,

- 1991). La morfología es típica de una falla normal de orientación NNO-SSE a NO-SE. Esta falla está constituida por dos escarpas con una inclinación hacia el SO (foto 5.8). Su actividad se desarrolló en varios episodios de deformación, y el último podría corresponder a la crisis sísmica de abril de 1937 (Silgado, 1978), que fue cuando sus focos sísmicos tuvieron una profundidad de 5,5 km aproximadamente.
- La falla Shonita: está situada en el flanco occidental del macizo de Tamboras-Huayacalda, en la provincia de Santiago de Chuco, departamento de La Libertad (Macharé *et al.*, 2004). Se reconoce por un escarpe que corta la topografía actual y produce un salto vertical de 25 m, que se prolonga sobre una longitud de 2,8 km. Esta ruptura afecta principalmente morrenas laterales y depósitos fluvio-glaciares. El escarpe de falla que corta los depósitos cuaternarios tiene un aspecto bastante fresco, así la faz libre del escarpe está levemente degradada y cubierta de una capa delgada de depósito coluvial parcialmente colonizado por pastos.
 - Falla de Quiches: se ubica al norte del departamento de Ancash, en la margen occidental del río Marañón. Tiene un rumbo NO-SE, se emplaza a lo largo de 20 km y se divide en dos segmentos (Llmacorral y Angashari). Según Bellier *et al.* (1989) hizo aflorar areniscas y calizas cretácicas que desplazaron morrenas glaciares y depósitos fluvio-glaciares cuaternarios. Se reactivó durante el sismo del 10 de noviembre de 1946 en Ancash ($M=7,25$), dicho sismo generó escarpes verticales de hasta 3,5 m. El mecanismo focal obtenido por Silgado (1951) y Doser (1987) es de tipo normal puro con planos nodales orientados en dirección NO-SE. La orientación de los planos nodales es de $N315^{\circ}E$, coherente con la orientación de la traza de falla observada sobre el terreno.



Foto 5.8 Falla de Chalquibamba, posiblemente generada por el sismo de 1937. Se observa un salto vertical promedio de 1,5 m (tomado de Macharé *et al.*, 1991).

Distribución espacial de los sismos

Para el análisis de la distribución de los sismos ocurridos en el Perú se ha utilizado la base de datos del Instituto Geofísico del Perú (IGP), que considera los sismos ocurridos entre los años 1500 a 2005. Según el mapa de la figura N.º 5.8, los sismos han sido clasificados en superficiales ($h < 60\text{ km}$), donde h es la distancia vertical entre el hipocentro y el epicentro del evento sísmico, intermedios ($61 < h < 350\text{ km}$) y profundos ($h > 351\text{ km}$). Su distribución espacial muestra que los sismos superficiales ocurren frente a la línea de costa. Sismos con el mismo rango de magnitud también están presentes en el interior del continente, y en mayor número sobre la región subandina de las regiones norte y centro de Perú. Sismos en menor número se producen en la zona andina propiamente dicha (Bernal y Tavera, 2002).

En la sección A-A, se observa que la profundidad de los sismos aumenta de Oeste a Este, y sus focos se ubican a menos de 50 km en la zona oceánica, hasta los 150 km de profundidad por debajo del continente. Entre 344 a 560 km de distancia horizontal desde el punto A, se observa menor ocurrencia de sismos, dado que estos son más superficiales, y esto puede indicar la existencia de una posible laguna sísmica. A partir de la distancia de 580 a 850 desde el punto A, el número y la profundidad de los sismos aumentan. Estos niveles de profundidad indicarían el límite de contacto y la forma de la Placa de Nazca bajo el continente. Los sismos con foco superficial se concentran mayormente a una distancia de 600 km, lo cual marcan el límite inferior de la deformación superficial en el interior del continente.

De acuerdo al Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas (figura 5.9; Alva *et al*, 1984), en la región de Lambayeque, prevalecen las intensidades máximas de VII (MM), en los sectores de Ficuvar, Cascajal, Salitral, Olmos, Motupe, Puerto de Eten, Mocupe, Saña, Santa Rosa con un 56% de área total de la región.

En el sector central de la región, predominan las intensidades del orden de VI (MM), que abarca a las ciudades de Chiclayo, Pimentel, Lambayeque, Morrope, Ferreñafe, Batán Grande, Chongoyape, Oyotún y Jayanca.

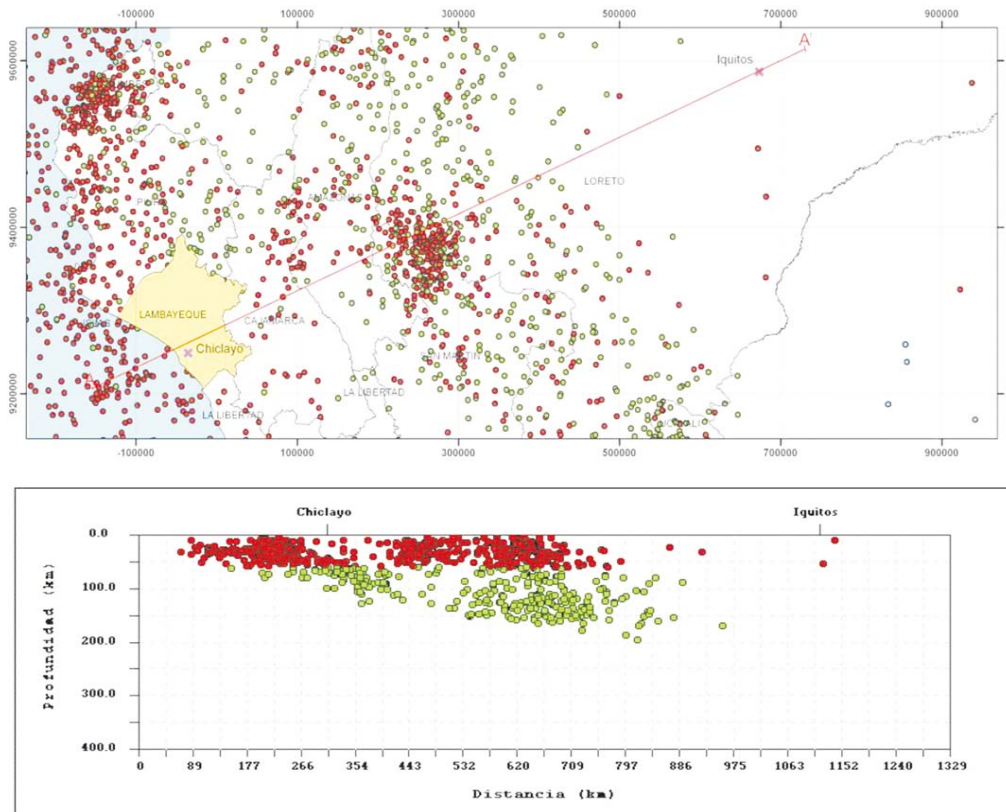


Figura 5.8 Distribución espacial de los Sismos en los alrededores de la región

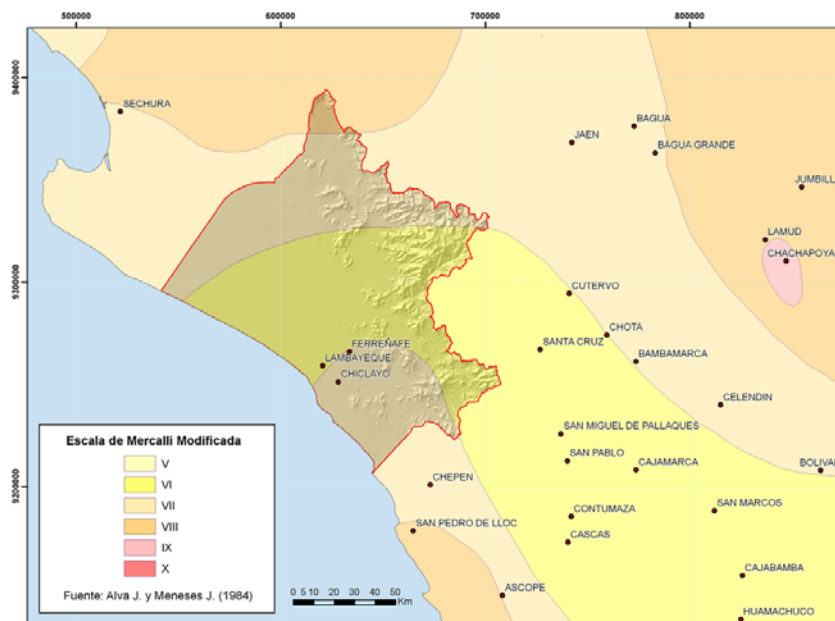


Figura 5.9 Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas en la Región Lambayeque (de Alva y Meneses, 1984).

Aceleraciones máximas y zonificación

Con el fin de conocer las aceleraciones máximas producidas por un sismo que en el futuro pudiera ocurrir en la Región Lambayeque, se ha procedido a evaluar la base de datos del Catálogo Sísmico del IGP con el programa RISK III (MCGUIRE, 1999). Como resultado, se obtuvieron los mapas de aceleraciones máximas para un periodo de 30, 50 y 100 años con un 10% de excedencia. En dichos mapas se observa que las aceleraciones mayores se

presentan a lo largo del borde occidental de la región, y hacia el noreste, disminuyen gradualmente a medida que se acercan a la Cordillera Andina, la cual actúa como un elemento atenuador.

Para 30 años, se observa que las aceleraciones máximas oscilan entre 275 a 315 gals (figura 5.10); mientras que para 50 años varían de 305 a 350 gals (figura 5.11) y para 100 años de 355 a 410 gals (figura 5.12).

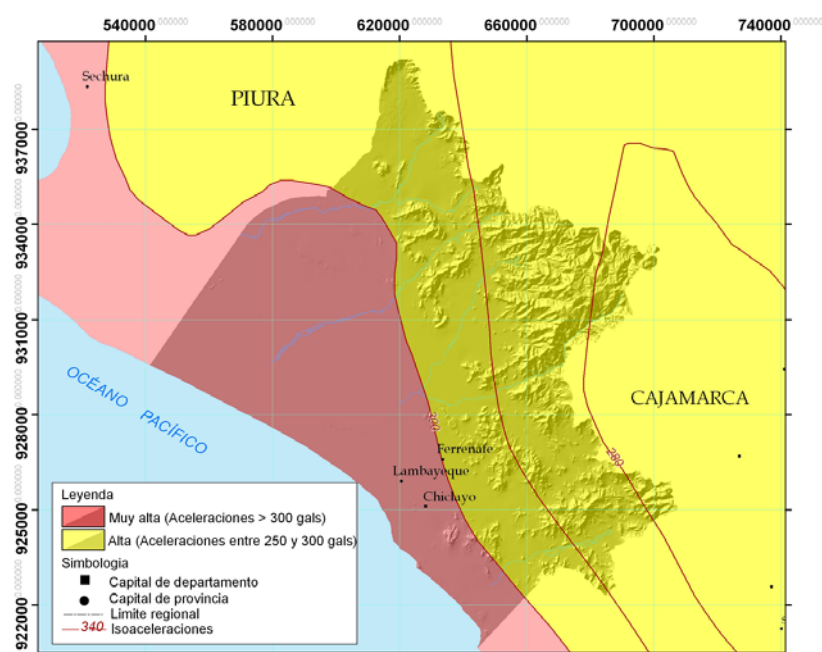


Figura 5.10 Distribución de isoaceleraciones (gals) para un 10% de excedencia en 30 años en la Región Lambayeque.

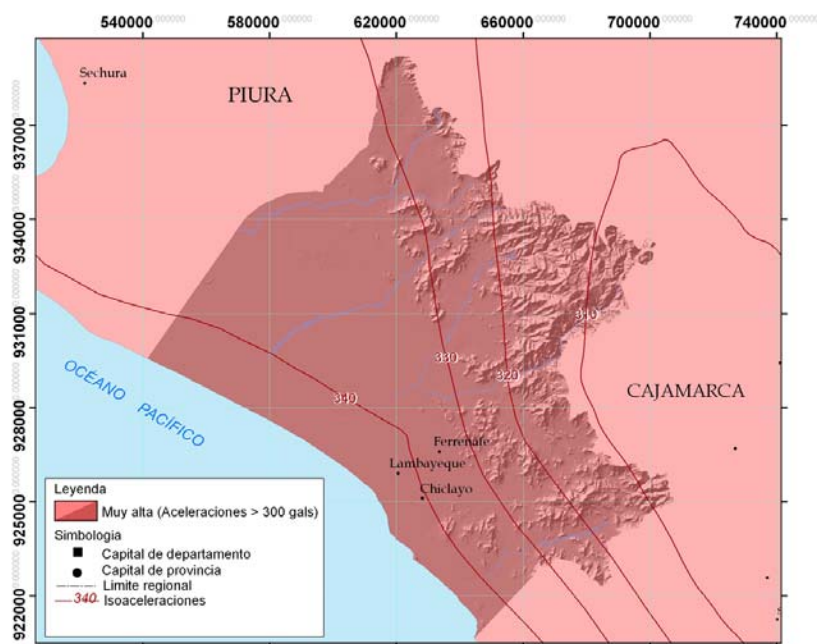


Figura 5.11 Distribución de isoaceleraciones (gals) para un 10% de excedencia en 50 años en la Región Lambayeque.

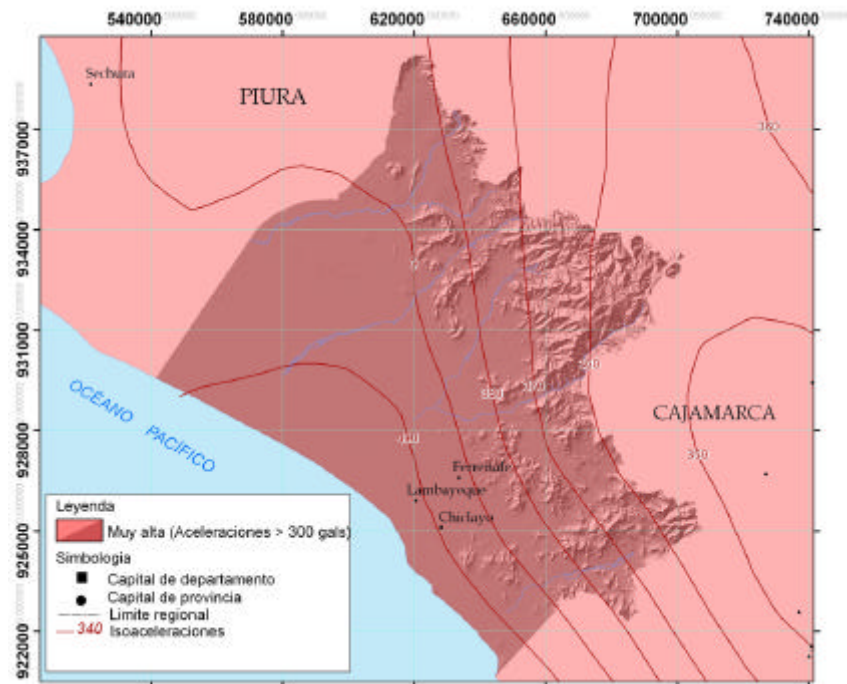


Figura 5.12 Distribución de isoaceleraciones (gals) para un 10% de excedencia en 100 años en la Región Lambayeque.

Adicionalmente, se presenta la curva de Peligro Sísmico Anual calculado para el sector crítico por movimientos en masa ubicado entre Tallapampa-Chonta-Callina del distrito de Incahuasi (provincia Ferreñafe, figura 5.13). Dicha curva representa la probabilidad de ocurrencia de aceleraciones máximas y sismos de gran magnitud. De la figura, se deduce que en dicha zona se produciría

una aceleración máxima de 406 gals con una probabilidad del 0,002%, y el periodo medio de retorno del sismo que produce dicha aceleración es de 900 años. Aceleraciones del orden de los 198 gals se producirían con un porcentaje de 0,05% con periodos de tiempo de retorno de 60 años en promedio.

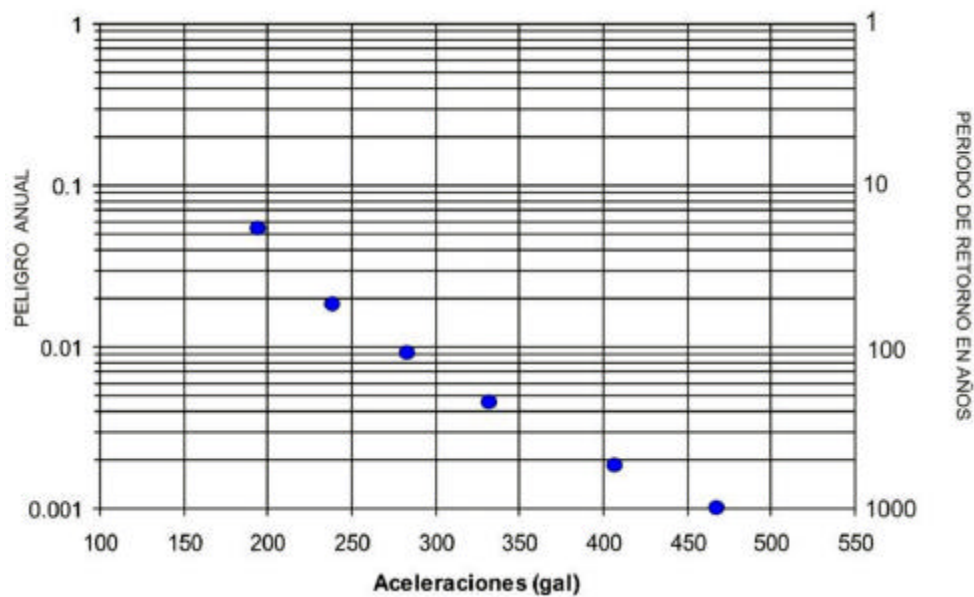


Figura 5.13 Curva de peligro anual para la localidad de Tallapampa-Chonta-Callina- Ferreñafe-Lambayeque.

De acuerdo al Mapa de Zonificación Sísmica para el Perú (figura 5.14; ALVA, 1984), el territorio de la Región Lambayeque se ubica en la zona 3: Zona de Sísmicidad Alta, localizada desde la línea de costa hasta el margen occidental de la Cordillera de los Andes, y

sus características son estas: sismos de magnitud 7 (escala de Richter), hipocentros de profundidad intermedia y de intensidad entre VII y IX. Esta información es coherente con las aceleraciones máximas obtenidas.

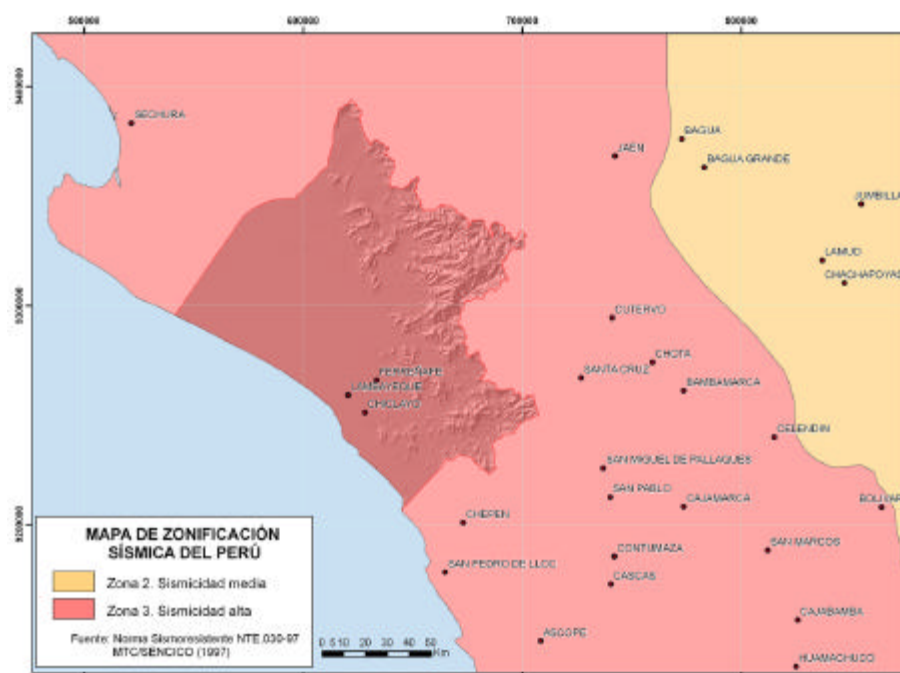


Figura 5.14 Zonificación sísmica en la Región Lambayeque (Alva, 1984).

Tsunamis

Los tsunamis son una serie de ondas marinas de gran tamaño generadas al ocurrir principalmente un movimiento sísmico superficial ($h < 60$ km) con foco en el fondo marino. Dependiendo de la magnitud 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 continente dependerán del tamaño del sismo y de su ubicación con relación a la línea de costa.

Según la historia sísmica de Perú, la costa ha sido afectada por varios tsunamis que se produjeron después de haber ocurrido importantes sismos en los años 1960, 1966, 1968, 1996 y 2001. A continuación se presenta una breve descripción de las características de estos tsunamis.

El tsunami de 1968: ocurrió el 13 de agosto y causó daños desde Trujillo (Perú) hasta Concepción (Chile). En Arica, una nave de guerra fue varada 400 m tierra adentro. Dicho fenómeno fue se percibió en puertos lejanos como Hawai y Japón, epicentro frente a Arica: la altura de la ola registrada fue de 21 m en Concepción.

El tsunami del 21 de febrero de 1966: se originó por un sismo a 210 km al SW de Chimbote y la magnitud fue de 6,9 en la escala Richter. Hubo 15 muertos, la altura de la ola sobrepasó los 5 m, tanto en el puerto de Chimbote como en la caleta Coishco. Los efectos del tsunami se sintieron a lo largo del litoral costero.

El tsunami ocurrido el 20 de noviembre de 1960: fue generado por un sismo que se produjo a las 22:02 UTM, cuya magnitud fue de 6,8 Ms y la intensidad máxima de VI en la escala de Mercalli. El epicentro del sismo fue en Piura (05,6 S /80,09 W). Varias horas después de ocurrido el sismo, silenciosamente arribó, al litoral costero de Lambayeque, un tsunami devastador cuya primera ola alcanzó 9 m de altura y produjo daños severos en los puertos de Eten y San José. Este tsunami logró inundar completamente la Isla de Lobos, ubicada a 16 km del Puerto Pimentel. Las demás olas fueron de menor tamaño e intensidad. Debido a la magnitud e intensidad del sismo, es probable que este tsunami se haya originado por deslizamiento de material submarino que perdió estabilidad debido al movimiento telúrico.

El tsunami del 21 de febrero de 1996: se originó por un sismo a 210 km al suroeste de Chimbote con magnitud de 6,9 en la escala de Richter; hubo 15 muertos, la altura de la ola sobrepasó los 5 m, tanto en el puerto de Chimbote como en la caleta Coishco.

En el caso de la Región Lambayeque, si se produjese un sismo y, por consiguiente, un tsunami, los mayores impactos serían en los centros poblados y puertos de la costa de esta región. En tal sentido, para prever futuras inundaciones, en 1998, la Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú elaboró cartas de inundación para los puertos y balnearios de Pimentel (figura 5.15), Eten (figura 5.16), Santa Rosa, (figura 5.17) y San José (figura 5.18). En estos mapas se definen las zonas de inundación, las vías de evacuación y las zonas de refugio existentes. En caso de que ocurriera un tsunami, dichas cartas se utilizarían actualmente en la preparación de planes de emergencia, simulacros de evacuación y ordenamiento de las zonas mencionadas.

Los balnearios y ciudades ubicados en el litoral del Departamento de Lambayeque están expuestos a este fenómeno. El 20 de noviembre de 1960, en el Noroeste de Piura, ocurrió un sismo que ocasionó un pequeño tsunami que golpeó las costas del Departamento de Lambayeque. La primera ola, de aproximadamente nueve metros de altura, causó daños en los puertos de Eten y Pimentel y en las caletas de Santa Rosa y San José, así como la muerte de tres personas; la isla Lobos de Afuera fue barrida completamente. Siguió otras olas de menor magnitud.

En el Cuadro 5.3 se muestran las ciudades costeras de la Región Lambayeque que reportaron Tsunamis originados por sismos Tsunamigénicos en el Perú, desde 1877, según Lockridge (1985).

Cuadro 5.3
Ciudades de la costa de la Región Lambayeque que reportaron tsunamis

Año	Mes	Día	Origen (país)	Ciudad reportada en Perú	Lat.	Long.	Runup
1960	11	20	Perú	Pimentel	6,85	79,88	9,0
1960	11	20	Perú	Eten	6,92	79,83	9,0

Las cartas de inundación contribuyen a definir las zonas de desbordamiento, vías de evacuación y zonas de refugio de las localidades, balnearios y puertos costeros en caso de que ocurriera

un tsunami. Dichas zonas se demarcan a cotas topográficas más elevadas a los 10 m, que es la cota que se considera hasta donde llegan las inundaciones (Undha/Geneva, 1994).



Figura 5.15 Carta de Inundación en caso de Tsunami en el Puerto Pimentel (Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, 1998).



Figura 5.16 Carta de Inundación en caso de tsunami del Puerto Eten. (Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, 1998).

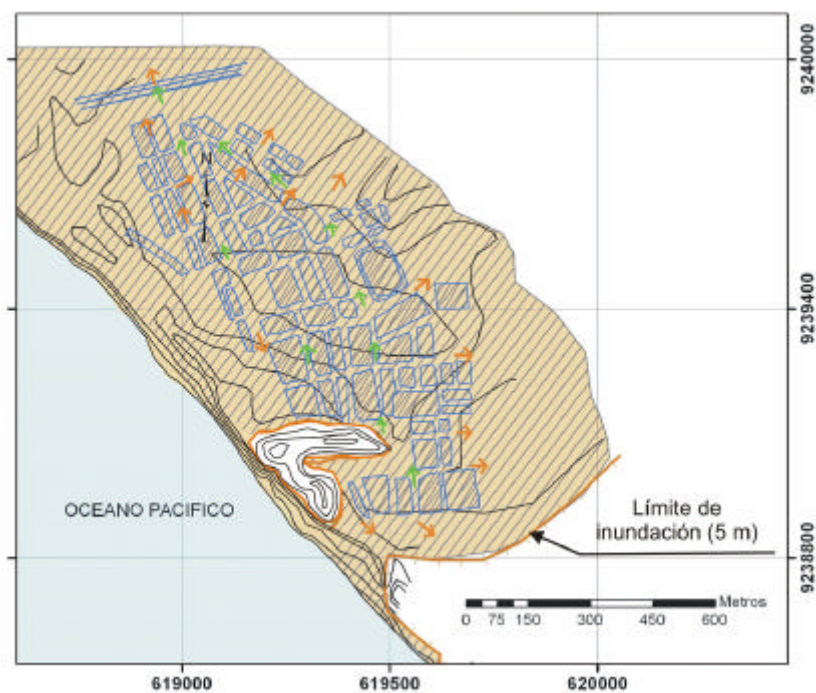


Figura 5.17 Carta de Inundación en caso de Tsunami en la Caleta Santa Rosa. (Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, 1998).



Figura N°5.18 Carta de Inundación en caso de Tsunami de la Caleta San José.
(Fuente: Dirección de Hidrografía y Navegación de la Marina de Guerra del Perú, 1998).

Otros peligros geológicos

Arenamiento

Este fenómeno se produce en zonas que presentan una morfología suave de pampas, colinas bajas y planicies costaneras aledañas al litoral, donde existe una dinámica eólica importante. La dirección, la velocidad del viento y la geomorfología del entorno favorecen la migración y acumulación de arenas. En la Región Lambayeque

se han inventariado sectores afectados por arenamiento, algunos activos y otros estabilizados, todos ubicados en el desierto costero cerca del borde litoral entre las pampas de Reque hasta las pampas de Morrope. En muchos casos estas acumulaciones se encuentran afectando medianamente a viviendas, terrenos de cultivo y algunos tramos de trochas y carretera. (foto 5.9 y foto 5.10).



Foto 5.9 Arenamiento en el sector Baldero (distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo). Afectó un depósito industrial.



Foto 5.10 Arenamiento en la trocha Nuevo Mocupe-Lagunas (Chiclayo). El avance de las arenas afecta a las obras de infraestructura eléctrica y trocha.

PELIGROS GEOHIDROLÓGICOS

Dentro de la categoría de Peligros Geohidrológicos se ha considerado a los procesos de erosión fluvial e inundación, relacionados al incremento de caudales en los ríos, por lluvias excepcionales y/o periódicas.

En el anexo III, se presenta la ubicación de los procesos geohidrológicos en la Región Lambayeque.

Erosión fluvial

Para que se produzca erosión fluvial intervienen factores geológicos (morfología del cauce, tipo de drenaje, naturaleza del

suelo o substrato en las márgenes, etc.) e hidrológicos (precipitación en cuenca húmeda, caudal máximo, dinámica del río, etc.). Este fenómeno afecta sectores ubicados en la parte media y baja de los ríos Olmos, Motupe, Salas, La Leche, Saña y Reque que en periodos de avenidas excepcionales tiende a cambiar su curso. En la foto 5.11 se observa la erosión y migración del cauce del río Olmos, registrada en marzo del 2008, que afectó en diez sectores el terraplén de la carretera Olmos- Jaén.



Foto 5.11 Erosión fluvial, en la margen izquierda del río Olmos, Km.14,5 de la carretera Olmos-Jaén.

Inundación

Es un proceso geohidrológico recurrente en la dinámica de un río, especialmente en tiempos de lluvias excepcionales como las producidas durante el fenómeno El Niño. La excesiva descarga y el aumento del caudal de los ríos originan avenidas que rebasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de carga de los lechos o cauces.

De acuerdo a la Corporación Andina de Fomento (2000), la peligrosidad por inundación durante un evento de El Niño, en la región, sitúa a la provincia de Lambayeque como la más perjudicada ante dicho fenómeno (cuadro 5.4).

En la foto 5.12, se puede apreciar la inundación y el desborde del río La Leche en el sector La Cirila-Puente Machuca, que afectó a la carretera Panamericana Norte y a grandes terrenos de cultivo de ciruela, maíz y arroz en marzo del 2008.

Erosión de laderas

La erosión de laderas es la remoción del material superficial por acción del agua en forma de precipitación pluvial (lluvias) y escurrimientos (escurrimiento) que en contacto con el suelo superficial, por el impacto, vencen la resistencia de las partículas (fricción o cohesión, figura 5.19).

La frecuencia de la manifestación de estos procesos destruye tierras de cultivo y obras civiles.

Los procesos de erosión de laderas van desde erosión laminar y en surcos hasta cárcavas de gran profundidad y extensión; con desarrollo retrogresivo y de ensanchamiento. Pueden producir daños en carreteras cuya plataforma se encuentre aledaña a un cauce, pérdida de terrenos agrícolas; y pueden ser antecesores de otros movimientos en masa como los derrumbes y deslizamientos. En las fotos 5.13 y 5.14, se pueden apreciar ejemplos de este fenómeno observados en la Región Lambayeque.



Foto 5.12 Inundación sector Pte. La Leche-Machuca (Pacora-Jayanca).

Tabla 5.4
Peligrosidad de las provincias de Lambayeque por precipitaciones pluviales excepcionales

Provincia	Peligro alto	Peligro medio	Peligro bajo
Chiclayo	Ciudad Etén	Monsefú, Reque Picsi	Chiclayo, Puerto Etén
Ferreñafe		Ferreñafe Pueblo Nuevo Pitipo Saña	
Lambayeque	Mocce Yencala Campamento Mórrope Túcume Illimo Pacora Jayanca Chóchope	Lambayeque Huaca de la Cruz Casa Rosada La Capilla, Pto. Cuatro Mochumi El Lindero Anchovira San Juan	

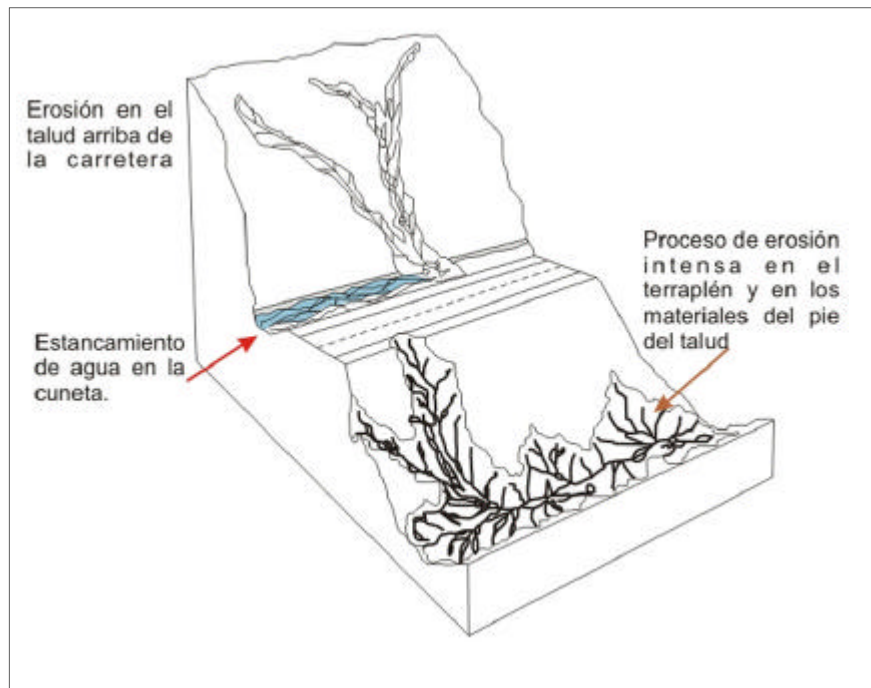


Figura 5.19 Erosión en cárcavas que afectan el talud superior e inferior de una carretera.



Foto 5.13 Erosión en cárcavas en terraplén de la antigua carretera Olmos- Piura.



Foto 5.14 Erosión de laderas en cerro Laquipampa-Incahuasi.

Erosión marina

Es un fenómeno que produce el desgaste de los afloramientos rocosos del borde litoral por acción del oleaje y la corriente marina. En este caso se encuentran comprometidos los acantilados ubicados al sur del río Reque, donde la erosión marina ha producido

derrumbes y caída de rocas. Los mayores efectos se producen durante la marea alta cuando las aguas alcanzan el pie de los taludes, los erosiona y desestabiliza. En la Región Lambayeque, fenómenos de este tipo se observan en el sector de Punta Canaloche en el distrito de Lagunas, Puerto Etén (foto 5.15) y la Ensenada de Cherrepe.



Foto 5.15 Erosión marina, en puerto Etén.

ESTADÍSTICA DE PELIGROS NATURALES

Del inventario cartografiado (escala 1:50 000) y la fotointerpretación de peligros geológicos en la Región Lambayeque, y siguiendo la metodología descrita en el capítulo I, se ha registrado un total de

934 fenómenos. De dichos fenómenos, un mayor porcentaje corresponde a flujos, erosión, caídas, inundación y deslizamientos, mientras que los menores porcentajes corresponden a procesos de arenamiento, movimientos complejos y reptación (figura 5.20).

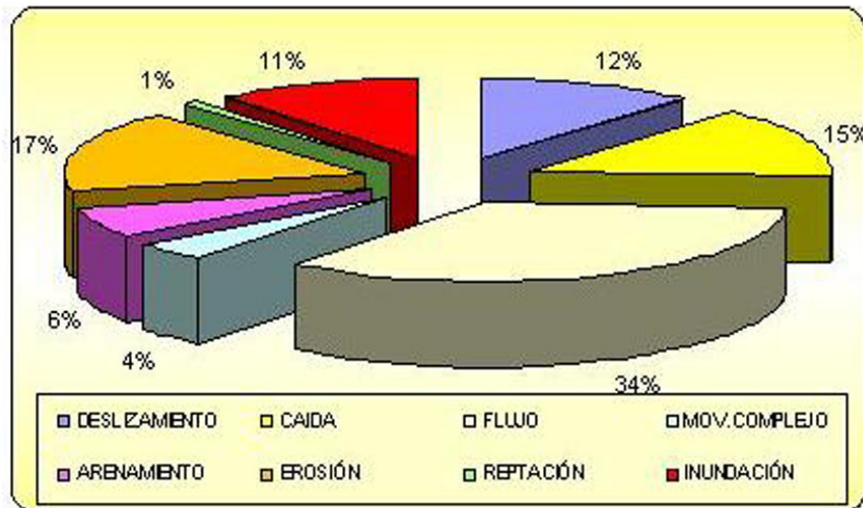


Figura 5.20 Porcentaje de procesos inventariados en la zona de estudio.

La estadística de los peligros geológicos respecto a la litología del sustrato permite deducir (figura 5.21) que la mayoría de procesos de movimientos en masa está asociada a la unidad IV-1 de tobas con niveles de lutitas y cuarcitas (11%), seguida de la unidad II-1 de granodioritas y tonalitas (6,7%). Estas unidades tienen en común que las rocas que las componen se encuentran alteradas, fracturadas e incompetentes.

De acuerdo al inventario efectuado, los materiales que menos influencia representan para la generación de peligros geológicos

están representados por las subunidades: I-4 (depósitos marinos [2%], I-2 (depósitos lagunares [1%]), III-1 (rocas volcánicas andesíticas [1%]). Las dos primeras registran pocos procesos por su poca extensión superficial al encontrarse en terrenos de baja pendiente. La subunidad III-1 de rocas volcánicas andesíticas aparentemente se encuentra más estable que las otras subunidades litológicas, aunque cabe resaltar que se han registrado también procesos de movimientos en masa muy antiguos.

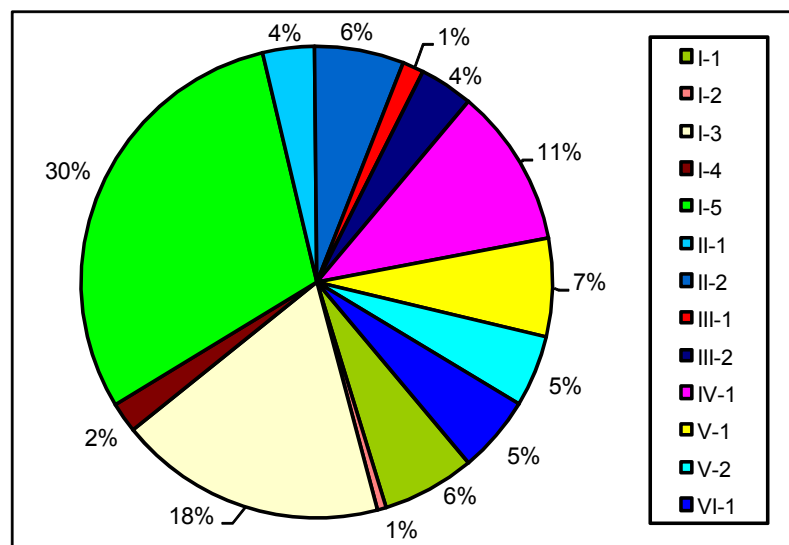


Figura 5.21 Porcentaje de peligros geológicos respecto a la unidad litológica a la cual están asociados.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD POR PROCESOS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS

El objetivo del análisis de la susceptibilidad a los peligros geológicos y geohidrológicos es representar en mapas la probabilidad de ocurrencia de tales eventos, para contribuir en la prevención y mitigación de desastres naturales y la planificación territorial (Ayala-Carcedo y Corominas, 2003). Sin embargo, se debe destacar que los límites de susceptibilidad señalados deben considerarse como referenciales y no como valores absolutos (Fidel *et al.*, 2006).

Para este estudio, de acuerdo a la estadística de procesos inventariados en la región (capítulo V), se ha considerado analizar la susceptibilidad por movimientos en masa e inundaciones.

SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA

El método utilizado para analizar la susceptibilidad por movimientos en masa es un modelo heurístico de combinación de factores (Carrara *et al.*, 1995). En la zona de estudio, se ha utilizado la pendiente, geomorfología, litología, hidrogeología y cobertura vegetal, como factores condicionantes en la generación de estos procesos.

La combinación de factores se ha efectuado en formato matricial, utilizando el software Arc Gis 9.1 con sus módulos *Spatial Analyst* y *3D Analyst*.

Análisis de factores condicionantes

De acuerdo a la información recopilada en gabinete y campo, se analizaron los factores condicionantes a la generación de movimientos en masa con ayuda de matrices (Laín *et al.*, 2005; Villacorta, 2007). El rango de valores usados en las ponderaciones de dichos factores es de 1 a 5 para identificar con facilidad el grado de susceptibilidad (1 es «muy baja» y 5 «muy alta»). En las tablas 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4 se muestran las matrices de ponderación para las comparaciones: pendiente vs. litología, pendiente vs. hidrogeología, pendiente vs. geomorfología y pendiente vs. cobertura vegetal. Posteriormente, estas matrices se integraron a los mapas en formato raster para realizar, mediante SIG, el álgebra de capas y componer el mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa (figura 6.1).

Tabla 6.1
Valores para la susceptibilidad por movimientos en masa en la matriz de ponderaciones Pendiente vs Litología

Pendiente vs. Litología		Litología													
		Depósitos superficiales						Rocas intrusivas		Rocas volcánicas		Rocas volc.-sed.	Rocas sed.		Rocas metam.
		I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6	II-1	II-2	III-1	III-2	IV-1	V-1	V-2	VI
Pendientes	< 10°	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
	10 a 20°	1	1	1	1	2	3	1	1	2	1	2	2	2	1
	20 a 40°	1	2	3	1	3	4	2	3	4	3	4	4	4	4
	40 a 60°	2	3	4	2	4	5	3	4	5	5	4	5	4	5
	> 60°	3	4	5	3	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5

Donde I-1: depósitos eólicos, I-2: depósitos lagunares, I-3: depósitos fluviales, I-4: depósitos marinos, I-5: depósitos aluviales y proluviales, I-6: depósitos fluvio-glaciares, II-1: adamelita, cuarzo, monzogranito, granodiorita, II-2: granodioritas, dioritas, tonalitas, III-1: rocas volcánicas andesíticas, III-2: rocas volcánicas dacíticas, IV-1: formación oyotún, V-1: calizas, lutitas y margas, V-2: areniscas con niveles de lutitas, VI: esquistos micáceos, filitas, pizarras y gneis granodiorítico.

Tabla 6.2
Valores para la susceptibilidad por movimientos en masa en la matriz de ponderaciones Pendiente vs Hidrogeología

Pendiente vs. Hidrogeología		Hidrogeología							
		Acuífero			Acuitardo			Acuicludo	Acuifugo
		PNC	FSD	ACC	VOL	INT	SED	ACC	ACF
Pendientes	< 10°	3	1	1	1	1	1	1	1
	10 a 20°	3	1	2	1	1	1	1	1
	20 a 40°	4	2	2	2	2	2	2	2
	40 a 60°	5	2	3	3	3	3	2	2
	> 60°	5	3	4	4	3	3	3	3

Donde: PNC: poroso no consolidado, FSD: fisurado sedimentario, FVO: fisurado volcánico, ACC: acuicludo, VOL: volcánico, INT: intrusivo, SED: sedimentario.

Tabla 6.3
Valores para la susceptibilidad por movimientos en masa en la matriz de ponderaciones Pendiente vs Geomorfología

		Geomorfología																			
		Denudacional										Fluvio-aluvial				Eol.	Marino			Poligen	
		MIN	MME	MSE	MSD	MVO	MVD	LIN	LSE	LME	PER	CAP	FVT	PFA	PPR	EXE	BLT	DUN	ACN	MVS	LPO
Pendientes	< 10°	1	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	1	1	2	1	1	1	2	3	1
	10 a 20°	3	3	4	4	2	4	2	2	2	3	3	2	1	3	1	1	1	3	4	2
	20 a 40°	4	4	5	5	3	5	3	3	3	4	4	3	1	3	2	2	2	4	5	3
	40 a 60°	5	5	5	5	4	5	4	4	4	5	4	4	2	4	2	3	3	5	5	4
	> 60°	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	3	3	3	5	5	4

Donde: MIN: montaña intrusiva, MME: montaña metamórfica, MSE: montaña sedimentaria, MSD: montaña sedimentaria altamente disectada, MVO: montaña volcánica, MVD: montaña volcánica altamente disectada, LIN: loma intrusiva, LSE: loma sedimentaria, LME: loma metamórfica, PER: piedemonte de erosión, CAP: cono/abanico proluvial, FVT: fondo de valle y terraza, PFA: planicie fluvio-aluvial, PPR: piedemonte proluvial, EXE: explanada eólica, BLT: borde litoral, DUN: campo de dunas, ACN: acantilados, MVS: montaña volcano-sedimentaria, LPO: loma poligénica.

Tabla 6.4
Valores para la susceptibilidad por movimientos en masa en la matriz de ponderaciones Pendiente vs Cobertura vegetal y uso de suelo

Pendiente vs. Cobertura vegetal y uso de suelo		Cobertura vegetal y uso de suelo												
		Áreas naturales							Bosques			Infraestruc.		Terr. cult.
		PAJ	PAN	MDU	MSE	VGC	VAR	ERD	BHM	BSM	BSS	INF	RES	CCO
Pendientes	< 10°	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
	10 a 20°	2	2	2	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2
	20 a 40°	3	3	3	3	2	3	4	2	2	2	2	2	3
	40 a 60°	3	3	4	4	3	4	5	3	2	2	2	2	4
	> 60°	4	4	5	5	3	4	5	3	3	3	3	3	5

Donde: PAJ: pajonal, PAN: pasto natural, MDU: matorral de duna, MSE: matorral seco, VGC: vegetación cauce, VAR: vegetación arbustiva, ERD: eriazos desérticos, BHM: bosque húmedo de montaña, BSM: bosque seco de montaña, BSS: bosque seco tipo sabana, INF: infraestructura y población, RES: reservorio de agua y CCO: cultivos de la costa.

Grados de susceptibilidad por movimientos en masa

En base a los resultados alcanzados, a continuación se describen las áreas relacionadas a cada rango de susceptibilidad a los movimientos en masa (figura 6.1).

Muy baja

En el mapa se representa en color verde oscuro y corresponde a terrenos de pendiente menor a 10°, en acuífero poroso no consolidado y depósitos superficiales. Dichas áreas ocupan gran parte del territorio de la región y son muy poco susceptibles a la formación de movimientos en masa, salvo flujos de lodo excepcionales. Localidades como Motupe, Ferreñafe, Pomalca, Illimo y Jayanca, entre otras, se encuentran asentados en este sector.

Baja

En el mapa se representa en color verde claro y corresponde a terrenos de pendientes entre 10 y 20°. En su mayoría corresponde a acuitardos volcánicos y sedimentarios, depósitos proluviales con cobertura vegetal de cultivos. Se extiende en la parte baja de las cuencas Lambayeque y Reque, y sectores de terrazas aluviales entre Chongoyape y Lambayeque. Los terrenos en estas zonas presentan vestigios de generación de flujos en épocas de lluvias excepcionales como el fenómeno de El Niño.

Media

En el mapa se representa en color amarillo y se extiende en la parte oriental de la región, como por ejemplo en Cañaris e Incahuasi. Está asociada a terrenos de pendientes entre 20 y 40°, depósitos proluviales y aluviales, roca volcánico-sedimentaria, en su mayoría acuitardos y acuíferos fisurados con cobertura vegetal de cultivos. En ellas se ha registrado cierta tendencia a la ocurrencia de movimientos en masa, especialmente del tipo flujos y deslizamientos.

Alta

En el mapa se representa en color anaranjado y se asocia a pendientes entre 40 y 60°, acuífero volcánico, depósitos coluviales, con escasa cobertura vegetal. Es probable que cuando se construyan obras de infraestructura, se generen movimientos en

masa, por lo que se requiere previamente la realización de estudios especializados donde se propongan medidas de reducción de riesgos geológicos y mitigación de desastres.

Muy alta

En el mapa se representa en color rojo y se asocia a pendientes mayores de 60°, acuífero fisurado volcánico, depósitos coluviales, afloramientos rocosos intensamente fracturados, alterados y potencialmente almacenadores de agua; también a depósitos superficiales inestables con escasa cobertura vegetal. Las zonas involucradas tienen mayor probabilidad a la generación de movimientos en masa. No es apta para usos urbanos. Las localidades involucradas son las siguientes:

—Provincia de Chiclayo

Chongoyape: quebrada Montería-Tablazos, Wadinton-Huayto, quebradas Magin, Juana Ríos y Campana, Chiriquipe, Pampa Grande.

Oyotún: Querpán, Sector Seis, Macuaco, Las Delicias-Santa Rita, La Compuerta.

Pátapo: Desaguadero.

Nueva Arica: Culpón.

Lagunas: La Punta-Canaloché, Nuevo Mocupe.

Saña: Pampa Cayalti, San Nicolás, cerros Alcantarilla, León y Collique.

—Provincia de Ferreñafe

Pitipo: Cachinche, Motupillo Viejo-quebrada Colán, Papayo-Motupillo-La Traposa.

Incahuasi: San Juan-Tolopampa, Tallapampa-Chonta-Callima.

Mesones Muro: Mesones Muro, Vichayal.

—Provincia de Lambayeque

Motupe: Tongorrape, sector Marrepon-Las Anitas, Mocupe, Briceño.

Salas: quebrada Riachuelo, El Sauce, Nuevo Cardal-Salas, Noria Nueva-Alita.

Jayanca: Vilela, Salas

Olmos: Pasabar La Granja, Túpac Amaru, La Pilca, Pampa Palo Grueso.

Morrope: Motupe, El Angulo, Inche.

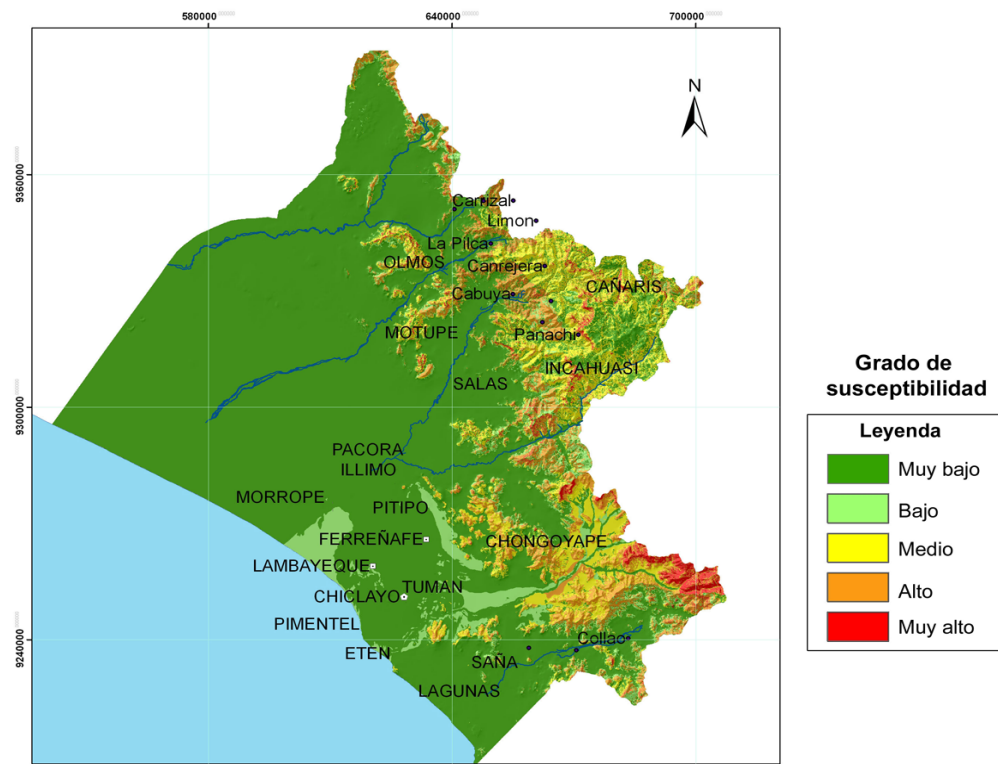


Figura 6.1 Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa en la región Lambayeque.

ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES

De acuerdo a Fidel *et al.* (2006), una zona inundable se puede identificar en base a la forma del terreno, parámetros hidrogeológicos, edafológicos, entre otros. Cabe resaltar que las inundaciones no solo se producen en cauces de llanura, sino también en cauces de montaña, aunque son menos frecuentes en estos últimos.

Para este estudio, se ha analizado la susceptibilidad a las inundaciones empleando el método descrito para el análisis de

movimientos en masa, pero teniendo en cuenta la relación de la geomorfología con la dinámica fluvial y la influencia de la vegetación como preservadora de terrenos de muy baja pendiente. Por ello, los factores considerados han sido geomorfología, cobertura vegetal y pendiente. Para este caso, el rango de valores usados en las ponderaciones ha sido de 1 a 4: 1 es ‘nula’, 2, ‘baja’, 3, ‘media’ y 4, ‘alta’. En las tablas 6.6 y 6.7 se muestran las matrices de ponderación para las comparaciones: Pendiente vs Geomorfología, y Pendiente vs Cobertura vegetal.

Tabla 6.5
Valores para la susceptibilidad por inundaciones en la matriz de ponderaciones
Pendiente vs Geomorfología

		Geomorfología																			
		Denudacional									Fluvio-aluvial				Eol	Marino			Poligen		
		MIN	MME	MSE	MSD	MVO	MVD	LIN	LSE	LME	PER	CAP	FVT	PFA	PPR	EXE	BLT	DUN	ACN	MVS	LPO
Pendientes	< 1°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	4	4	2	3	3	1	1	1	1
	1 a 5°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	3	1	2	2	1	1	1	1
	5 a 25°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1
	25 a 45°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	> 45°	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Donde: MIN: montaña intrusiva, MME: montaña metamórfica, MSE: montaña sedimentaria, MSD: montaña sedimentaria altamente disectada, MVO: montaña volcánica, MVD: montaña volcánica altamente disectada, LIN: loma intrusiva, LSE: loma sedimentaria, LME: loma metamórfica, PER: piedemonte de erosión, CAP: cono/abanico proluvial, FVT: fondo de valle y terraza, PFA: planicie fluvio-aluvial, PPR: piedemonte proluvial, EXE: explanada eólica, BLT: borde litoral, DUN: campo de dunas, ACN: acantilados, MVS: montaña volcano-sedimentaria, LPO: loma poligénica.

Tabla 6.6

Valores para la susceptibilidad por inundaciones en la matriz de ponderaciones
Pendiente vs Cobertura vegetal y uso de suelo

[illegible]

Donde: PAJ: pajonal, PAN: pasto natural, MDU: matorral de duna, MSE: matorral seco, VGC: vegetación cauce, VAR: vegetación arbustiva, ERD: eriazos desérticos, BHM: bosque húmedo de montaña, BSM: bosque seco de montaña, BSS: bosque seco tipo sabana, INF: infraestructura y población, RES: reservorio de agua y CCO: cultivos de la costa.

Grados de susceptibilidad por inundaciones

En el mapa de susceptibilidad a las inundaciones se ven reflejado en tres colores los rangos de susceptibilidad a que se produzcan

procesos de inundación. Cabe mencionar que los valores de susceptibilidad media, en zonas de montaña, reflejan la susceptibilidad a inundación por aguas pluviales.

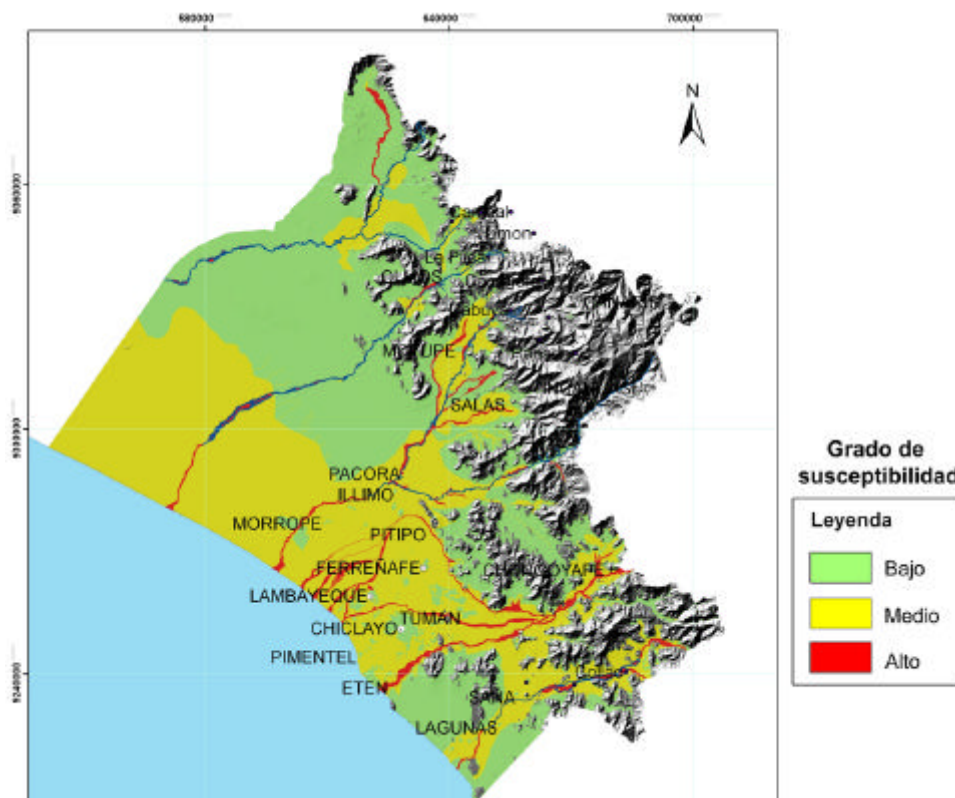


Figura 6.2 Mapa de susceptibilidad por inundaciones en la región Lambayeque.

Baja

Relacionada a terrenos bajos y montañosos donde difícilmente se podrían dar procesos de inundación. Abarca un extenso territorio hacia el lado occidental de la región (figura 6.2). Las condiciones son de pendiente baja inundada solo en periodos excepcionales o por elevación del nivel freático.

Media

Corresponde a zonas de paleo-cauces, abanicos y quebradas de cauces angostos como se observa en la parte media de las cuencas, los ríos Chancay y Reque. En estas zonas se pueden

presentar inundaciones y erosión fluvial cuando se producen lluvias intensas como las producidas durante el fenómeno El Niño.

Alta

Asociada a terrenos de muy baja pendiente y donde es probable que ocurran procesos de inundación y erosión fluvial. Corresponde a terrenos permanentemente sumergidos, terrazas adyacentes a la desembocadura de ríos principales y tributarios mayores, así como algunas terrazas aluviales de quebradas tributarias de muy baja pendiente como Yaipón, Montería, Juana Ríos, entre otras.

CAPÍTULO VII

FUENTES DE CONTAMINACIÓN Y PROPUESTAS PARA SU GESTIÓN

Las actividades del hombre han generado, en muchos casos, potenciales fuentes de contaminación, ya sea por desconocimiento, por accidentes o por negligencia. Representan, actualmente, un riesgo para el ambiente y la calidad de vida de las personas, lo cual se refleja en el estado ambiental, la salud humana y la infraestructura de un territorio.

La Sociedad Nacional de Minería y Petróleo (2004) sostiene que el impacto ambiental de un territorio depende de las características locales como el clima, la geografía del lugar, el aislamiento poblacional de la zona, la pluviosidad y los ecosistemas circundantes.

IDENTIFICACIÓN DE POTENCIALES FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Durante los trabajos de campo para este estudio, con el propósito de identificar las potenciales fuentes de contaminación en la región, se efectuó un inventario mediante el uso de una ficha elaborada por la Dirección de Geología ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET.

En la figura 7.1 se aprecian las principales fuentes de contaminación inventariadas. La mayoría de ellas corresponde a botaderos, desmontes y a ocurrencias de salitricación de los suelos en el valle costero de Lambayeque.

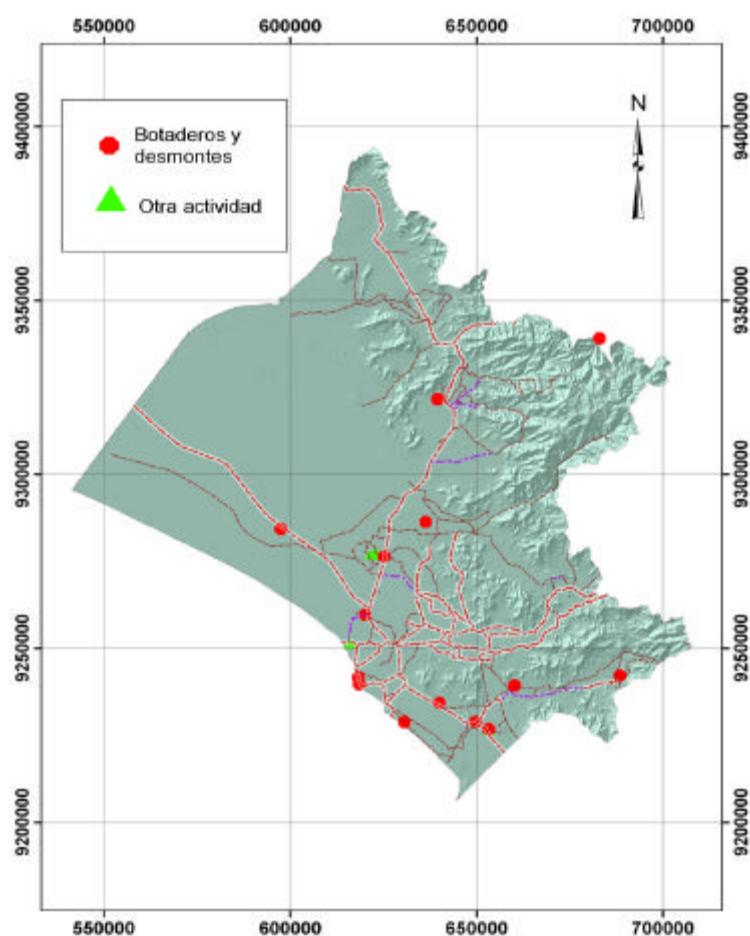


Figura 7.1 Mapa de inventario de pasivos ambientales en la Región Lambayeque.

FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Las fuentes de contaminación pueden ser naturales y antropogénicas. Por lo general, las fuentes naturales están relacionadas con la composición de suelos y de agua, con los componentes de algunos alimentos, etc. Ello representa un porcentaje bajo en los problemas de salud pública, salvo en los casos donde elevadas concentraciones naturales de elementos, como el arsénico en el agua para el consumo humano, puede causar problemas graves. Esto ocurre, por ejemplo, en localidades cercanas a volcanes, donde dichas concentraciones anómalas están relacionadas a emanaciones volcánicas (Albert, 1997).

Las fuentes antropogénicas se producen con más frecuencia y según el tipo de actividad que las originan se pueden clasificar en urbanas, industriales y agropecuarias.

Urbanas

Las actividades urbanas consideradas como capaces de producir contaminación son las siguientes:

- recreación (centros turísticos);
- construcción de infraestructura vial;
- disposición de residuos sólidos (hospitalarios y domésticos (foto 7.1);
- disposición de aguas residuales (efluentes domésticos).

Además, los efluentes del agua residual son vertidos en un gran porcentaje directamente, y sin tratamiento previo al sistema de drenaje agrícola, a cauces naturales y a playas.



Foto 7.1 Botadero de residuos sólidos en las pampas de Reque.

Industriales

Las actividades industriales producen una gran variedad de sustancias residuales de compuestos químicos, detergentes y desechos similares (lavazas, agua con cloro, shampoos, restos de combustibles, etc.), aceites y grasas. Al ser estas sustancias arrojadas a los cursos de agua, incrementan en ellos la concentración de metales pesados, el incremento de pH y de la temperatura. Las aguas residuales procedentes las centrales

nucleares, el uso industrial, el uso médico, etc., pueden producir además sustancias radiactivas.

Así también, el uso de automóviles y de otros medios de transporte, en los diferentes procesos industriales, producen humo y gases que pueden contaminar el aire, el agua o el suelo, como por ejemplo el vertido de petróleo crudo sobre el mar.

También es un derivado de las actividades industriales el arrojo de basura. Las principales fuentes contaminantes de un botadero de

basura son los líquidos lixiviados, el biogás, producto de la descomposición anaeróbica de los residuos; los barros compostados, y los residuos livianos, que pueden desprenderse por acción del viento. Esta actividad ocasiona no sólo un impacto visual negativo, sino también un perjuicio a la fauna silvestre que al ingerir materiales como botellas, bolsas plásticas, latas y vidrios mueren por asfixia, por enredamiento, por cortes, etc. Los efectos mencionados podrían prevenirse con el uso de rellenos sanitarios.

Agropecuarias

Las fuentes de contaminación agropecuarias están relacionadas a prácticas agrícolas inadecuadas que producen la contaminación de los sistemas acuáticos, debido a que del total de vertido residual generado sólo una parte será recogida en redes de saneamiento, mientras que el resto será evacuado directamente al ambiente (Albert, 1997). Las aguas de riego residuales, que son arrastradas hacia cursos de agua, llevan consigo sales compuestas de nitrógeno, fósforo y azufre, que llegan a los acuíferos y los contaminan. Asimismo, el uso indiscriminado de abonos, pesticidas, plaguicidas, biocidas y fertilizantes, producen contaminantes que son arrastrados por el agua de riego, alcanzan el suelo por lixiviación y contaminan las aguas subterráneas.

Además, la quema de cobertura vegetal ya sea por incendios forestales, o para ganar terrenos agrícolas (foto 7.2 y 7.3), produce la contaminación del aire y agrava las enfermedades de las vías respiratorias de la población. Paralelamente el desproteger a las montañas de vegetación aumenta los efectos de la erosión y el arrastre de las partículas del suelo hacia quebradas y ríos (González, 2007).

FUENTES DE CONTAMINACIÓN EN LA REGIÓN LAMBAYEQUE

En la región Lambayeque, las fuentes de contaminación descritas han producido diversos efectos, que a continuación se describen.

Por la actividad agropecuaria

En la región Lambayeque a consecuencia de las actividades agropecuarias se ha producido el deterioro de terrenos agrícolas, salinización y anegamiento de algunos sectores ubicados en las zonas bajas de los valles Lambayeque, La leche, Olmos y Saña. Un ejemplo de ello está, en el desierto costero de Mórrope donde se observó salitricización de suelos (foto 7.4).

Otro problema de contaminación en la región, está relacionado a incendios forestales. En el 2008, dos mil hectáreas de pastizales fueron arrasadas por incendios forestales en los bosques secos de Olmos, Motupe, Salas, Jayanca y Chóchope, en el departamento de Lambayeque (CESS, 2008).

Otro gran inconveniente derivado de prácticas agrícolas inadecuadas en la región, es la deforestación. De acuerdo al CESS (2008), entre 7 y 10 mil hectáreas de bosques son depredadas anualmente en la región Lambayeque, lo cual produciría la desaparición de las áreas de bosques para el siglo XXII. Las bosques en proceso de deforestación son los siguientes: Las Pampas de Boca Chica en Olmos; Batán Grande (Bosque de Pómac), Ñaupe, Cerro Chalpón, Tongorrape, Chóchope y Oyotún, además de Motupe, Jayanca, Lagunas, Mayascón, Nueva Arica, Mórrope (foto 7.5) y Salas.



Foto 7.2 Quema de cobertura vegetal en el sector Bebederos-Oyotún.



Foto 7.3 Incendio forestal en la localidad de Redondo, distrito de Olmos (tomado de <http://www.cess.org.pe/>).



Foto 7.4 Pampas del desierto costero de Morrope salitrizado.



Foto 7.5 Deforestación de bosques secos de Morrope (tomado de <http://www.cess.org.pe/>)

Por las actividades urbanas e industriales

En la región Lambayeque, producto del procesamiento industrial (por ejemplo, de caña de azúcar en Pomalca, Cayalti, Tumbay, etc.); la disposición de residuos sólidos industriales, mineros, etc. y la disposición de aguas residuales (efluentes industriales, mineros, etc.) se producen impactos negativos para el medio ambiente. El vertimiento de aguas residuales producto de la actividad urbana en la playa Santa-Rosa (Chiclayo, foto 7.6) es un ejemplo observado en el año 2008.



Foto 7.6 Desagüe de aguas residuales en la playa Santa Rosa-Chiclayo.

PROPUESTAS PARA SU GESTIÓN

Las medidas de mitigación y prevención propuestas aquí se basan en las técnicas mencionadas en los siguientes documentos: «Contaminación y depuración de suelos» (López y Ayala, 1998); «Medidas para solucionar la Contaminación Industrial» (Frers,

2009), y «Control de la contaminación del agua: guías para la planificación y financiamiento de proyectos» (Palange y Zavala, 1989).

Medidas de mitigación

Las actividades urbanas, industriales o agrícolas pueden crear problemas ecológicos y de salubridad importantes, si no se toman las medidas correctivas necesarias. A continuación se presentarán recomendaciones para los problemas de salinización, contaminación de suelos y contaminación del agua.

Atenuación de problemas de salinización

Para atenuar los problemas de salinización y empantanamiento de suelos, es importante mantener un buen drenaje en estos. Para ello, es necesaria la rehabilitación, el mejoramiento y la ampliación del sistema de riego existente.

También es importante concientizar a los usuarios sobre el cuidado de las aguas subterráneas y de los organismos responsables, asimismo, sobre la administración y necesidad de un manejo conjunto y sostenible del recurso hídrico.

Control de la contaminación de los suelos

Para disminuir el deterioro de los suelos por efecto de la contaminación es necesario su tratamiento y recuperación con el objetivo de disminuir o eliminar los contaminantes y sus efectos. Para este propósito, se debe establecer, en primer lugar, un plan de saneamiento que precise el resultado mínimo a alcanzar durante el tratamiento y/o recuperación de los suelos.

Las técnicas utilizadas pueden ser de tratamiento *in situ*, que implica la eliminación de los contaminantes sobre el propio terreno, sin remoción del mismo, o técnicas de tratamiento *ex situ*, en los que se produce la movilización y traslado del suelo para su tratamiento o confinación.

Técnicas de tratamiento in situ

El tratamiento de un suelo contaminado sin necesidad de modificar su situación presenta múltiples ventajas sobre el caso contrario. Implica, por ejemplo, el uso de métodos fácilmente aplicables y la instalación del equipo adecuado. Los inconvenientes se centran en la incertidumbre sobre los resultados reales. Las técnicas más conocidas son la biodegradación, la vitrificación, la degradación química, la solidificación, el lavado y la aireación.

La biodegradación (figura 7.2) persigue la transformación de sustancias peligrosas en productos inocuos por activación de los procesos biológicos naturales o mediante microorganismos específicos para cada contaminante.

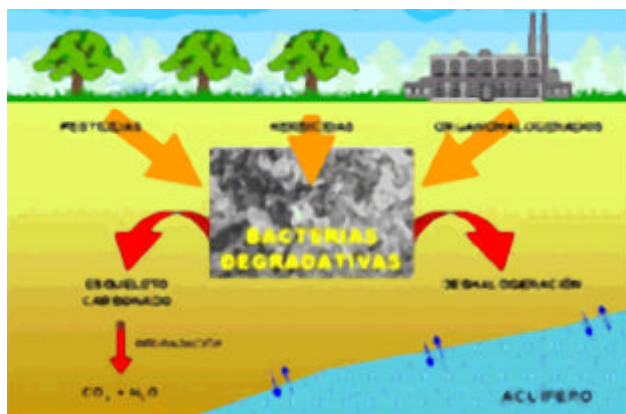


Figura 7.2 Esquema de la biodegradación para la descontaminación de suelos (tomado de <http://www.educa.madrid.org>).

La vitrificación es un proceso en el que el suelo y los contaminantes se funden en una matriz vítrea mediante la creación de un campo eléctrico entre dos electrodos enterrados. La resistencia del terreno a la corriente genera temperaturas suficientes para fundir el suelo. Los componentes no volátiles se integran en una matriz vítrea, mientras que los constituyentes orgánicos son destruidos en un proceso parecido a la pirólisis.

La degradación química, por su parte, se produce con la adición de una sustancia química. Existen tres tipos de degradación: oxidación mediante aireación o adición de agentes oxidantes, reducción por adición de agentes reductores y polimerización de ciertas sustancias orgánicas mediante la adición de hierro y sulfatos.

La solidificación consiste en mezclar el suelo contaminado con un medio de fijación, formando así una masa endurecida y poco permeable en la que se inmovilizan los contaminantes. Puede realizarse *in situ* o en suelos extraídos.

El lavado del suelo consiste en la adición de agua, por inyección superficial o subsuperficial con un aditivo químico que favorezca la

disolubilidad y movilización de los contaminantes. El lavado de suelos será más efectivo cuanto mayor sea la proporción de gravas y arenas en el terreno a tratar. En la figura 7.3. Puede observarse el funcionamiento básico de una instalación para el lavado del suelo.

Por último, la aireación es un método de extracción basado en el movimiento de los vapores a través del suelo, mediante una diferencia de presión generada por bombeo de aire desde el exterior que, tras circular a través del espacio contaminado, es evacuado por un pozo de extracción para su liberación o tratamiento.

Técnicas de tratamiento *ex situ*

Entre las ventajas de estas técnicas destaca la optimización del tratamiento, debido a que al eliminarse el suelo contaminado se homogenizan las condiciones del terreno. Esto permite controlar el proceso porque ya no depende de factores externos (clima, hidrología, etc.). Los métodos son más experimentados que las técnicas *in situ* y, entre las más conocidas, se encuentran los tratamientos químicos, la degradación biológica, la extracción y el confinamiento.

Los tratamientos químicos son similares a los de la degradación *in situ*, pero con una mejor eficiencia, ya que logran la homogeneización del suelo con reactivos específicos para poder controlar el proceso.

Por otra parte, la degradación biológica o compostaje busca la transformación de contaminantes altamente tóxicos en sustancias asimilables por la naturaleza mediante procesos metabólicos de microorganismos específicos para los diferentes tipos de contaminación. El suelo contaminado se extiende en capas finas para optimizar la admisión de oxígeno. Se realiza además un control permanente de parámetros como humedad, temperatura y contenido de oxígeno.

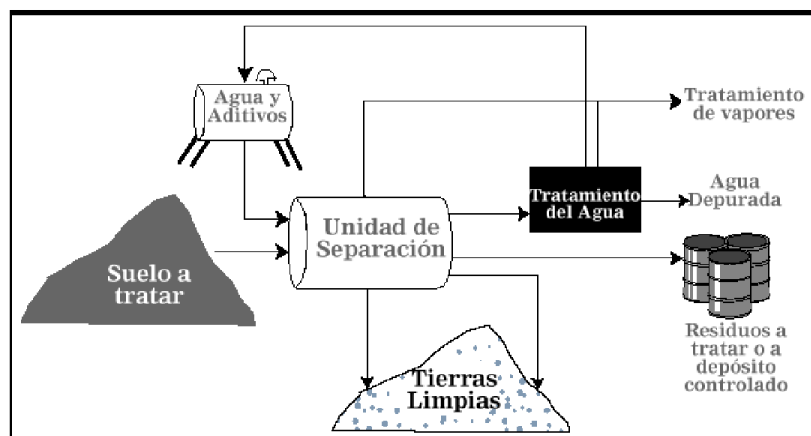


Figura 7.3 Esquema de instalación para el lavado del suelo (tomado de <http://www.gestion-ambiental.com>).

La extracción o lavado del suelo es un sistema de tratamiento en el que se trasladan los contaminantes del suelo a un líquido; de esta manera se movilizan los contaminantes absorbidos en las partículas de suelo.

Finalmente, el confinamiento consiste en el aislamiento de los residuos en un ambiente subterráneo seguro, provisto de algún tipo de sistema de impermeabilización y de sistemas de recolección de lixiviados y escurrientías superficiales.

Control de la contaminación del agua

De acuerdo a Palange y Zavala (1989), el objetivo básico del control de la contaminación del agua es reducir justamente la concentración de contaminantes del agua residual hasta niveles

que no interfieran con el empleo provechoso de las aguas receptoras por parte de los usuarios. Por tal motivo, los efluentes residuales deben ser previamente tratados y entregados al medio natural en un nivel mínimo aceptable de calidad.

Es muy importante para este propósito aplicar las normativas reguladoras de la calidad del agua. En el Perú, la norma rectora es la Ley de Recursos Hídricos (Congreso de la República, 2009), vigente desde el 31 de marzo del 2009.

Respecto a la tecnología y tratamiento a utilizar para controlar la contaminación del agua, en el cuadro 7.1 se presentan los procesos adecuados para la separación de los contaminantes encontrados con mayor frecuencia en las aguas residuales.

Cuadro 7.1
Procesos de tratamiento recomendados para la remoción de contaminantes más frecuentes presentes en las aguas residuales

Contaminante	Operación unitaria/proceso unitario o sistema de tratamiento
Sólidos suspendidos	Sedimentación
	Cribado y desmenuzado
	Diversos procesos de filtración
	Flotación
	Adición de polímeros
	Coagulación/sedimentación
	Sistemas de tratamiento en el suelo
Compuestos orgánicos biodegradables	Diversos procesos de lodos activados
	Película fija: filtros percoladores
	Película fija: reactores rotativos de contacto biológico
	Lagunas de estabilización de aguas residuales
	Filtración intermitente en arena
	Sistemas de tratamiento en el suelo
	Sistemas fisicoquímicos
Organismos patógenos	Cloración
	Hipocloración
	Ozonización
	Sistemas de tratamiento en el suelo
Nitrógeno	Diversos procesos de nitrificación y desnitrificación con crecimiento suspendido
	Diversos procesos de nitrificación y desnitrificación con película fija
	Separación del amoníaco
	Intercambio iónico
	Cloración hasta el punto de quiebre
	Sistemas de tratamiento en el suelo
Fósforo	Adición de sales metálicas
	Coagulación/sedimentación con cal
	Remoción bioquímica del fósforo
	Sistemas de tratamiento en el suelo
Metales pesados	Precipitación química
	Intercambio iónico
	Sistemas de tratamiento en el suelo
Sólidos inorgánicos disueltos	Intercambio iónico
	Osmosis inversa
	Electrólisis

(Tomado de Palange y Zavala, 1989).

La población en general también puede contribuir en el control de la contaminación del agua, aplicando medidas simples como las siguientes por ejemplo: reduciendo al máximo el consumo de detergentes y lavazas y cuidando de arrojar basura en playas, ríos, lagos, quebradas, etc.

Medidas preventivas

En la actualidad, el modelo industrial existente ha servido para satisfacer algunas necesidades humanas, pero también ha dejado una enorme deuda con las generaciones futuras al ocasionar que el planeta sea insostenible ecológicamente. Muestra de ello es la sobreexplotación de recursos naturales; la producción de enormes volúmenes de residuos tóxicos, lo que trae como consecuencia la contaminación de los ríos, del aire y del suelo; la extinción de especies; el aumento de enfermedades por causas ambientales y la desaparición de suelos fértiles y productivos, generando en su lugar enormes desiertos y mayor pobreza.

Para prevenir la contaminación del medio ambiente es importante, en primer lugar, el cumplimiento de la normativa legal sobre el medio ambiente. Para ello, es necesario que las autoridades y población mantengan una comunicación constante y trabajen en conjunto, ya sea formando comités de seguridad ciudadana para la vigilancia de sus territorios o promoviendo la aplicación de tales normativas.

Acerca de las políticas de prevención de la contaminación, éstas deben contemplar la implementación de reglas que extiendan la responsabilidad al fabricante de un producto, la eliminación progresiva de productos tóxicos, así como la creación de instituciones que desarrollen investigación en tecnología limpia y que proporcionen apoyo técnico a la pequeña y mediana industria. Estas políticas deben encaminarse a fomentar, en las entidades públicas o privadas, el desarrollo de programas de investigación

sobre evaluación del impacto ambiental, planificación territorial y el uso racional de los recursos naturales, así como a permitir el acceso público a dicha información.

Se debe buscar minimizar, respecto a la producción de residuos, todas las actividades industriales que alteren las propiedades del suelo a través de medidas de aislamiento y control en los procesos productivos.

Es necesario, asimismo, el uso de rellenos sanitarios controlados. Un relleno sanitario es un lugar destinado para la disposición final de desechos, en cuya construcción se toman múltiples medidas que tienen como objetivo disminuir los impactos y evitar riesgos ambientales, a partir de la planeación y de la elección del lugar, hasta la posterior vigilancia del relleno en su tiempo de vigencia. En su construcción se debe tener en cuenta la topografía, el nivel de las aguas subterráneas y la disponibilidad de material para cubrir los residuos sólidos, el control de los líquidos y gases que se producen en el relleno sanitario y la precipitación. Existen tres tipos principales de relleno: de área, de zanja y combinado o rampa. Se diferencian por las técnicas de operación y pueden combinarse de acuerdo a las características del terreno (Fidel *et al.*, 2006).

El problema de la disposición inadecuada de residuos sólidos no biodegradables en botaderos clandestinos, es frecuente en nuestro país y está condicionado por la falta de una cultura de protección al ambiente, sobre todo en las localidades más alejadas de las principales ciudades. Dichos botaderos se encuentran dispuestos ilegalmente en quebradas, ríos, pampas costeras, etc. Es por ello, responsabilidad de las autoridades municipales, regionales y de empresas privadas (industrial, agrícola y de establecimientos de salud) plantear programas de manejo adecuado de los residuos sólidos con el fin de erradicar problemas de salud y la proliferación de focos infecciosos.

CAPÍTULO VIII

ZONAS CRÍTICAS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

La Región Lambayeque ha sido afectada por procesos geohidrológicos asociados a eventos de El Niño excepcionales. Así, por ejemplo, según información de CTAR Lambayeque, en 1998 se dañaron seriamente las vías principales como la Panamericana Norte, en diversos sectores de la región (cuadro 8.1, fotos 8.1 y 8.2); y se produjo el colapso, deterioro y hasta destrucción de infraestructura de riego, tales como bocatomas y

tomas debido a colmatación y desborde de los ríos Chancay, La Leche, Motupe, Saña, Chochope, Reque y Lambayeque, en los valles agrícolas (cuadro 8.2 y 8.3). Asimismo, se produjeron daños a infraestructura urbana, pues fueron dañados los colegios de las principales ciudades del departamento a causa de la inundación (cuadro 8.4, foto 8.3).

Cuadro 8.1

Resumen de afectación producida por el fenómeno 1997-1998 en la Región Lambayeque. Sector transportes

Departamento	Afectación	
Lambayeque	Carreteras afectadas	47,2 km
	Trochas carrozables afectadas	137,0 km
	Carreteras destruidas	11,9 km
	Puentes afectados	14,0 km
	Puentes destruidos	10,0 km
	Alcantarillas destruidas	12,0 km
	Badenes colmatados	3,0 km



Foto 8.1 Vista aérea del Km. 822 de la Panamericana Norte cortada por el río La Leche, en febrero de 1998 (SENAMHI, 2004).



Foto 8.2 Vista aérea del puente Reque, nótese la fractura de sus estructuras a la margen izquierda del río, y a la margen derecha los pilares centrales (SENAMHI, 2004).

Cuadro 8.2

Daños producidos por El Niño 1997-1998 en la Región Lambayeque. Infraestructura de riego. Sector agricultura

Valles	Grado de afectación
Valle La Leche	Canales colmatados: 45 400 m, ubicados en los distritos de Jayanca, Pacora, Illimo, Túcume, Salas y Pítipo (localidades de la Traposa y Motupillo). Obras hidráulicas afectadas: 3 bocatomas, 1 toma, 10 compuertas y 1 partidor.
Valle Motupe	Canales colmatados: 31 000 m ubicados en las localidades de Tongorrape, Arrozal, Motupe y Chóchope, obras hidráulicas afectadas: 2 bocatomas, 3 tomas, 14 compuertas, 1 barraje fino en las localidades de Marripón, Tongorrape, Arrozal y el mismo Motupe.
Valle Olmos cascajal	Canales colmatados: 36 000 m (canales en tierra). Obras hidráulicas afectadas: 2 barrajes finos
Valle Saña	Canales colmatados: 2 310 m de canales de conducción. Obras hidráulicas afectadas: 3 bocatomas, 2 tomas y 3 sifones.
Valle Chancay	Este valle es el más importante del departamento de Lambayeque por la cantidad de tierras agrícolas. Canales colmatados: 60 000 m (corresponde a sistemas de drenaje). Caminos de vigilancia afectados 80 000 m. Obras hidráulicas afectadas: 12 alcantarillas, 3 puentes rústicos y 2 acueductos.

Cuadro 8.3

Afectación producida por el fenómeno El Niño 1997-1998 en la Región Lambayeque. Áreas de cultivo afectadas y pérdidas

Provincias	Áreas afectadas		Áreas perdidas	
	ha	%	ha	%
Ferreñafe	4 002	54,73	4 305	62,97
Lambayeque	3 047	41,67	1 883	27,54
Chiclayo	263	3,60	649	9,49
Total dpto.	7 312	100,00	6 837	100,00

Cuadro 8.4
Afectación producida por el fenómeno El Niño 1997-1998 en la Región
Lambayeque. Sector vivienda

Provincias	Viviendas afectadas		Viviendas destruidas	
	ha	%	ha	%
Ferreñafe	1 946	48,19	4 042	51,87
Lambayeque	605	14,98	1 994	25,59
Chiclayo	1 487	36,83	1 756	22,54
Total dpto.	4 038	100,00	7 792	100,00



Foto 8.3 Colegio de Chiclayo inundado por excepcionales lluvias (SENAMHI, 2004).

Durante la ejecución de los trabajos de campo para este estudio, se pudo observar que las intensas lluvias producidas entre enero y marzo del 2008 produjeron serios daños a infraestructura de

riego, como la interrupción de bocatomas y tomas en Morrope (foto 8.4).



Foto 8.4 Compuerta del comité de regantes de Morrope obstruida y colmatada por lluvias intensas en abril del 2008.

Evaluando la susceptibilidad a los procesos que causan desastres (capítulo VI) y considerando la vulnerabilidad observada en el contexto del área urbana de la Región Lambayeque, se pudieron establecer las zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos que se describen a continuación.

ZONAS CRÍTICAS

Las zonas o áreas consideradas como críticas (Fidel *et al.*, 2006) presentan recurrencia periódica y en algunos casos excepcionales de peligro geológico y geohidrológico; alta susceptibilidad a procesos geológicos que puede causar desastres y alto grado de vulnerabilidad. Por lo tanto, deben ser consideradas dentro de los

planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

Para la identificación de zonas críticas de la Región Lambayeque se incorporó la información anterior presentada en otros estudios en la región (Núñez y Villacorta, 2005; INDECI, 2003). En dichos sectores se considera necesario ejecutar obras de prevención y/o mitigación, o en algunos casos, las medidas adoptadas anteriormente necesitan ampliarse o mejorarse.

En la Región Lambayeque, se han identificado 55 zonas críticas, las cuales se presentan en los cuadros 8.5 al 8.6 agrupadas por provincias. Se destaca el tipo de peligro en cada sector y las recomendaciones generales sugeridas para afrontar sus efectos.

Provincia de Chiclayo

Cuadro 8.5
Zonas críticas en la provincia de Chiclayo

N°	Distrito	Fenómeno	Paraje	Comentario	Daño	Medidas
1	Chongoyape	Inundación y erosión fluvial	Puntilla-Chongoyape	Hubo inundaciones y erosión fluvial en épocas de lluvia (principalmente durante el fenómeno El Niño), también se presentan con crecidas.	Afectó áreas agrícolas, y se perdió 20 ha de arrozales y de caña de azúcar.	Revegetación, limpieza de cauce y canalización de flujos con enrocado. No permitir el crecimiento urbano dentro del cauce de la quebrada.
2		Flujo de detritos	Quebrada Montería Tabazos	Huayco en quebrada de cerca de 20 km. de longitud, que desemboca en la margen izquierda del río Chancay. A lo largo de la quebrada se presentan otros flujos y derrumbes que la alimentan.	Afecto en 1998 unas 10 viviendas del caserío de Tablazos, terrenos de cultivo y trocha carrozable Pampa Grande – Huaca Blanca.	Revegetación, limpieza de cauce y canalización de quebradas. Reubicar el caserío de Tablazos.
3		Inundación, erosión Fluvial y Flujo de detritos	Wadington-Huayto	Inundaciones y erosión fluvial en épocas de lluvia (principalmente durante el fenómeno El Niño), también se presentan con crecidas.	Afectó terrenos de cultivo de arrozales y de caña de azúcar.	Enrocado de la terraza, revegetación, limpieza de cauce y canalización de flujos

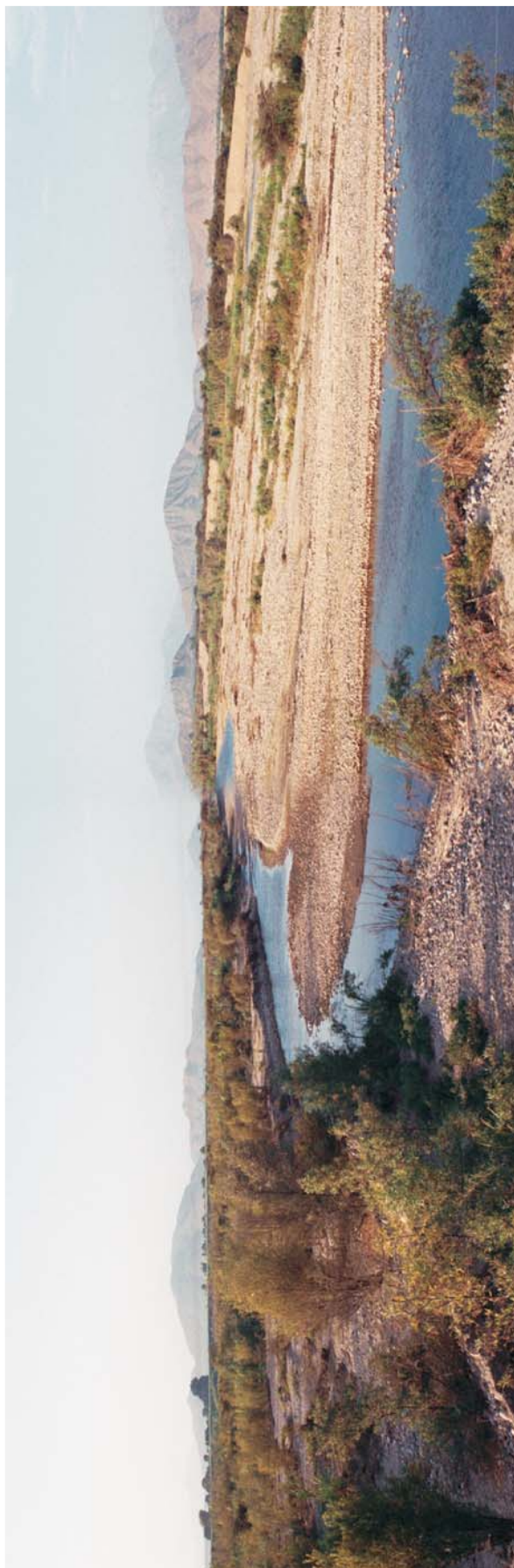


Foto 8.5 Zona crítica Nº 1. Inundación observada entre La Puntilla-Chongoyape (Reque) que afectó cultivos de caña de azúcar. (Núñez y Villacorta, 2005).

N°	Distrito	Fenómeno	Paraje	Comentario	Daño	Medidas
4	Chongoyape	Flujo de detritos	Quebrada Magin-Juana Ríos	Flujos de detritos (Huayco)	En los años 1983 y 1998 han afectado a viviendas de los caseríos de Mojonazo, Oberrazabal, Mirador y Cerrillos. Terrenos de cultivo.	Revegetación, limpieza de cauce y canalización de flujos
5		Flujo de detritos	Chiriquipe	La quebrada Chiriquipe se une con la quebrada Magín. Haciendo una longitud de hasta 24 Km. y un cono hasta de 4 km. A lo largo de su quebrada se ve material suelto como gravas, arenas y limos fáciles de ser removidos.	Se activan cuando se presenta el fenómeno de El Niño.	Revegetación, limpieza de cauce y canalización de flujos
6		Flujo de detritos, flujos de lodo	Pampa Grande	Quebrada amplia de amplio cauce con un cono hasta de casi 3 Km. Se activa con lluvias excepcionales (fenómeno El Niño)	En 1998 afectó viviendas, carretera Huaca Blanca – Pampa Grande.	Limpieza de cauce y canalización de flujos. Ampliar dique.
7		Inundación, erosión Fluvial y Flujo de detritos	Quebrada Campana	La quebrada presenta un cono de 300 m. de ancho y desemboca en el río Chancay. Las terrazas al borde del río, en tiempos de crecidas excepcionales (El Niño) son erosionadas.	Afectó la carretera afirmada Huaca Blanca - Cahuaquero. De continuar la erosión fluvial podría afectar a viviendas. De inundarse afectaría a los terrenos de cultivo.	Limpieza del cauce de la quebrada y del río para su canalización. Construir badén en la trocha. No eliminar la vegetación natural que se encuentra en sus riberas, y reforestar donde amerite. Reubicar viviendas ubicadas en terrazas aledañas.
8	Santa Rosa	Inundación, arenamiento, tsunami	Santa Rosa-Monsefú	Llanura de inundación del río Reque rodeada por arenamientos, se alimenta de varias quebradas. Área de inundación marina en caso de tsunami	Afecta a canales de desagüe.	Evitar construcción de viviendas, reforzar el canal de desagüe con enrocado
9	Oyotun	Inundación, flujo de detritos, Erosión Fluvial	Querpán, Sector seis, Macuaco	Se forma una isla en el cauce del río Zaña, flujos en las quebradas aledañas. Terraza de hasta 4m, con inundación hacia la margen izquierda	En 1998 afectó terrenos de cultivo y estancias.	Canalizar el río. Limpieza de cauce. Evitar la deforestación. Zona no apta para vivir. Reforestar las riberas. Construcción de badén.



Foto 8.6 Zona crítica N° 6. Vista del Sector de Pampa Grande afectada por huaycos (Distrito de Chongoyape, Provincia de Chiclayo) que produjo daños al caserío del mismo nombre. De Núñez y Villacorta (2005).

N°	Distrito	Fenómeno	Paraje	Comentario	Daño	Medidas
10	Oyotun	Inundación, flujo de detritos, erosión fluvial	Las Delicias-Santa Rita	Se presenta también erosión por la margen derecha.	Afectó puentes y carretera en 1998.	Construir badén y puente con mayor luz hacia la derecha. Reforestar, no crecer urbanísticamente al borde de la quebrada o en su cauce.
11		Inundación, flujo, erosión fluvial	La Compuerta	Terraza de 3m erosionada conformada por arenas y limos. Depósitos de arena y restos de troncos	Puente destruido.	Reforestar el cauce del río. Colocar gaviones,
12	Patapo	Flujo de detritos	Desaguadero	Quebradas de amplio cauce, con conos de hasta 4 Km. En su cauce hay material suelto como arenas, limos y algo de gravas, fáciles de remover. Esta quebrada solamente se activa con lluvias tipo fenómeno El Niño.	Afecto a los caseríos de Progreso, La Cruz y La Victoria, Terrenos de cultivo y canal Madre del reservorio de Tinajones.	Reforestar la zona, canalizar la quebrada en la parte alta. No permitir el crecimiento urbano sobre la influencia de la quebrada.



Foto 8.7 Zona crítica N.º 9. Inundación en el sector Querpán-Seis (río Saña).



Foto 8.8 Zona crítica N.º 10. Inundación, flujo de detritos, erosión fluvial en Las Delicias, Santa Rita.



Foto 8.9 Zona crítica N.º 11. Inundación y erosión en el sector La Compuerta.

Nº	Distrito	Fenómeno	Paraje	Comentario	Daño	Medidas
13	Nueva Arica	Inundación y erosión Fluvial	Portachuelo-El Collao	En tiempos de lluvias el río cambia de dirección inundando terrazas en ambas márgenes.	Afectó en 1998 terrenos de cultivo y 1 vivienda.	Reforzar badén con enrocado en el río. Colocar gaviones en ambas márgenes del río. Limpieza de cauce. Reforestar
14		Inundación, flujo, caída de rocas	Culpón	En el margen derecho se observan restos de árboles y gravas acarreados por el río con 100 m al lado derecho		Hacer estudios geotécnicos para la variación del cauce del río Zaña. Reforestar



Foto 8.10 Zona crítica N.º 12. Sector Papayo-Desaguadero, afectado estacionalmente por flujos de detritos.

N°	Distrito	Fenómeno	Paraje	Comentario	Daño	Medidas
15	Lagunas	Inundación fluvial	Rafán-San Luis-Lagunas	El río Zaña ha migrado hacia la derecha inundando y erosionando la terraza de depósitos eólicos antiguos. Se impide el pase cuando crece el río.	En 1983 el río Zaña inundó y destruyó viviendas, desapareciendo el pueblo de Lagunas	Reforestar y hacer muros en ambas márgenes del río. Preservar como patrimonio natural ya que es zona ecológica
16		Erosión marina-caída de rocas	La Punta-Canalocha	Erosión marina del acantilado produce caída de rocas.	Afecta vía de acceso a la playa.	Preservar la trocha sellando las cárcavas
17		Inundación fluvial	Pte. Reque	Zona inundable en el río Reque, con ancho de 200 m.	Pueden afectar cultivos	Se han formado terrazas de 2.5 m de material inconsolidado. Mejorar las terrazas, construir puente.
18		Arenamiento, erosión en surcos y flujo de detritos	Nuevo Mocupe-Pampa San Nicolás	La actividad eólica ha acumulado arena. Posteriormente se produjo erosión en surcos y en tiempos de lluvias flujos de detritos.	Carretera Panamericana, viviendas de AH Nuevo Mocupe	Mantener la vegetación. Proteger y sellar los surcos, construir alcantarillas en la carretera.
19	Tuman	Erosión fluvial	Saltur	Ocurre cada época de precipitaciones fuertes.	Erosionó el puente Saltur en 1998.	Mejorar el enrocado antes de temporada de lluvias.
20		Arenamiento	Cerro Negro-Cabeza de Mono	Arena invade carretera de acceso a torres de alta tensión.	Afecta torres de alta tensión y carretera. Esparce material del botadero de Chiclayo.	Reforestar la zona. Darle una limpieza constante a vías de acceso a torres de alta tensión.
21	Zaña	Inundación y erosión fluvial	Zaña	Erosión en el margen izquierdo e inundación afectó a terrenos de cultivo.		Enrocado de la terraza, limpiar el cauce del río.
22		Flujo de detritos y flujo de lodo	Pampa Cayalti	Quebrada de amplio cauce, con un cono hasta de 6 km. Se activa solamente cuando se presenta el fenómeno El Niño.	Cuando se presentó el fenómeno El Niño, esto afectó a las instalaciones de la cooperativa Cayalti y trocha carrozable de acceso.	Revegetación, limpieza de cauce y canalización de flujos
23		Flujo de detritos y flujo de lodo, erosión de laderas	San Nicolás, cerros La Cantarilla, León y Collique	Rocas fracturadas y meteorizadas. Posteriormente se produjeron cárcavas y flujos.	Trocha San Nicolás-Saltur. Podría afectar casas.	Mantener la vegetación y canalizar flujos



Foto 8.11 Zona crítica Nº 15. Erosión e inundación Rafán-San Luis-Las Vegas.



Foto 8.12 Zona crítica N° 16. Erosión marina y caída de rocas. Sector La Punta, Canaloche.



Foto 8.13 Zona crítica N° 18. Flujo de detritos cerro Guitarra-Nuevo Mocupe.



Foto 8.14 Zona crítica N° 20. Arenamiento entre el Cerro Negro y Cabeza de Mono (Núñez Villacorta, 2005).

N°	Distrito	Fenómeno	Paraje	Comentario	Daño	Medidas
24	Monsefú	Inundación fluvial	Sector San Francisco, tramo Monsefú-Eten	Zona inundada que afectó terrenos de cultivo. El cauce se ha explayado a la izquierda, acumulación de arenas en ambas márgenes.	Viviendas y cultivos.	No arrimar arenas para formar muros, hacer defensas y limpieza de cauce
25	Eten	Erosión marina, arenamiento	Playa Puerto Eten	Erosión de acantilado de 50 m, flujo de material fino en forma de abanico.	Erosión de acantilado de 50 m.	Evitar la ubicación de viviendas cerca al acantilado, reforestar y construir muro.
26	Pucallpa	Flujo de detritos y de lodo	Playa Seca	Quebrada amplia de gran cauce con un cono de hasta 2 km. Es alimentada por derrumbes, caídas de rocas y algunos deslizamientos. Se activa durante lluvias excepcionales como las del fenómeno El Niño.	En 1998 afectó viviendas y la trocha carrozable Saltur-Pampa Grande.	Reforestar la zona. No se debe permitir las construcciones de vivienda u obras de infraestructura en el cauce de la quebrada, es necesario canalizarla.
27	Pimentel	Arenamiento y tsunami	Puerto Pimentel	Áreas sujetas a arenamiento por la acción eólica. Se forman dunas con alturas de hasta 2 m de altura	Está afectando a canales de drenaje pluvial de Chiclayo.	Construir un canal cubierto y reforestar la zona.



Foto 8.15 Zona crítica N.º 21. Inundación y erosión fluvial en el río Saña. Sector Saña-Cayalti.



Foto 8.16 Zona crítica N.º 23. Flujo de detritos y de lodo, erosión de laderas. San Nicolás, cerros La Cantarilla, León y Collique.



Foto 8.17 Zona crítica N.º 24. Inundación fluvial. Sector San Francisco, tramo Monsefú-Eten.



Foto 8.18 Zona crítica Nº 25. Erosión marina, arenamiento. Playa Pto. Eten.



Foto 8.19 Zona crítica N° 27. Arenamiento y tsunami en Puerto Pimentel.

Provincia de Ferreñafe

Cuadro 8.6
Zonas críticas en la provincia de Ferreñafe

N°	Distrito	Fenómeno	Paraje	Comentario	Daño	Medidas
28	Plitipo	Flujo de detritos	Cachinche	Área susceptible a flujos de lodo. Depósitos eólicos antiguos se encuentran cubriendo a los cerros. Durante el Fenómeno El Niño, las lluvias surcaron las laderas y removieron el material formando así flujos que afectaron al caserío.	Esta población se instaló en este sector en 1994; cuando se presentó el fenómeno El Niño de 1998 fue afectada por flujos de lodo, que destruyeron viviendas y corrales de ganado. También afectó al canal Taymi.	Prohibir nuevos asentamientos en zonas críticas. Reubicar en el margen izquierdo del canal Taymi. Se debe reforestar la zona. Hacer un canal cubierto.
29		Flujo de detritos, erosión e inundación	Motupillo Viejo-Qda.Colán	Flujos en Qda. Cincate (Colán), inundación de río La Leche, desprendimientos del cerro Calabazo.	Caserío se encuentra asentado sobre los depósitos de flujos antiguos, se producen desprendimientos del cerro Calabazo.	Construir defensas ribereñas en río La Leche, mantener la vegetación, evitar el asentamiento de la población del cauce de la quebrada. Hay que sanear el talud y realizar estudios de estabilidad del talud antes de construir obras.
30		Flujos de detritos	Papayo-Motupillo-La Traposa	Vestigios de flujos antiguos	viviendas, terrenos de cultivo, caminos rurales, trocha.	Construir un puente sobre la carretera y la reforestación de la ladera, asimismo, se debe canalizar quebradas, y realizar construcciones de badenes.



Foto 8.20 Zona crítica N.º 29. Evidencias de flujo de detritos, erosión fluvial e inundación entre Motupillo viejo y la qda. Colán.



Foto 8.21 Zona crítica N.º 30. Flujo de detritos y lodo que afectó el Sector Papayo-Motupillo-La Traposa. Se reactivaría en caso de ocurrir el fenómeno El Niño.

Nº	Distrito	Fenómeno	Paraje	Comentario	Daño	Medidas
31	Incahuasi	Deslizamiento rotacional	San Juan-Tolopampa	Deslizamientos reactivados en ambos márgenes del río La Leche.	Afecta terrenos de cultivo de Tolopampa y San Juan	Se debe revestir canales de regadío y reforestar laderas.
32		Deslizamiento-derrumbe-flujo-caída de rocas y erosión de laderas	Tallapampa-Chonta-Callima	Deslizamiento rotacional antiguo que se reactiva como derrumbe-flujo. La escarpa está fracturada. La zona también es afectada por desprendimientos de rocas y erosión de laderas.	En 1998, el deslizamiento represó al río Tingo por tres días. Afectó terrenos de cultivo y trocha carrozable.	Se debe evitar la utilización como terreno de cultivo o para ubicar viviendas. Reforestar usando andenería para estabilizar la ladera.
33	Mesones Muro	Flujo de detritos e inundación	Mesones Muro	Flujos de detritos se presentan en la Quebrada Río Loco durante lluvias asociadas al Fenómeno El Niño.	En los años 1983 y 1998, produjo rompimiento del canal Taymi, de modo que ocasionó inundación a los terrenos de cultivo y al poblado de Picsi.	Ampliar alcantarillas, cubrir al canal Taymi y limpiar el cauce de la quebrada. Río Loco.
34		Flujo de detritos e inundación	Vichayal	Flujo excepcional en quebrada de 8 km de longitud, y cono de 2,5 km.	Flujo e inundación que afectaron viviendas del caserío de Vichayal, antigua carretera Patapo-Batán Grande y canal Taymi. La inundación se produjo por el rompimiento del canal Taymi.	Se debe reforestar la parte alta de la quebrada y no permitir construcciones de viviendas dentro del cauce de la quebrada. Es necesario cubrir el canal Taymi.



Foto 8.22 Zona crítica N° 32. Sector afectado por deslizamiento rotacional reactivado como derrumbe-flujo (Tallapampa-Incahuasi).

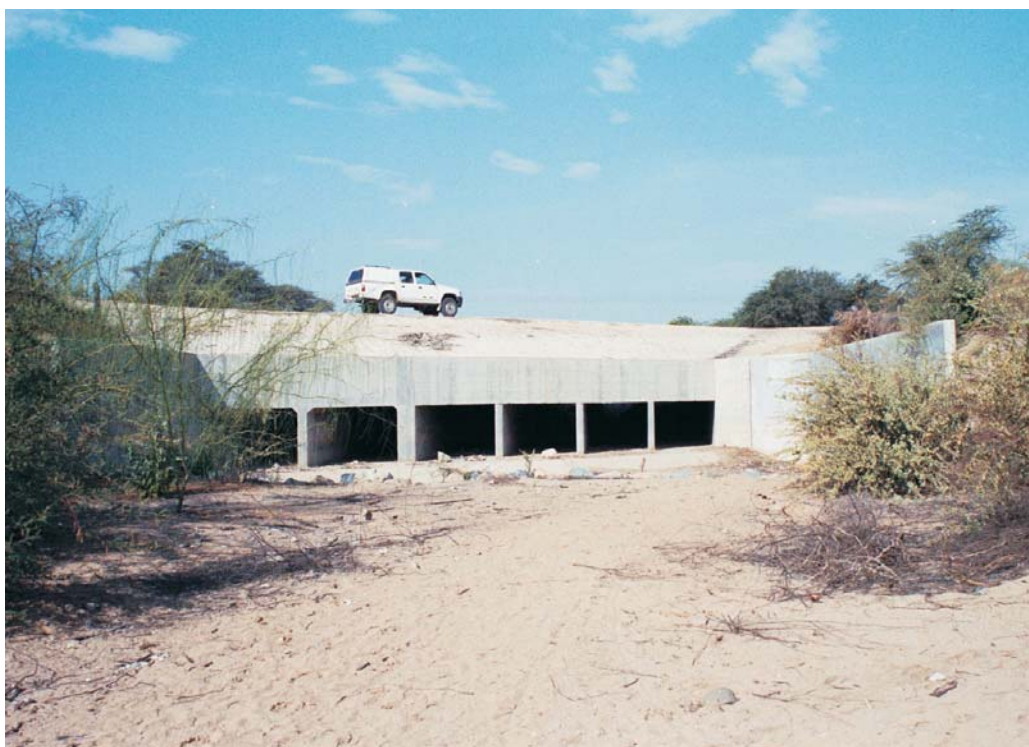


Foto 8.23 Zona crítica N° 33. Vista de alcantarillas sobre el río Loco en el Distrito de Mesones Muro, provincia de Ferreñafe. En caso de ocurrir nuevamente un evento de El Niño, podría colapsar, dado que necesita ampliación (Núñez y Villacorta, 2005).



Foto 8.24 Zona crítica N.º 34. Vista de la carretera Ferreñafe-Batán Grande afectada por huayco de la quebrada Vichayal, en el distrito de Mesones Muro, provincia de Ferreñafe (Núñez y Villacorta, 2005).

Provincia de Lambayeque

Cuadro 8.7
Zonas críticas en la provincia de Lambayeque

Nº	Distrito	Fenómeno	Paraje	Comentario	Daño	Medidas
35	Motupe	Flujo de detritos y de lodo	Tongorrape	El puente Puche se encontraba en ejecución para derivar los flujos de la quebrada, pero las lluvias afectaron las obras	Alto: 51 m de puente; 0,10 km de carretera.	Puente de 51 m de luz. Habilitar el puente y mantener la vegetación.
36		Inundación fluvial	Sector Marrepon-Las Anitas	El río Chiniamá se desbordó y afectó cultivos, viviendas y la compuerta el Arrozal.	Alto 1000 m de canal; 10 ha de cultivo, 1 vivienda destruida.	Enrocado del río y la reforestación en ambas márgenes.
37		Inundación y erosión fluvial	Mocupe	Se observa vestigios de desborde y erosión del río Chiniamá.	Terrenos de cultivo, caminos rurales, trocha.	Mantener la vegetación, reforzar el enrocado y limpiar el cauce.
38		Inundación, flujo de detritos	Briceno	Los flujos se presentan con lluvias excepcionales.	Bases de los puentes Anchovira y Chicoma, ubicados en la carretera Motupe-Jayanca.	Mantener la vegetación, el enrocado en las bases de los puentes y proteger la carretera.



Foto 8.25 Zona crítica N.º 37. Evidencias de erosión fluvial e inundación, aguas abajo del puente Mocupe (Motupe, Lambayeque).

N°	Distrito	Fenómeno	Paraje	Comentario	Daño	Medidas
39	Salas	Flujo de detritos	Salas-Qda. Riachuelo	Se observa abundante material en el cauce de la quebrada.	Durante el fenómeno El Niño puede afectar al pueblo.	Es necesario el enrocado de quebrada Riachuelo. Continuar el enrocado y mantener la vegetación.
40		Avalancha de rocas, flujos	El Sauce-Qda. La Shita	Se observa desprendimientos de rocas que alimentan los depósitos de flujo en la quebrada La Shita.	Trocha carrozable y viviendas ubicadas al pie del talud.	Reubicar las viviendas cercanas, mantener la vegetación, proteger la carretera con desquinche de talud para evitar impacto de rocas.
41		Flujo de rocas y de detritos	Nuevo Cardal-Salas	Los depósitos de flujos de rocas son acarreados por ambas quebradas y forman parte de la loma por donde pasa la carretera.	Camino rural y cultivos.	Controlar los depósitos de río, mantener la vegetación y construir badenes.
42		Inundación, erosión fluvial y flujo de detritos	Noria Nueva-Alita	Se observa erosión fluvial en el margen izquierda del río Salas.	Terrenos de cultivo y la trocha afirmada. El río Salas puede migrar al margen derecho, que es donde se encuentra el pueblo Noria Nueva.	Reforzar y proteger la terraza con enrocados. Limpiar el cauce y construir muros de contención.

N°	Distrito	Fenómeno	Paraje	Comentario	Daño	Medidas
43	Pacora	Inundación	Pte. La Leche-Machuca-La Cirila	Las constantes precipitaciones han generado desbordes del río La Leche, lo cual provocó la inundación al margen derecho y ocasionó pérdidas en terrenos de cultivo de ciruela.	La destrucción total fue de 0,10 km de carretera, cultivos dañados y 3 viviendas desaparecidas.	Es necesario un dique de rocas y continuar con el enrocado aguas arriba hasta la Cirila.
44	Jayanca	Inundación, flujo de detritos	Puente Vilela-Puente Salas	Inundaciones y erosión fluvial en épocas de lluvia (principalmente durante el fenómeno El Niño), también se presentan con crecidas.	En 1998, afectó a la carretera asfaltada Motupe-Jayanca.	Mejorar y ampliar los muros de protección y mantener la vegetación y la limpieza del cauce.
45	Jayanca	Inundación y erosión fluvial	Pampa de Lino	El río recibe material de sus afluentes Salas, Motupe y Arrozal.	Durante épocas de lluvias, el río afecta terrenos de cultivo, canales, y trocha carrozable.	Limpieza y control del cauce aguas arriba y el enrocado de las terrazas y el puente.



Foto 8.26 Zona crítica N.º 43. Vista de un área inundada por el desborde del río La Leche, entre Machuca y La Cirila (Pacora, Lambayeque).



Foto 8.27 Zona crítica N.º 45. Inundación y erosión fluvial entre Pampa de Lino y Jayanca (Jayanca, Lambayeque).

Nº	Distrito	Fenómeno	Paraje	Comentario	Daño	Medidas
46	OLMOS	Inundación fluvial	El Médano-Olmos	Existe una deficiencia de diques en el sector El Médano.	Destruyó de 7 a 8 km de camino rural, cultivos y 200 m de energía eléctrica.	Existe dique en base de puente. Continuar hasta el médano. Limpieza del cauce.
47		Inundación y erosión fluvial	Chernique-La Capilla-Ñaupe	En marzo de 1998, la erosión fluvial del río Ñaupe desbordó y erosionó la carretera Olmos-Piura, a la altura del km 140, lo cual ocasionó la erosión del terraplén.		Enrocado de la terraza y la limpieza del cauce del río.
48		Inundación fluvial	Querpón	Vestigios de inundación. El río se encuentra canalizado	Podría dañar terrenos de cultivo.	Construir muros de contención empedrados, con extensión de 100m, en ambos márgenes.
49		Inundación fluvial	Puente Insculas	Por el margen derecho aguas arriba del puente, a 300 m hay erosión fluvial.	Puente (300m)	Prolongar los espigones.
50		Flujo de lodo	Pasabar La Granja	Existen ahora restos de árboles que pueden generar represamiento.	Podría dañar al puente Astrid.	Canalizar el cauce con enrocado o muro.

N°	Distrito	Fenómeno	Paraje	Comentario	Daño	Medidas
51		Inundación y erosión fluvial	Cascajal-La Playa-Olmos	Hay vestigios de inundación y erosión fluvial en 350 m del margen derecha del río Olmos.	En 1998, afectó a la antigua carretera Olmos-Piura entre Cascajal y Olmos. El enrocado y terraza en la margen derecha del río Olmos impidió el desborde y pérdidas en el sector La Playa.	Ampliar el enrocado de la terraza, limpiar el cauce del río, mantener la vegetación y reforzarla con algarrobos. Asimismo, se debe limpiar el cauce.
52	OLMOS	Inundación, erosión fluvial y de laderas, derrumbe, flujo de detritos y de lodo	Sector Túpac Amaru-La Pilca	El río erosionó el terraplén de la carretera y éste amplió su cauce. Los huaycos afectan a la carretera en épocas de lluvias. El río migró a su margen izquierda. En su cauce se ven restos de árboles y se han formado islas. La quebrada Los Chaquiros está colmatada.	Se afectó el Badén de la carretera Olmos-Jaén. Un tramo de 200 m fue destruido. El río migró al margen izquierdo y quebradas aledañas están cargadas de material.	Continuar con el enrocado para encauzar el río. Reforestar y no permitir el crecimiento urbano.
53		Flujo de lodo	Pampa Palo Grueso	Se puede ver el flujo de lodo canalizado por las alcantarillas, además se observan grietas de desecación que cubren la arena limosa.		Mantener limpias las alcantarillas.



Foto 8.28 Zona crítica N.º 47. Erosión en cárcavas, sector Chernique-La Capilla Ñaupe (Carretera Olmos-Las Ánimas).



Foto 8.29 Zona crítica N.º 51. Inundación y erosión fluvial a la altura del Puente Olmos.



Fotos 8.30 y 8.31 Zona crítica N.º 52. Vista de la erosión fluvial entre Túpac Amaru y La Pílica. Ello afectó, en marzo del 2008, tramos de la carretera Olmos-Jaén.

N°	Distrito	Fenómeno	Paraje	Comentario	Daño	Medidas
54	Morrope	Inundación fluvial	Sector La Niña	Zona inundable antigua.		Ampliar canales de direccionamiento de flujos y evitar deforestación y ocupación de viviendas no aptas.
55		Flujo de detritos y de lodo	Puente Motupe II y III, El Angulo II, y Puente Inche	Flujos de arena gruesa y grava, además los flujos de lodo se activan en periodos de lluvias excepcionales.	Puentes, alcantarillas y carretera.	Reforzar bases de puentes, mejorar los muros de concreto y limpiar las alcantarillas.



Foto 8.32 Zona crítica N.º 55. Flujo de detritos y lodo. Puente Motupe II y III, El Angulo II; y Puente Inche.

MEDIDAS PROPUESTAS

En este acápite, se describen, de manera general, las medidas que pueden ayudar a prevenir o mitigar los peligros geológicos registrados en las zonas críticas de la Región Lambayeque. Las medidas propuestas se han dividido de acuerdo al tipo de peligro geológico.

Medidas para zonas con caídas

La aplicación de medidas correctivas en zonas con caídas se puede realizar sobre taludes que poseen pendientes más fuertes que las necesarias para su estabilización, para así tener un factor de seguridad predeterminado y estabilizar fenómenos de rotura. A continuación, se muestran algunos de los diferentes tipos de soluciones empleadas en la corrección y el tratamiento de zonas con caídas:

- Corrección por modificación de la geometría del talud. Consiste en estabilizar el ángulo del talud, ya sea por corte del talud o por escalonamiento de taludes en terrazetas (figura 8.1), etc.
- Corrección por drenaje. Las medidas de corrección por drenaje son de dos tipos: *drenaje superficial*, por medio de zanjas de drenaje, impermeabilizadas o no, y *drenaje profundo*, que tiene como finalidad deprimir el nivel freático del afloramiento. En ambos casos es necesaria la participación de un hidrogeólogo para el diseño de los drenes.

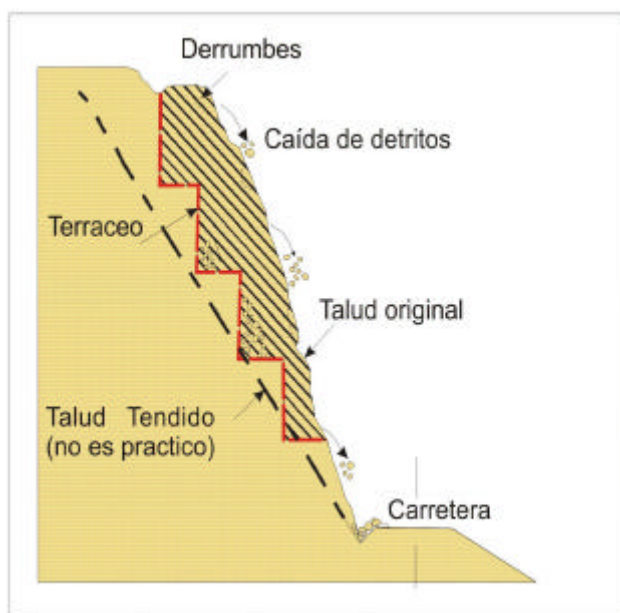


Figura 8.1 Escalonamiento de taludes en terrazetas para corregir uno inestable.

- Corrección por elementos resistentes como anclajes, muros (de gaviones, de concreto), bandas de refuerzo, etc.
- Correcciones superficiales, consistentes en técnicas ligeras que se usan cuando el problema no es tan crítico. En esta categoría se puede mencionar, por ejemplo, el uso de mallas metálicas, la capa de hormigón que cubre el talud inestable y el sembrado de vegetales dejando un margen de seguridad al pie del talud frente a caídas y vuelcos, con el fin de no destruir infraestructuras instaladas al pie.

Medidas para zonas con cárcavas

En zonas donde la erosión de laderas es aguda con presencia de cárcavas de gran amplitud, se debe aplicar prácticas de conservación y manejo agrícola tales como las siguientes:

- Regeneración de la cobertura vegetal, de preferencia nativa, a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ellas para asegurar su estabilidad.

- Empleo de zanjas de infiltración y desviación entre las principales
- Construcción de diques o trinchos transversales constituidos con materiales propios de la región, tales como troncos, ramas, etc. (figura 8.2).
- Zanjas de infiltración articuladas
- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal conformada por pastos, malezas y arbustos con fines de estabilizar el terreno y controlar la erosión; en la selección de árboles a utilizar se debe contemplar las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzarán versus la pendiente y profundidad de los suelos. Se recomienda además que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de las zanjas de infiltración construidas paralelas a las curvas de nivel.

Medidas para zonas de deslizamientos

Preventivas. En zonas susceptibles donde aún no se ha desencadenado el proceso, se recomienda lo siguiente:

- Realizar prácticas de conservación y regeneración de la cobertura vegetal (pastos, malezas y arbustos) para estabilizar el terreno (figura 8.3). En la selección de árboles a utilizar, se debe contemplar las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y las alturas que alcanzarán versus la pendiente y la profundidad de los suelos. Se recomienda, además, que las plantaciones forestales se ubiquen al lado de zanjas de infiltración construidas paralelas a las curvas de nivel.
- Evitar el sobre pastoreo y la quema de pastos, debido a que producen deterioro y destrucción de la cobertura vegetal.
- Instalación de canales perimetrales de drenaje y recojo de escorrentía.
- En terrenos de cultivo, se debe evitar el riego en exceso, utilizar reservorios y/o canales revestidos y procurar que la remoción de la tierra sea superficial para limitar la infiltración, la retención en la capa superficial de suelo en contacto con los cultivos y evitar la saturación del terreno.
- Antes de construir una obra de infraestructura en una ladera susceptible a deslizamiento, se debe hacer la caracterización geotécnica del talud y los análisis de riesgos para determinar los factores que pueden afectar su estabilidad. El diseño de la altura y la pendiente del talud se debe hacer en función a la geología e hidrogeología del terreno, dejando un margen de seguridad suficiente al pie de aquél. Tales estudios deben ser supervisados por profesionales, quienes determinarán las medidas de prevención y decontrol adecuados.

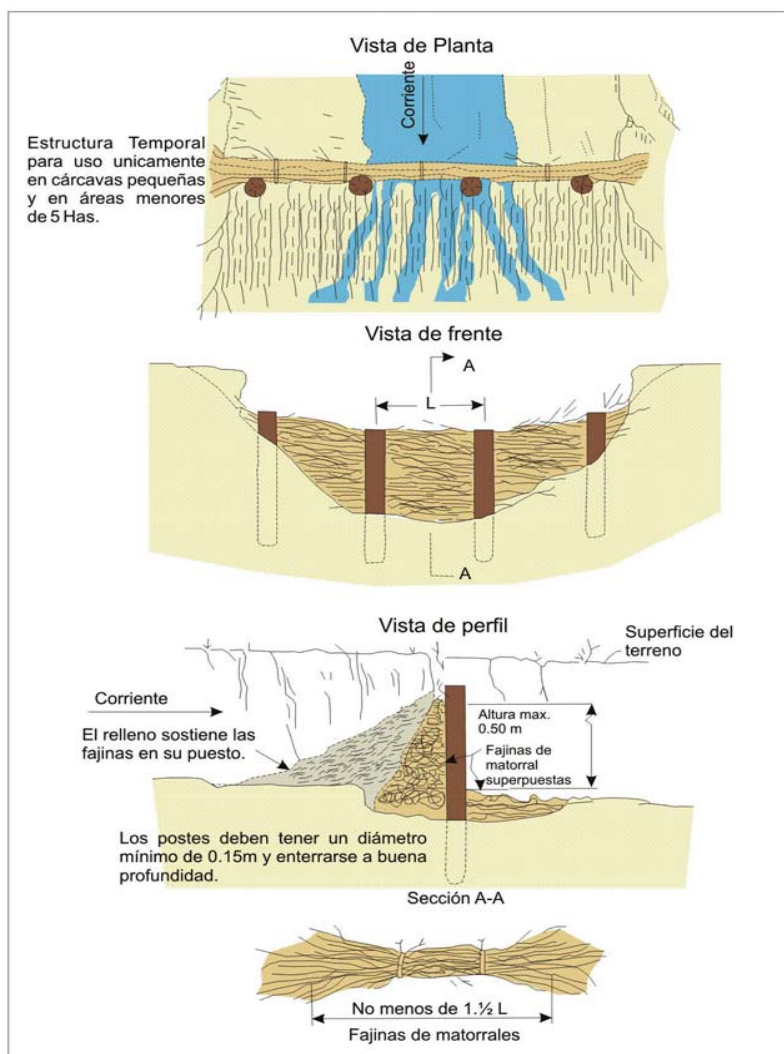


Figura 8.2 Trinchos transversales de troncos y fajinas de matorrales para proteger áreas de la erosión de laderas.

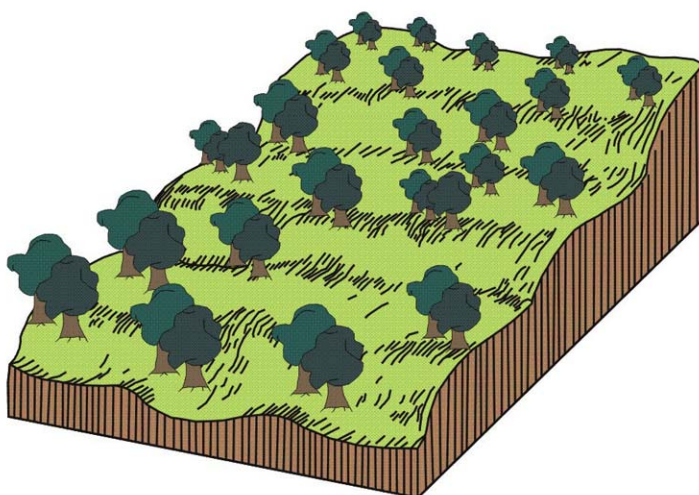


Figura 8.3 Revegetación de una ladera susceptible a deslizamiento formando terrazas.

Correctivas. En zonas susceptibles donde el proceso empezó y el riesgo de rotura del talud por un deslizamiento es alto, pueden aplicarse una serie de medidas correctivas, destinadas a impedir el movimiento del talud o su caída, tales como las siguientes:

- Realizar estudios geotécnicos de evaluación del estado del deslizamiento que incluya la modelización del comportamiento del terreno para determinar así las medidas correctivas adecuadas.
- Rectificación de la pendiente del talud, que permita lograr una pendiente menor a la existente, proporcionando mayor estabilidad al conjunto.
- Afianzar el pie de los taludes, mediante la instalación de gaviones o escolleras permeables que permitan incrementar su peso y favorecer su drenaje. Es muy importante que estos muros tengan un drenaje adecuado para evitar la acumulación de agua tras de sí, que incremente su carga hidráulica. En definitiva, se deben diseñar como «muros drenantes» (figura 8.4). Por otro lado, el material usado en la construcción de dichos muros debe ser estable frente al paso del tiempo, la intemperie y la reacción con la roca y pesados para ejercer carga al pie del talud.

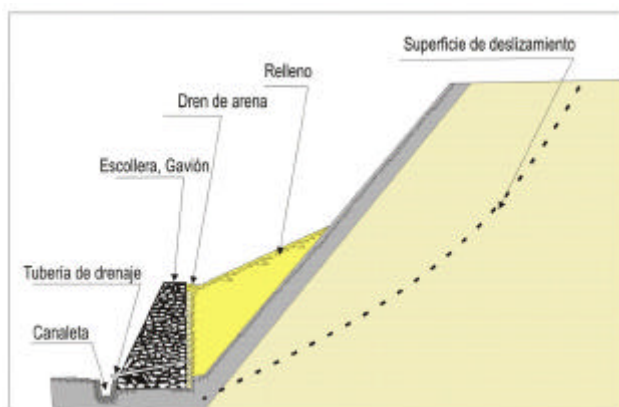


Figura 8.4 Muro permeable al pie del talud de una zona con deslizamiento.

- Instalar mallas, barreras, correas de contención, o el bulonado de bloques frente a caída de materiales.
- Señalizar el sector crítico en cabecera y diseño del ancho de berma, suficiente como para que la circulación de vehículos pesados no se desarrolle sobre el sector crítico de carga (dentro del círculo de rotura).

- Construir cunetas a cierta distancia del pie del talud, con bermas drenantes hacia ellas, con el fin de retirar el agua de cualquier grieta que pueda existir en la corona, así como en el pie del talud (doble pendiente).
- Cuando el riesgo de deslizamiento es extremo y casi seguro, se debe instalar instrumental que permita evaluar la evolución temporal del deslizamiento, y el movimiento del terreno, así como avisar de fuertes incrementos o superación de los márgenes de seguridad establecidos, para evacuar su base o tomar las medidas oportunas.

Medidas para huaycos

En los lechos fluviales y quebradas secas que corresponden a quebradas de régimen temporal, se producen huaycos periódicos o excepcionales que pueden alcanzar grandes extensiones y 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:

- Dirigir el cauce principal de los lechos aluviales secos y retirar los bloques rocosos en el lecho, seleccionando los que pueden ser utilizados para la construcción de enrocados, espigones o diques transversales artesanales, siempre que dichos materiales sean de buenas características geotécnicas. Hay que considerar siempre que estos lechos aluviales secos se pueden activar durante periodos de lluvia excepcional, por ejemplo, en el caso del fenómeno de El Niño.
- Propiciar la formación y el desarrollo de bosques ribereños con especies nativas para estabilizar los lechos.
- Construir con diseños que tengan en cuenta las máximas crecidas registradas y que permitan el libre discurrir de crecidas violentas provenientes de la cuenca media y alta, para evitar obstrucciones y represamientos violentos.
- Construir presas transversales de sedimentación escalonada para controlar las fuerzas de arrastre de las corrientes de cursos de quebradas que acarrean grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional. Su finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos (figura 8.5).

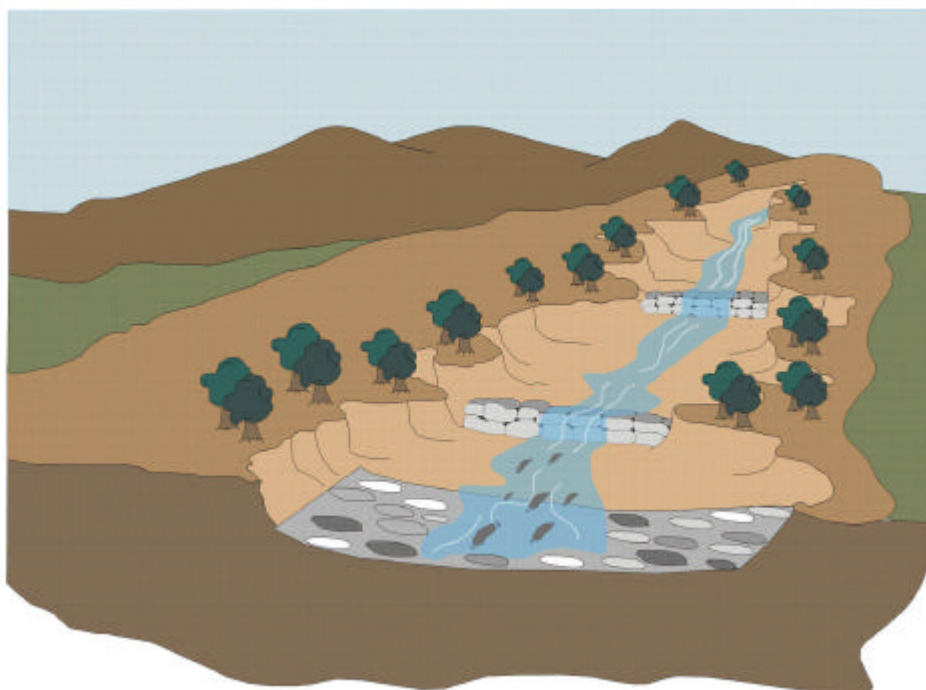


Figura 8.5 Presas de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huaycos.

Medidas para inundaciones y erosión fluvial

Para disminuir los daños por inundaciones en la zona de estudio, es necesario aplicar las siguientes medidas:

- Encauzamiento del lecho principal, de ríos y de quebradas afluentes, específicamente, en zonas donde se produzcan

socavamientos laterales de las terrazas aledañas. Para ello, se debe construir espigones laterales, un enrocado o gaviones (figura 8.6) para aumentar la capacidad de tránsito en el cauce de la carga sólida y líquida durante las crecidas; asimismo es recomendable limpiar el cauce.

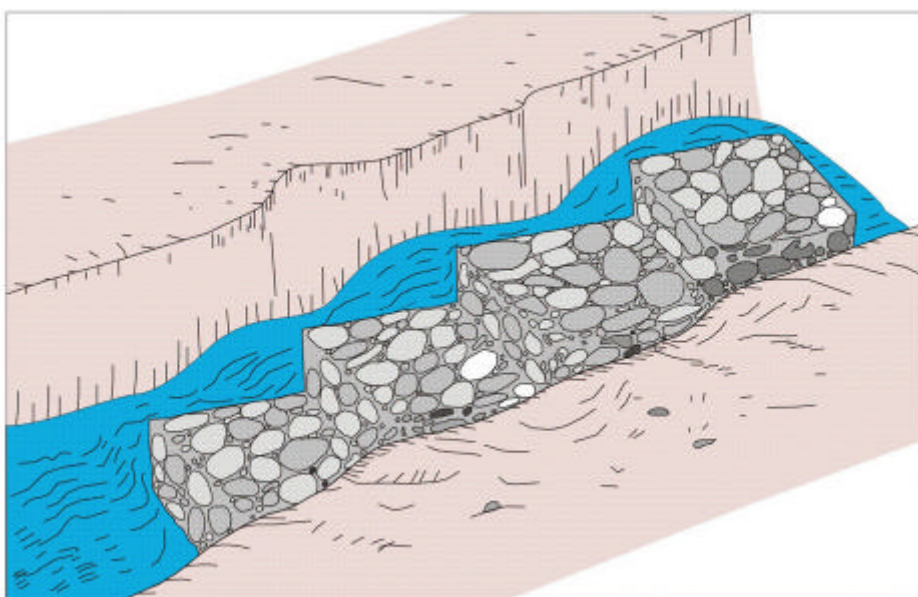


Figura 8.6 Gaviones para encauzar el lecho del río.

- Protección de las terrazas fluviales de los procesos de erosión fluvial por medio diques de defensa o espigones (figura 8.7), que ayudan a disminuir el proceso de arranque y desestabilización.

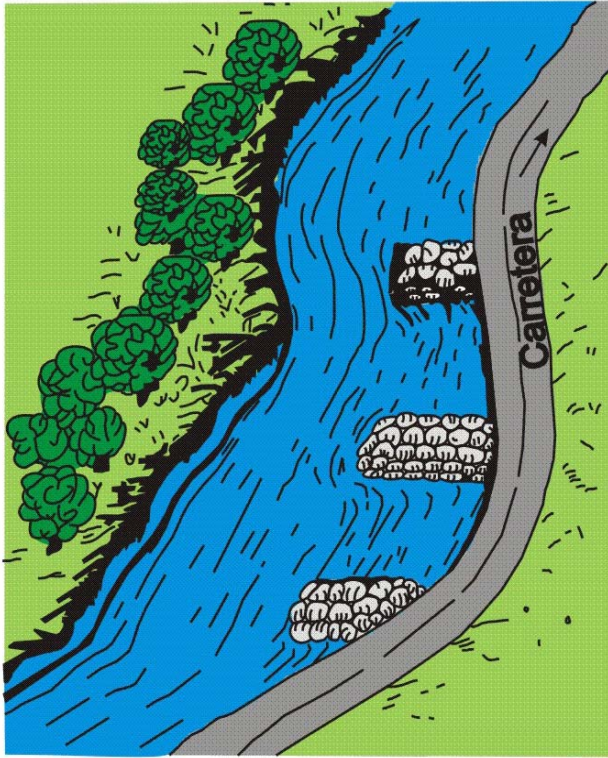


Figura 8.7 Espigones para proteger las terrazas fluviales.

- Realizar trabajos que propicien el crecimiento de bosques ribereños con especies nativas (molle, sauce, carrizos, caña brava); pero evitar la implantación de cultivos en el lecho fluvial para que no interrumpa el libre discurrir de los flujos hídricos.
- Intentar disminuir la velocidad y la energía de los cursos de agua mediante la construcción de barreras, cultivos de cobertura y zanjas de infiltración para proteger las riberas y las vías ubicadas cerca de ellas.

Medidas para zonas con arenamientos

Para detener el avance de los depósitos eólicos hacia terrenos agrícolas, obras de infraestructura y poblados, es necesario diseñar cortinas tipo rompevientos y barreras de fijación de dunas, donde debe reforestarse con plantaciones arbóreas (figura 8.8), las cuales, luego de un proceso gradual de reemplazo, irán dejando paso al bosque denso sobre los depósitos eólicos ya fijados.

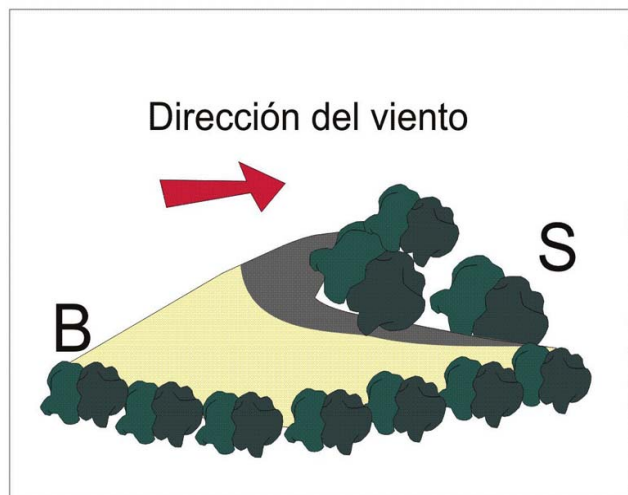


Figura 8.8 Fijación de dunas a través de plantaciones forestales.

CONCLUSIONES

- El régimen de descarga de los ríos en Lambayeque, es irregular y directamente proporcional a la precipitación por consiguiente el incremento de caudal en la cuenca alta y media de la red hidrográfica de Motupe, Salas y La Leche genera inundaciones y desbordes.
- Las zonas más susceptibles a inundaciones son las llanuras y pampas como las de Morrope, el Salitre, formando empantanamientos y anegamientos, como la conocida laguna La Niña, que actualmente se encuentra cubierta por depósitos antiguos eólicos y lacustres.
- El mayor porcentaje del inventario de procesos superficiales que causan peligros geológicos y geohidrológicos en la región, corresponde a flujos, caídas y erosión. En menor porcentaje ocurren movimientos complejos, deslizamientos e inundaciones y en una mínima proporción arenamiento. Sin embargo, los procesos que ocasionarían más daños son los sismos e inundaciones.
- La mayoría de los movimientos en masa de la región Lambayeque están asociados principalmente a la unidad IV-1 de tobas con niveles de lutitas y cuarcitas y en menor grado a la unidad II-1 de granodioritas y tonalitas. Estas unidades tienen en común que las rocas que las componen se encuentran alteradas y fracturadas, y poseen una potente cobertura de depósitos inconsolidados.
- Las partes altas de la cordillera, en los sectores de Tallapampa (Incahuasi) y Botijilla (Cañaris-Salas), son considerados como las áreas de mayor susceptibilidad por movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas), que se desprenden del substrato rocoso alterado, fracturado y de moderada a fuerte pendiente.
- Las playas en el desierto costero de Lambayeque, específicamente entre el sector de Pimentel-San José y Puerto Eten, presentan escenarios posibles para la ocurrencia de Tsunamis. Pimentel y Puerto Eten son las zonas de mayor riesgo ante dicho evento.
- Se ha identificado un total de 55 zonas críticas en la región Lambayeque, correspondientes a sectores de las cuencas medias y bajas de los ríos Saña, La Leche, Olmos y Motupe, por procesos de inundación y erosión fluvial. También se ha identificado flujos de detritos y lodos en quebradas antiguas que se activan constantemente en tiempos de precipitaciones fuertes, tal es el caso de la quebrada Magin-Chongoyape y las Delicias-Oyotún.
- Los suelos en el valle costero de Lambayeque (en los distritos de Morrope y Mochumi) se ven afectados por el uso de insecticidas y fertilizantes en la agricultura. Producto de ello son los suelos salitrosos y pantanosos que no son aptos para el sembrío ni para la cimentación de viviendas.

RECOMENDACIONES

- Programar trabajos periódicos de encauzamiento y limpieza de los cauces de quebradas y ríos donde se hayan producido huaicos e inundaciones, así como de las zonas susceptibles a estos procesos.
- Se recomienda que las autoridades locales trabajen en la implementación de un adecuado plan de reforestación para la cuenca media y alta de los ríos La Leche, Motupe, Saña y Reque en coordinación con las comunidades.
- Fomentar la conservación del patrimonio arqueológico y cultural existente en la región, para su adecuada promoción y aprovechamiento como recurso turístico. Una forma de lograrlo es asimilando los circuitos turísticos en los planes de desarrollo territorial a nivel local.
- Ejecutar estudios de microzonificación sísmica a escala de detalle, para complementar los estudios de mitigación. Dichos estudios serán utilizados para complementar las normas de construcción, determinar el comportamiento del suelo y, de esta forma, planificar el desarrollo urbano y rural sobre áreas seguras.
- Trabajar de manera coordinada con el Instituto Nacional de Defensa Civil y con las instituciones de ciencia y tecnología (INGEMMET, IGP, CONCYTEC, SENAMHI, etc.), en la formulación de planes de prevención bien estructurados y con participación de la población, para lograr una efectiva reducción del riesgo de desastres.
- Considerar las orientaciones indicadas por INDECI, el Ministerio de Vivienda y el Colegio de Ingenieros del Perú respecto a la habilitación urbana, antes de construir una vivienda.
- Fomentar políticas de prevención de desastres, orientadas a establecer el suministro oportuno de información técnico-científica que permita prevenir los efectos de los peligros geológicos y geo-hidrológicos. Asimismo, estas políticas deben facilitar el acceso público a dicha información.
- Concientizar a la población en el tema de prevención de desastres a través de talleres, charlas y la realización de simulacros de emergencia por lluvias y sismos.
- Realizar estudios geológicos dirigidos a la identificación de áreas a ser utilizadas en la construcción de rellenos sanitarios, pozas de tratamiento de aguas residuales, entre otras, en toda la región. Asimismo, estos rellenos deben ser controlados y monitoreados, para lo cual es necesaria la colaboración entre autoridades locales y la comunidad.
- Apoyar los trabajos interinstitucionales destinados a la prevención de desastres, así como su difusión entre la población, a fin de contribuir con la cultura de prevención en la región Lambayeque.
- Es necesaria la realización de estudios geológico-geotécnicos a escala de detalle en casos puntuales como una expansión urbana local.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBERT, L. (1997) - *Introducción a la toxicología ambiental*. México: Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, 471 p.
- ALVA, J.; MENESES, J. & GUZMÁN V. (1984) - *Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú* (en línea). Ponencia presentada en el V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna, 12-18 Noviembre de 1984. (consulta: 22 junio 2009). Disponible en: <http://www.cismid.uni.edu.pe/descargas/redacis/redacis17_a.pdf>
- AYALA, F. & COROMINAS, J., eds. (2003) - *Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 191 p. Serie Medio Ambiente, n. 4
- AYALA, F. & OLCINA, J. (2002) - *Riesgos naturales*. Barcelona: Ariel, 1512 p.
- BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ (2008) - *Encuentro económico, informe económico y social Región Lambayeque*, informe inédito. Lima: Banco Central de Reserva del Perú, 120 p.
- BERNAL, I. & TAVERA, H. (2002) - *Geodinámica, sismicidad y energía sísmica en Perú*. Lima: Instituto Geofísico del Perú, 63 p.
- BRAVO, V (2001) - *Efectos y medidas de mitigación de tsunamis en las costas de Chiclayo*. Tesis Pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Piura, 125 p.
- CALDAS, J; PALACIOS, O; PECHO, V. & VELA, CH. (1979) - Geología de los cuadrángulos de Bayovar, Sechura, La Redonda, Pta. La Negra, Lobos de Tierra, Las Salinas y Morrope. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 32, 78 p.
- CARRARA, A.; CARDINALI, M.; GUZZETTI, F. & REICHENBACH, P. (1995) - GIS technology in mapping landslide hazard. En: Carrara, A. & Guzzetti, F. eds. *Geographical information systems in assessing natural hazards*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p.135-175.
- CENTRO DE ESTUDIOS SOCIALES SOLIDARIDAD (2008) - Reporte de acontecimientos en Lambayeque. *Boletín Alternativa* (en línea), 9. (consulta: 16 diciembre 2008). Disponible en: <http://www.cess.org.pe/boletines/boletin_setiembre.html>
- COLAS, G. & PILOT, G. (1976) - Description et classification des glissements de terrain. *Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées*, N. spécial II, p. 21-30.
- CONGRESO DE LA REPÚBLICA (2009) - *Ley de recursos hídricos, Ley N° 29338*. Lima: Congreso de la República, 37 p.
- CORPORACIÓN ANDINA DE FOMENTO (2000) - *El fenómeno El Niño 1997 - 1998: Memoria, retos y soluciones: Volumen V Perú* (en línea). [s.l.] 293 p. Prevención y Mitigación de Desastres Naturales, 5. (consulta: 06 enero 2009). Disponible en: <<http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc15910/doc15910.htm>>
- CRUDEN, D.M. & VARNES, D.J. (1996) - Landslide types and processes. En: Turner, A.K. & Schuster, R.L., eds. *Landslides: investigation and mitigation*. Washington, D.C.: Transportation Research Board, National Research Council, 675 p. Special Report 247.
- DOSER, D.I. (1987) - The Ancash, Peru, earthquake of 1946 November 10: Evidence for low-angle normal faulting in the high Andes of northern Peru. *Royal Astronomical Society Geophysical Journal*, 91(1): 57-71.
- FRERS, C. (2009) - *Medidas para solucionar la contaminación industrial* (en línea). [s.l.]: Ecoportal.net. (consulta: 15 enero 2010). Disponible en: <www.ecoportal.net/content/view/full/87110>
- FIDEL, L.; ZAVALA, B.; NÚÑEZ, S. & VALENZUELA, G. (2006) - Estudio de riesgos geológicos del Perú Franja N° 4. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ing. Geológica*, 29, 383 p.
- GONZÁLEZ, C. (2008) - La quema de pastos (en línea). En: *Conservando nuestros recursos naturales: Quema de*

- pastos. Mayagüez: Universidad de Puerto Rico. (consulta: 11 marzo 2008). Disponible en: <<http://academic.uprm.edu/gonzalezcd/id17.htm>>
- INSTITUTO DEL MAR DEL PERU (2008) - *Estudio nacional del Fenómeno El Niño: Informe técnico* (en línea). Lima: Comité multisectorial encargado del estudio nacional del fenómeno «El Niño», 24 p. (consulta: 05 Enero 2009). Disponible en: <http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_enfen_inf_tec_enfen_feb08.pdf>.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA (2008) - *Censos nacionales 2007. Resultados definitivos: Departamento de Lambayeque*. Lima: INEI, Dirección Nacional de Censos y Encuestas, 152 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS NACIONALES (1999) - *Base de datos de los recursos renovables para el desarrollo socio-económico del país: Departamento de Lambayeque*, informe inédito. Lima: INRENA, Dirección General de Estudios y Proyectos de Recursos Naturales, 120 p.
- LAÍN, L. et al (2005) - *Mapas de peligrosidad geológica en el Término Municipal de Albuñol (Granada)*. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España, 162 p.
- LOCKRIDGE, P.A. (1985) - *Tsunamis in Perú-Chile*. Boulder, CO: World Data Center A for Solid Earth Geophysics, 97 p. Report SE-39.
- LÓPEZ, F. & AYALA, F. (1998) - *Contaminación y depuración de suelos*. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España, 330 p.
- MACHARÉ, J.; ROBLES, I.; RAMÍREZ, I. & CANO, O. (2004) - Shonita, una nueva falla activa en la Cordillera Occidental del norte del Perú. En: Congreso Peruano de Geología, 12, Lima, 2004, *Resúmenes extendidos*, Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 229-232.
- MCGUIRE, R.K. (1976) - Fortran computer program for seismic risk analysis. *U.S. Geological Survey, Open-File Report 76-67*, 90 p. También 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 de suelo para mitigar sus efectos: localidades estudiadas en el Perú entre 1981 y 1994* (en línea). Lima: INDECI y Marina de Guerra del Perú, 17 p. (consulta: 6 marzo 2009). Disponible en: <<http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/desastreN1/tsunami.pdf>>
- NÚÑEZ, S. & VILLACORTA, S. (2005) - *Reporte preliminar de zonas críticas en la cuenca Chancay-Lambayeque, departamentos de Lambayeque y Cajamarca*, informe inédito. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 22 p.
- NUÑEZ, S.; VILLACORTA, S.; CHIRA, J. & RIVERA, R. (2006) - Estudio geoambiental de la cuenca del río Chancay-Lambayeque. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ing. Geológica*, 33, 139 p.
- ORGANIZACIÓN DE ESTADOS AMERICANOS (1993) - *Manual sobre el manejo de peligros naturales en la planificación para el desarrollo regional integrado* (en línea). Washington, D.C: OEA. (consulta: 07 marzo 2009). Informe producido por el Proyecto de Peligros Naturales del Departamento de Desarrollo Regional y Medio-Ambiente con el apoyo de USAID. Disponible en: <<http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea65s/begin.htm>>
- PALANGE, R.C. & ZAVALA, A. (1989) - *Control de la contaminación del agua: Guías para la planificación y financiamiento de proyectos* (en línea). Washington, D.C: Banco Mundial, 238 p. (consulta: 3 marzo 2009). Documento Técnico 73S. Disponible en: <http://www.crid.or.cr/cd/CD_Inversion/pdf/spa/doc1227/doc1227.htm>
- PEÑA, F. (2006) - Hidrogeología. En: Nuñez, S.; Villacorta, S.; Chira, J. & Rivera, R. Estudio geoambiental de la cuenca del río Chancay-Lambayeque. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ing. Geológica*, 33, p. 21-24.
- PERÚ. MARINA DE GUERRA. DIRECCIÓN DE HIDROGRAFÍA Y NAVEGACIÓN (2001) - Carta de inundación en caso de tsunami Caleta San José – Lambayeque – Chiclayo, (en línea). Escala 1:4000, proyección UTM. Lima: Dirección de Hidrografía y Navegación. (consulta: 26 marzo 2009). Disponible en: <http://www.dhn.mil.pe/app/menu/tsunami/cartastsunamis/images/cartas_inundacion/Sanjose.pdf>
- PERÚ. MARINA DE GUERRA. DIRECCIÓN DE HIDROGRAFÍA Y NAVEGACIÓN (1998) - Carta de inundación en caso de tsunami Caleta Santa Rosa – Lambayeque – Chiclayo, (en línea). Escala 1:4000, proyección UTM. Lima: Dirección de Hidrografía y Navegación. (consulta: 26 marzo 2009). Disponible en: <http://www.dhn.mil.pe/app/menu/tsunami/cartastsunamis/images/cartas_inundacion/SantaRosa.pdf>

- PERÚ. MARINA DE GUERRA. DIRECCIÓN DE HIDROGRAFÍA Y NAVEGACIÓN (1998) - Carta de inundación en caso de tsunami Puerto Pimentel (en línea). Escala 1:5000, proyección UTM. Lima: Dirección de Hidrografía y Navegación. (consulta: 26 marzo 2009). Disponible en: <http://www.dhn.mil.pe/app/menu/tsunami/cartastsunamis/images/cartas_inundacion/Pto_pimentel.pdf>
- PERÚ. MARINA DE GUERRA. DIRECCIÓN DE HIDROGRAFÍA Y NAVEGACIÓN (1998) - Carta de inundación en caso de tsunami Puerto Eten (en línea). Escala 1:5000, proyección UTM. Lima: Dirección de Hidrografía y Navegación. (consulta: 26 marzo 2009). Disponible en: <http://www.dhn.mil.pe/app/menu/tsunami/cartastsunamis/images/cartas_inundacion/Eten.pdf>
- PERÚ. MINISTERIO DE AGRICULTURA & LAMBAYEQUE. GOBIERNO REGIONAL (2008) - *Plan estratégico regional del sector agrario de Lambayeque 2009-2015* (en línea). Chiclayo: Gobierno Regional de Lambayeque, 60 p. (consulta: 26 marzo 2009). Disponible en: <http://www.minag.gob.pe/download/pdf/conocenos/transparencia/planes_estrategicos_regionales/lambayeque.pdf>
- PERÚ. MINISTERIO DE COMERCIO EXTERIOR Y TURISMO (2008) - Región Lambayeque (en línea). En: *Información de las Regiones del Perú*. Información de base de las regiones a nivel nacional. Lima: MINCETUR, 15 p. (consulta: 5 diciembre 2008). Disponible en: <<http://www.mincetur.gob.pe/newweb/Default.aspx?tabid=1581>>
- RAMÍREZ, J. (1996) - *Implementación del sistema de información geográfica para la identificación de impactos ambientales en la cuenca Chancay-Lambayeque y zona de transvase (Chota)*. Lima: Pont. Univ. Católica, Centro de Investigación de Geografía Aplicada, Separata Espacio y Desarrollo, 8, p. 77-98.
- 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.
- SÉBRIER, M., et al. (1982) - *Observaciones acerca de la neotectónica del Perú*. Lima: Instituto Geofísico del Perú, 107 p.
- SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. DIRECCIÓN REGIONAL DE LAMBAYEQUE (2004) - *El evento El Niño Oscilación Sur 1997-1998: su impacto en el Departamento de Lambayeque*, informe inédito. Chiclayo: SENAMHI, Dirección Regional de Lambayeque, 8 p.
- 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.
- SOCIEDAD NACIONAL DE MINERÍA, PETRÓLEO Y ENERGÍA (2004) - Pasivos ambientales. *Informe Quincenal de la SNMPE* (en línea), 7, noviembre 2004. (consulta: 04 enero 2010). Disponible en: <http://www.snmpe.org.pe/pdfs/Informe_Quincenal/Multisectorial/EEES-IQ-07-2004-IA.pdf>
- UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO (2008) - Lambayeque Escenario de Inversión. *Revista Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo*, 1.
- VARNES, D.J. (1978) - Slope movement types and processes. En: Schuster, R.L. & Krizek, R.J., eds., *Landslides, analysis, and control*. Washington, DC: Transportation Research Board, National Research Council, Special Report 176, p. 11-33.
- VERSTAPPEN, H.T. & VAN ZUIDAM, R.A. (1992) - *El Sistema ITC para levantamientos geomorfológicos*. 2a. ed. Enschede (Holanda): International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, 89 p., Publicación ITC, 10.
- VILLACORTA, S. (2007) - *Análisis de la susceptibilidad a los movimientos de ladera en la cuenca del río Llamínchán (Cajamarca, Perú)*. Tesis Maestría Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Minerales, RED DESIR Lima, 106 p.
- WILSON, J.J. (1984) - Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepén. *INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional*, 38, 104 p.
- ZAPATA, O & FERNÁNDEZ C. (1992) - *Estudio de las obras de encauzamiento y defensas en el Río Chanchay-Lambayeque*. Tesis, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Civil, Lambayeque, 120 p.
- ZAVALA, B. (1995) - *Estudio geológico-geodinámico del distrito de Chongoyape: sector medio de la cuenca del Río Chanchay-Lambayeque*. Tesis Ing. Geólogo. Univ. Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 119 p.

ANEXO I
UBICACIÓN DE LOS PRINCIPALES PROCESOS
GEOHIDROLÓGICOS EN LA REGIÓN LAMBAYEQUE

Anexo 1.1
Ubicación de las principales caídas y derrumbes identificados
en la región Lambayeque

Código_mue	Nombre_esp	Norte	Este	Lugar
95731222	Caída de roca	9 292 975	634 075	Co. Reque
95721208	Caída de roca	9 226 200	655 950	Co. Lindero
95821191	Caída de roca	9 295 800	640 250	Co. Zurita
95821183	Caída de roca	9 296 200	641 070	Co. Zurita
95841148	Caída de roca	9 313 950	632 600	Co. Rajado
9572188	Caída de roca	9 276 550	664 550	Co. Chaparri
95711185	Caída de roca	9 285 050	651 250	Co. Blanco
95841088	Caída de roca	9 292 142	663 053	Co. Calabazo
95821090	Derrumbe	9 291 600	661 450	Co. Calabozo
95821091	Derrumbe	9 291 400	661 400	Mayascón
105831148	Caída de roca	9 295 050	669 350	El Algarrobito
105841109	Derrumbe	9 308 936	679 700	La Vega-Huacarune
105831133	Caída de roca	9 268 950	672 800	Laquipampa
105831135	Caída de roca	9 297 447	672 020	Cañon de SawindoKm. 55+300 C
105841108	Derrumbe	9 309 330	679 920	Qda. Ayamachay
105841101	Caída de roca	9 309 850	681 300	Paihua Cerca
105841100	Caída de roca	9 309 934	681 032	Higuerón
105841106	Derrumbe	9 310 590	684 698	Según Huajeco
105841105	Derrumbe	9 310 908	684 254	Curva del Diablo
105841104	Caída de roca	9 310 900	683 350	Sorro Machay
105841103	Derrumbe	9 310 020	682 630	Cementerio Tayapampa
105731380	Caída de roca	9 246 346	688 487	Co. La Gruta
95811079	Caída de roca	9 314 500	643 500	Co. La Vieja
95841046	Caída de roca	9 317 800	653 400	Co. Pumasirca
95841043	Caída de roca	9 318 250	652 350	Co. Pumasirca
95841025	Caída de roca	9 331 100	642 800	Co. El Teniente
95811023	Derrumbe	9 336 000	644 800	Co. Barranco Colorado
95841014	Caída de roca	9 336 500	629 200	Co. Pampurre
95931111	Caída de roca	9 337 732	633 224	Co. Pampurre
95931101	Caída de roca	9 336 600	616 250	Co. Huacrupe
95931095	Caída de roca	9 342 629	618 376	Co. Laucha
95931105	Caída de roca	9 344 500	623 300	Co. Cruz Puente
95931102	Caída de roca	9 355 377	614 424	Co. Huacrupe
95921064	Caída de roca	9 343 431	655 172	El Overal
95921067	Derrumbe	9 343 100	653 600	Km.14+000 de la carretera Olmos
95921072	Derrumbe	9 341 250	651 550	Laguna Seca
95941025	Colapso-derrumbe	9 387 531	623 876	Cerro Sunapa
95731020	Caída de roca	9 251 708	624 533	Vía Evitamiento
95731042	Caída de roca	9 242 450	634 100	Los Gentiles
95731044	Caída de roca	9 243 100	634 500	Los Gentiles
95741051	Caída de roca	9 245 400	640 650	Cerro Colorado
95741052	Caída de roca	9 245 650	640 500	Cerro Colorado
95721064	Caída de roca	9 266 600	642 550	Cerro Mirador
95721065	Caída de roca	9 264 860	644 600	Cerro Mirador
95721082	Caída de roca	9 270 829	644 530	Cerro Plácido

Código_mue	Nombre_esp	Norte	Este	Lugar
95721087	Caída de roca	9 271 750	647 250	Cerro Cóndor
95721089	Caída de roca	9 273 000	646 080	Cerro Gigante
95721100	Caída de roca	9 271 000	647 300	Cerro Cóndor
95721108	Caída de roca	9 257 050	645 000	Conchucos (cerro Patapo)
95741111	Caída de roca	9 252 750	639 200	Cerro Combo
95741117	Caída de roca	9 242 950	647 250	Cerro Guitarra
95741120	Caída de roca	9 243 300	644 450	Cerro Negro
95741124	Caída de roca	9 245 200	650 250	Saltur
95731142	Caída de roca	9 244 550	660 750	Collique Bajo
95741144	Caída de roca	9 245 870	664 260	Collique
95741148	Caída de roca	9 247 750	664 250	Collique (cerro Cabo)
95721161	Caída de roca	9 256 750	656 500	Pampa Burros
95721174	Caída de roca	9 255 000	665 150	Cerro La Puntilla
95721176	Caída de roca	9 254 540	665 161	Repartidor La Puntilla
95721178	Caída de roca	9 258 350	647 900	Cerro Las Canteras
105731005	Caída de roca	9 248 780	672 942	Cerro Huacatal (qda. El Alumbre)
105731010	Caída de roca	9 249 500	670 600	Cerro Pampa Grande
105711058	Caída de roca	9 262 680	681 125	Huaca Blanca - Sapotal
105711066	Derrumbe	9 263 580	670 430	Reservorio Tinajones (cerro M)
105711082	Caída de roca	9 257 930	667 090	Cerro La Cal
105711086	Caída de roca	9 260 750	670 900	Los Algarrobos
105711092	Derrumbe	9 267 100	674 190	Reservorio de Tinajones
105711097	Caída de roca	9 255 150	665 750	Cerro La Puntilla
105711131	Derrumbe	9 262 650	681 250	Quebrada Chiriquipe
105711133	Caída de roca	9 265 798	675 160	Cerro Tinajones
105711143		9 259 250	690 200	Entre Las Quebradas Las Juana
105711148	Derrumbe	9 257 220	685 970	Cerro Las Pizarras
105711152	Derrumbe	9 255 720	684 649	Cerro Palomitas
105711171	Derrumbe	9 271 650	673 350	Cerro Piedra Grande
105711338		9 262 700	670 270	Cerro Mal Paso
105711045	Caída de roca	9 266 500	681 000	Cerro Racarumi
105711093	Derrumbe	9 267 550	675 510	Reservorio de Tinajones
105711081	Caída de roca	9 257 690	667 750	Cerro La Cal
95731032	Caída de roca	9 232 950	625 850	Cerro Morro de Etén
95731035	Caída de roca	9 240 800	635 600	Cerro Reque
95721107	Caída de roca	9 259 000	647 900	El Triunfo (cerro La Cantera)
105711095	Caída de roca	9 256 700	667 950	Cerro Garraspiña
105711175	Caída de roca	9 277 355	667 590	Cerro Chaparri
105731014	Caída de roca	9 248 732	667 943	Cerro Pampa Grande
95721086	Caída de roca	9 272 400	642 950	Cerro Plácido
95741122	Caída de roca	9 245 600	650 800	Pueblo Nuevo (Saltur)
95741127	Caída de roca	9 246 388	651 059	Piedra Grande
105711042	Derrumbe	9 268 650	681 900	Paredones
105711156	Caída de roca	9 257 950	679 100	Quebrada Colorada
105711051	Caída de roca	9 255 700	671 200	Cerro Boca Tigre
95711018	Caída de roca	9 279 500	628 050	Cerro Purgatorio o La Raya
105711079	Caída de roca	9 262 400	669 310	Chaparril

Anexo 1.2
Ubicación de los principales deslizamientos inventariados en la región Lambayeque

Código_mue	Peligro	Nombre_esp	Norte	Este	Lugar
95821195	Deslizamiento	Deslizamiento	9293550	642800	La Viña
95821163	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9304750	657950	Co. Potrerillo
95821168	Deslizamiento	Deslizamiento	9301300	655000	Co. Saturdino
95821175	Deslizamiento	Deslizamiento	9301300	654250	Co. Saturdino-Chonto
95841156	Deslizamiento	Deslizamiento Traslacional	9323250	638200	Co. Pan de Azúcar
95821146	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9313500	633550	Co. Briceño
95711184	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9278850	652250	Co. Blanco
95821095	Deslizamiento	Deslizamiento	9290050	660000	Caserio Zapatal-Cerro La Traposa
95821093	Deslizamiento	Deslizamiento	9292300	661500	Caserio Mayascón
95821106	Deslizamiento	Deslizamiento Traslacional	9294450	653550	Co. Jaguay Negro
105831152	Deslizamiento	Deslizamiento trasnacional	9292900	668900	Qda. La U
105831150	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9295250	667400	Puerto Las Delicias
105831143	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9295250	670350	Caserio Montecardo
105831144	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9295900	670200	Caserio Montecardo
105831136	Deslizamiento	Deslizamiento trasnacional	9297050	672600	Co. El Higerón
105831129	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9300850	672150	Co. Medio Mundo-Molino
105841085	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9310950	683100	Ullurpampa
105841089	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9313600	683100	Cerro Cushto
105841086	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9312300	684100	Tolopampa
105841102	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9310064	682283	Pacaypuente
105841098	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9310802	680559	Chumbeabra
105841095	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9311634	681025	Trachijo-Ullurpampa
105841094	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9312100	681500	Co. Ullurpampa
105841075	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9314850	687600	Tungula
105841077	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9313250	686800	Totora-Co. Chaparri
105841080	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9311400	686350	San Juan
105841078	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9312076	687628	Huasicaja/Minas
105841076	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9312964	687848	Huasica/Sinchigual
105831082	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9308604	683072	Chonta-Callima
105731382	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9245200	689700	Co. Oyón
105721370	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9249450	692850	Pan de Azúcar
105721372	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9250890	691861	Pan de Azúcar
105721377	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9248000	697000	Qda. Naranjo-Sector 15
95931039	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9357300	616750	Co. Huacrupe
95931037	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9359400	620800	Co. La Calera
95931040	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9358500	616500	Co. Huacrupe
95941044	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9373500	634300	Co. El Carrizo
95941031	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9375150	629150	Co. Caja Lobos
95811063	Deslizamiento	Deslizamiento	9323900	649350	Co. Mocho
95811065	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9324350	650350	Co. Mocho
95811076	Deslizamiento	Deslizamiento	9316650	650550	Co. Pumasirca
95811074	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9315500	651802	Co. Pumasirca-Pampa Quinaquina
95811064	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9323100	650100	Co. Mocho
95841044	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9317950	654000	Co. Quinaquina

Código_mue	Peligro	Nombre_esp	Norte	Este	Lugar
95811051	Deslizamiento	Deslizamiento Traslacional	9320350	660850	Co. Santo Domingo
95811053	Deslizamiento	Deslizamiento Traslacional	9320250	662000	Co. Tallapampa
95841020	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9332600	633500	Co. Miraflores
95841030	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9333500	648550	Co. Pan de Azúcar
95841021	Deslizamiento	Deslizamiento trasnacional	9333750	636000	Co. Miraflores
95931099	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9351600	619275	Co. San Cristobal
95841011	Deslizamiento	Deslizamiento trasnacional	9325300	630600	Co. Sechua-Grande
95931104	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9347000	623700	Co. Cruz del Puente
95931100	Deslizamiento	Deslizamiento trasnacional	9351077	619195	Co. San Cristobal
95931096	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9343900	620300	Co. Cruz del Puente
95931093	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9349050	619300	Co. Laucha
95921082	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9349950	640000	Co. Infiernillo
95921065	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9342750	655150	Co. Bandera
95941048	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9371750	635750	Co. Pavas-Limón
95941046	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9370200	631200	Co. Tinajones
95931053	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9360543	636666	Co. El Toro
95931056	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9358000	637750	Co. Marchador
95931058	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9344250	629800	Co. Pampurre
95931057	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9357104	637678	Co. Marchador
95941030	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9376000	628450	Co. Caja Lobos
95941018	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9388950	619800	Co. Vacas
95941019	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9388700	623500	Co. Vacas
95941016	Deslizamiento	Deslizamiento trasnacional	9388650	618150	Co. El Pilco
95941015	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9383900	615200	Co. Ñaupe
95741130	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9244800	650900	Cerro Saltur
95741132	Deslizamiento	Deslizamiento trasnacional	9244800	651000	Cerro Saltur
105731001	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9249800	674750	Cerro Huancata
105711075	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9258450	672150	Algarrobal
105711087	Deslizamiento	Deslizamiento trasnacional	9262600	671250	Cerro Malpaso
95721155	Deslizamiento	Deslizamiento rotacional	9261550	656000	Cantera Patapo

Anexo 1.3
Ubicación de los principales flujos identificados en la región Lambayeque

Código_mue	Peligro	Nombre_esp	Norte	Este	Lugar
95721205	Flujo	Flujo de detrito	9 226 700	660 000	Cerro Colorado
95721209	Flujo	Flujo de detrito	9 227 100	655 050	Co. Linderos
95721216	Flujo	Flujo de detrito	9 228 800	648 250	C. Guitarra
95721218	Flujo	Flujo de detrito	9 228 700	647 400	Co. Guitarra
95731204	Flujo	Flujo de detrito	9 232 500	625 900	C. Morro de Etén
95731265	Flujo	Flujo de detrito	9 228 450	630 900	Qda. Lobos
95941017	Flujo	Flujo de detrito	9 388 950	619 800	Co. Jaguay de Sajino
95821123	Flujo	Flujo de detrito	9 308 122	644 008	Qda. Anchovira
95841041	Flujo	Flujo de detrito	9 319 250	652 950	Rio Chochope-Qda. Tinello
95821198	Flujo	Flujo de detrito	9 291 150	639 111	El Marco
95821201	Flujo	Flujo de detrito	9 289 126	640 729	Pan de Azúcar
95831208	Flujo	Flujo de detrito	9 305 056	638 567	Pte. Anchovira-Km. 49
95821207	Flujo	Flujo de detrito	9 307 964	640 343	Caserio Apurlec
95821205	Flujo	Flujo de detrito	9 308 844	640 895	Pte. Chicoma
95811204	Flujo	Flujo de detrito	9 311 936	642 866	Baden Co. Vieja-Km. 57+0,5
95821189	Flujo	Flujo de detrito	9 305 398	650 408	Jarchipe
95821164	Flujo	Depósito de huaicos	9 303 796	657 699	Qda. margen derecho del río Pescadera
95821166	Flujo	Avalancha de roca	9 303 900	659 850	Nuevo Cardal
95821165	Flujo	Avalancha de roca	9 303 504	658 040	Río la Pezcadura
95821174	Flujo	Flujo de detrito	9 303 304	653 222	Qda. Jaguay-El Papayo
95821173	Flujo	Flujo de detrito	9 303 630	653 402	
95821184	Flujo	Flujo de detrito	9 300 200	641 200	Río Zurita-confluencia de quebradas
95841153	Flujo	Flujo de detrito	9 320 830	638 572	Pueblo Nuevo
95841152	Flujo	Flujo de detrito	9 315 440	634 449	Qda. Co. Número 8
95821162	Flujo	Flujo de detrito	9 304 900	655 800	Salas-Pescadera
95821161	Flujo	Flujo de detrito	9 304 900	655 800	Salas-Pescadera
95821160	Flujo	Flujo de detrito	9 305 144	655 457	Iguanero
95821159	Flujo	Flujo de detrito	9 305 432	655 060	Qda. Iguanero
95841158	Flujo	Flujo de detrito	9 321 456	640 660	Pueblo Nuevo
95841149	Flujo	Flujo de detrito	9 315 050	632 800	Co. Rajado-Pampa Rajado
95821121	Flujo	Flujo de detrito	9 310 244	642 858	Co. Reque
95821126	Flujo	Avalancha de roca	9 309 378	660 816	El Sauce
95821127	Flujo	Depósito de huaicos	9 309 450	662 100	El Sauce-Salas
95821125	Flujo	Flujo de detrito	9 306 392	654 616	Salas-Qda. Riachuelo
95821137	Flujo	Flujo de detrito	9 306 750	635 700	Vega-Co. Briceño
95821134	Flujo	Flujo de detrito	9 306 250	656 900	Río La Montaña
95821130	Flujo	Flujo de detrito	9 308 566	658 059	El Algarrobo-Grande
95821114	Flujo	Flujo de detrito	9 316 706	644 660	Papayo-Motupe
95821118	Flujo	Flujo de detrito	9 312 320	647 061	Pampa Quinaquina
95821119	Flujo	Flujo de detrito	9 309 922	645 800	Cruz de Chalpón
95821115	Flujo	Flujo de detrito	9 313 104	644 028	Caserío Co. La Vieja
95821116	Flujo	Flujo de detrito	9 313 622	645 308	San Isidro-Quinaquina
95721191	Flujo	Flujo de detrito	9 274 750	664 500	Chaparrí/Qda. Sanjón
95711183	Flujo	Flujo de detrito	9 281 394	654 367	Co. Patapón

Código_mue	Peligro	Nombre_esp	Norte	Este	Lugar
105831163	Flujo	Flujo de detrito	9 290 050	663 100	Mochumi Viejo-Qda. Colán
105831161	Flujo	Flujo de detrito	9 291 750	665 950	Mochumi Viejo
105831160	Flujo	Flujo de detrito	9 290 950	666 450	Mochumi Viejo-Qda. Colán
95821084	Flujo	Flujo de detrito	9 291 550	665 100	Co. Calabazo
95821099	Flujo	Flujo de detrito	9 290 038	658 268	La Traposa
95821092	Flujo	Flujo de detrito	9 290 900	660 583	Qda. Calabozo/Mayascon
95821107	Flujo	Flujo de detrito	9 293 700	653 900	Co. Jaguay Negro
95821102	Flujo	Flujo de detrito	9 289 268	656 445	Papayo-Desaguadero
95841089	Flujo	Flujo de detrito	9 292 550	662 350	La Calzada
95821081	Flujo	Flujo de detrito	9 292 750	663 600	Qda. La Calera
105831142	Flujo	Flujo de detrito	9 295 650	670 650	Montecardo/Qda. S/N
105831146	Flujo	Flujo de detrito	9 295 294	668 630	Negrahua
105831153	Flujo	Flujo de detrito	9 293 750	668 550	Co. Carampoma-Qda. La U
105831158	Flujo	Flujo de detrito	9 293 140	666 869	La Libertad-Qda. Seca
105831157	Flujo	Flujo de detrito	9 294 100	667 800	Co. Negraguasi-Mo. Derecho Río
105831132	Flujo	Flujo de detrito	9 300 100	672 450	Laquipampa
105831139	Flujo	Flujo de detrito	9 295 500	670 880	La Floresta-Cruz Verde
105831131	Flujo	Avalancha de roca	9 299 450	672 150	Laquipampa
105731402	Flujo	Flujo de detrito	9 241 920	682 216	Compuertas
105731398	Flujo	Flujo de detrito	9 240 200	689 100	Sintupapa
105731379	Flujo	Flujo de detrito	9 246 258	689 842	Las Delicias/Qda. Las Delicias
105731384	Flujo	Flujo de detrito	9 242 700	688 700	Co. La Gruta
105731386	Flujo	Flujo de detrito	9 250 300	691 200	Santa Rosa
105731383	Flujo	Flujo de detrito	9 242 000	688 450	Sector Vista Alegre
105721374	Flujo	Flujo de detrito	9 243 438	685 247	Sorronto
105721358	Flujo	Flujo de detrito	9 246 732	647 378	Sector Seis
105721357	Flujo	Flujo de detrito	9 245 450	696 800	Virú
105721356	Flujo	Flujo de detrito	9 245 846	698 391	El Espinal-Qda. La Carcel
105721362	Flujo	Flujo de detrito	9 247 778	684 600	Macuaco
105721361	Flujo	Flujo de detrito	9 247 272	696 030	Qda. Naranjo
95841057	Flujo	Flujo de detrito	9 319 550	648 050	Caserio Chochope
95841055	Flujo	Flujo de detrito	9 318 570	658 894	Sector Botijilla
95811052	Flujo	Avalancha de roca	9 318 700	660 900	Botijilla-Chochope
95811050	Flujo	Avalancha de roca	9 319 200	659 400	Co. Tambo Real
95841045	Flujo	Flujo de detrito	9 318 250	655 850	Co. Tres Puntas
95841033	Flujo	Flujo de detrito	9 329 350	648 550	Río Yocape-Caserio Yocape
95841038	Flujo	Flujo de detrito	9 328 908	646 033	Río Olos-Sector Pueblo Nuevo
95841042	Flujo	Avalancha de roca	9 316 800	654 900	Co. Quinaquina
95841039	Flujo	Flujo de detrito	9 330 680	646 119	Sector Tongorrape
95841037	Flujo	Flujo de detrito	9 327 012	643 722	Qda. La Rinconada
95841035	Flujo	Flujo de detrito	9 239 959	648 090	Río Olos
95921084	Flujo	Flujo de detrito	9 347 900	643 300	Qda. Artesón
95841016	Flujo	Flujo de detrito	9 333 800	632 300	Co. Licurnique
95841028	Flujo	Depósito de huaicos	9 326 142	640 358	Cruz de Motupe
95841027	Flujo	Flujo de detrito	9 330 000	644 200	Co. El Teniente-Km. 74 Olmos-Chi
95841026	Flujo	Depósito de huaicos	9 331 000	641 150	Qda. Puche

Código_mue	Peligro	Nombre_esp	Norte	Este	Lugar
95841019	Flujo	Avalancha de detrito	9 336 100	634 450	Co. Pampurre
95841013	Flujo	Flujo de detrito	9 332 500	630 150	Qda. Pampurre
95841009	Flujo	Flujo de detrito	9 324 500	631 400	Co. Sechura-Feliz Grande
95841008	Flujo	Flujo de detrito	9 331 250	628 200	Las Norias-Licornique
95841007	Flujo	Avalancha de roca	9 333 100	623 300	Co. Licurnique
95921113	Flujo	Depósito de huaicos	9 343 110	653 097	Qda. Agua Blanca
95931109	Flujo	Flujo de detrito	9 344 879	629 070	Lausagte-Cerro Pumpurre
95931110	Flujo	Flujo de detrito	9 339 200	635 550	Co. Pampurre
95931107	Flujo	Flujo de detrito	9 345 550	624 850	Qda. Cruz del Puente
95931094	Flujo	Flujo de detrito	9 342 630	619 179	Co. Laucha
95921080	Flujo	Flujo de detrito	9 346 750	646 750	Qda. Artesón-Abra Cerro Tres
95921079	Flujo	Flujo de detrito	9 350 551	642 808	Qda. Tres Batanes
95921075	Flujo	Depósito de huaicos	9 341 972	647 720	Qda. Chaquiros
95931089	Flujo	Flujo de detrito	9 343 328	637 998	Cascajal
95921088	Flujo	Flujo de detrito	9 344 150	639 100	El Puquio
95921087	Flujo	Flujo de detrito	9 345 700	639 750	Trapiche
95921086	Flujo	Flujo de detrito	9 347 500	640 250	
95921085	Flujo	Flujo de detrito	9 348 512	641 889	Sector Mi Pueblito
95941045	Flujo	Flujo de detrito	9 368 350	631 150	La Virgen-Qda. Boca Chica
95941061	Flujo	Avalancha de roca	9 367 925	633 561	Co. La Virgen
95931052	Flujo	Depósito de huaicos	9 357 270	633 868	Pasabar-La Granja
95811006	Flujo	Avalancha de roca	9 326 600	640 000	Cruz de Chalpón
95941011	Flujo	Avalancha de roca	9 382 450	614 800	Las Animas
95731034	Flujo	Flujo de lodo	9 232 520	626 702	Cerro Morro
95731046	Flujo	Flujo de lodo	9 244 800	636 212	Siete Techos
95711056	Flujo	Flujo de lodo	9 276 274	635 500	Cachinche
95711058	Flujo	Flujo de lodo	9 273 940	636 524	Botija
95721063	Flujo	Flujo de lodo	9 267 890	639 950	Río Loco
95721071	Flujo	Huayco	9 276 480	643 241	Cerro Tambo Real
95721073	Flujo	Flujo de lodo	9 275 724	643 005	Quebrada Gigante
95721076	Flujo	Flujo de lodo	9 272 350	643 650	Cerro Plácido
95721083	Flujo	Flujo de lodo	9 272 900	645 500	Cerro El Gigante
95721106	Flujo	Flujo de lodo	9 260 504	646 937	El Triunfo
95741115	Flujo	Flujo de lodo	9 244 587	647 460	Quebrada La Punta
95741125	Flujo	Flujo de lodo	9 245 762	649 431	Saltur
95741128	Flujo	Flujo de lodo	9 243 564	650 874	Pampas de Cayalti
95741138	Flujo	Flujo de lodo	9 244 500	659 750	Cerro Collique
95741143	Flujo	Flujo de lodo	9 244 250	660 600	Collique Bajo
95711152	Flujo	Huaico	9 256 500	653 000	Jacovita
95721153	Flujo	Huaico	9 263 000	657 750	Las Canteras
95721154	Flujo	Huaico	9 262 600	654 750	Cerro Pico Gallinazo
95721156	Flujo	Huaico	9 261 120	655 010	Cerca de cantera Patapo
95722158	Flujo	Huaico	9 259 000	652 575	Quebrada Piedra Blanca
95721162	Flujo	Huaico	9 257 018	656 500	El Porvenir
95721165	Flujo	Huaico	9 255 752	659 594	Puente Tulipe
105731011	Flujo	Huaico	9 247 600	670 250	Quebrada Agua Salada

Código_mue	Peligro	Nombre_esp	Norte	Este	Lugar
105711022	Flujo	Huaico	9 271 712	678 468	Kergue
105711035	Flujo	Huaico	9 271 758	682 820	Magín
105711046	Flujo	Huaico	9 254 592	668 929	Cerro Boca Tigre
105711048	Flujo	Flujo de lodo	9 254 862	671 405	Quebrada Boca de Tigre
105731050	Flujo	Huaico	9 253 622	672 632	Quebrada Huallacal
105711052	Flujo	Flujo de lodo	9 256 960	671 650	Washington Alto
105711056	Flujo	Flujo de lodo	9 261 750	677 050	Cerro Tres Picos
105711059	Flujo	Huaico	9 262 874	680 268	Huaca Blanca - Sapotal
105711064	Flujo	Huaico	9 263 790	672 313	Represa Tinajones (campamento)
105711067	Flujo	Flujo de lodo	9 264 060	670 170	Reservorio Tinajones
105711070	Flujo	Huaico	9 261 416	671 209	Los Algarrobos
105711078	Flujo	Huaico	9 263 514	669 006	Chaparral
105711085	Flujo	Huaico	9 259 972	669 507	Cuculi Viejo
105711096	Flujo	Huaico	9 256 064	666 420	La Puntilla
105711130	Flujo	Huaico	9 264 980	683 997	Quebrada Campana
105711141	Flujo	Huaico	9 276 050	674 300	Quebrada Yaipón
105711147	Flujo	Huaico	9 258 300	686 200	Quebrada Loa Bravos
105711149	Flujo	Huaico	9 257 800	685 400	Quebrada Los Derrumbes
105711153	Flujo	Huaico	9 256 750	683 600	Quebrada Higuérón
105711155	Flujo	Huaico	9 257 800	679 700	Quebrada Honda
105711159	Flujo	Huaico	9 254 516	673 450	Quebrada Barrantes
105711160	Flujo	Huaico	9 256 750	675 800	Quebrada Alumbral
105711170	Flujo	Huaico	9 272 096	675 829	Quebrada Querque
105711173	Flujo	Huaico	9 265 962	670 112	Quebrada Pavas
105711140	Flujo	Huaico	9 270 700	676 460	Quebrada Yaipón (2.º Ramal)
105711158	Flujo	Huaico	9 257 150	677 850	Quebrada Colorada
95711057	Flujo	Flujo de lodo	9 275 790	637 500	Mauro
95721069	Flujo	Flujo de lodo	9 277 612	643 213	Planta de Asfalto
95741123	Flujo	Flujo de lodo	9 246 014	650 313	Saltur (sector Av. Aviación)
95721163	Flujo	Flujo de lodo	9 256 458	659 600	El Progreso
95721175	Flujo	Huaico	9 254 675	665 450	Cerro La Puntilla
105731020	Flujo	Flujo de lodo	9 252 434	667 970	Huaca Pampa Grande
105711034	Flujo	Huaico	9 270 668	680 747	Magín
105711069	Flujo	Huaico	9 261 834	672 407	Malpaso
105711139	Flujo	Huaico	9 268 290	674 074	Quebrada Yaipón
105711154	Flujo	Huaico	9 257 800	682 100	Quebrada Sombrerito
105711334	Flujo	Huaico	9 258 970	687 620	Quebrada Las Huacas
95731045	Flujo	Flujo de lodo	9 243 806	634 846	Siete Techos (Monte Grande)
95741147	Flujo	Huaico	9 250 292	661 649	Caballo Blanco (Pachere)
95721068	Flujo	Flujo de lodo	9 270 500	644 650	Cerro Cóndor
95721093	Flujo	Flujo de lodo	9 271 834	647 694	Cerro Cóndor
95711054	Flujo	Flujo de lodo	9 279 146	632 204	Cachinche
95711060	Flujo	Flujo de lodo	9 274 050	636 685	Botija
95721077	Flujo	Flujo de lodo	9 274 850	643 650	Cerro Gigante

Anexo 1.4

Ubicación de los movimientos complejos identificados en la región Lambayeque

Código_mue	Peligro	Nombre_esp	Norte	Este	Lugar
95721215	Mov. complejo	Caída de roca-flujo	9 233 750	652 025	Co. San Nicolás
95731203	Mov. complejo	Cárcava-flujo	9 232 300	625 600	Co. Morro de Etén
95821206	Mov. complejo	Cárcava-flujo	9 308 900	640 500	Pte. Chicota
95821194	Mov. complejo	Caída de roca-flujo	9 294 500	640 400	Co. Zurita-Sector La Viña
95821138	Mov. complejo	Cárcava-flujo	9 308 650	634 280	Co. Briceño
95821131	Mov. complejo	Deslizamiento-flujo	9 309 550	657 650	Co. Peche
95821143	Mov. complejo	Cárcava-derrumbes	9 312 400	633 450	Co. El Rajado-Humadales
95821133	Mov. complejo	Deslizamiento-flujo	9 307 027	655 950	Co. Morrupe
95821132	Mov. complejo	Derrumbe-flujo	9 305 650	657 750	Co. Potrero
105831154	Mov. complejo	Deslizamiento-flujo	9 292 350	669 650	Co. Carampoma-Qda.La U
105841087	Mov. complejo	Derrumbe-flujo	9 310 534	683 796	Tallapampa
105731378	Mov. complejo	Deslizamiento-flujo	9 245 950	690 850	Las Delicias
105721365	Mov. complejo	Deslizamiento-flujo	9 246 250	692 500	Sector el Frejolar
105721369	Mov. complejo	Deslizamiento-flujo	9 250 700	690 350	Pan de Azúcar
95811078	Mov. complejo	Cárcava-flujo	9 316 550	646 450	Co. Sonolipe
95811062	Mov. complejo	Cárcava-flujo	9 323 450	648 950	Co. Mocho
95841049	Mov. complejo	Cárcava-flujo	9 319 000	658 450	Qda. Unagatal
95841059	Mov. complejo	Cárcava-flujo	9 321 250	649 850	Co. Laja Blanca
95841058	Mov. complejo	Cárcava-flujo	9 322 500	649 850	Co. Laja Blanca
95841048	Mov. complejo	Deslizamiento-flujo	9 319 200	657 950	Co. Tambo Real
95841034	Mov. complejo	Deslizamiento-flujo	9 334 350	650 400	La Totorá-Rinconada
95931106	Mov. complejo	Deslizamiento-flujo	9 345 259	624 204	Co. Pampurre
95931103	Mov. complejo	Deslizamiento-flujo	9 345 550	622 500	Cruz del Puente
95931092	Mov. complejo	Deslizamiento-flujo	9 343 150	619 800	Co. Laucha
95931097	Mov. complejo	Cárcava-flujo	9 344 400	621 550	Co. Cruz Del Puente
95921081	Mov. complejo	Deslizamiento-flujo	9 348 334	638 867	Co. Infiernillo
95941024	Mov. complejo	Derrumbe-flujo	9 380 900	625 800	Capilla Central
95741129	Mov. complejo	Derrumbe-flujo	9 243 500	649 450	Pampas de Cayalti (cerro León)
105731018	Mov. complejo	Derrumbe-flujo	9 248 100	666 600	Cerro Cabrero
105711044	Mov. complejo	Derrumbe-flujo	9 266 250	680 500	Cerro Racarumi
95741133	Mov. complejo	Derrumbe- flujo	9 241 750	649 250	Cerro Saltur
95721066	Mov. complejo	Deslizamiento-flujo	9 265 600	644 450	Cerro Mirador
105711150	Mov. complejo	Derrumbe-flujo	9 256 976	685 480	Cerro Las Pizarras
95741131	Mov. complejo	Derrumbe-flujo	9 244 388	651 022	Cerro Saltur
105711061	Mov. complejo		9 265 960	680 550	Huaca Blanca-cerro Rancaram

ANEXO II
DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS MACROSÍSMICOS
OCURRIDOS EN LA REGIÓN DE LAMBAYEQUE

Anexo II

Descripción de los datos macrosísmicos ocurridos en la Región de Lambayeque

Fecha	Hora	Localidades	Intensidad (MM)	Observaciones
23/03/1606	20:00	Saña	VI	Se estremeció violentamente la tierra en Saña, Lambayeque.
02/09/1759	23:15	Trujillo	VII	Un gran temblor causó cinco víctimas en Trujillo y averió sus construcciones. La catedral sufrió en sus bóvedas, arquerías y torres. Sentido a o largo de la Costa entre el pueblo de San Pedro, Lambayeque hasta la Villa de Santa. En los pueblos de las sierras de Huamachuco fue intenso.
02/01/1902	09:08	Casma-Chimbote	IX	Sismo ocurrido entre Casma y Chimbote. Sentido moderadamente en Chiclayo y Paíta. Leve en Lima a las 10 horas se repitió en Casma con menor intensidad.
23/04/1905	23:15			Movimiento sísmico sentido a lo largo de la Costa literal entre Tumbes y Ancash
09/01/1906	05:00		VI	Temblor en el Norte del país. Fuerte en Piura, mediano en Trujillo.
20/06/1907	06:33		VI	Sismo en Chiclayo, Lambayeque y Eten. Grado IV en Olmos y menor intensidad en Trujillo y Huancabamba. En Lima y Callao fue breve, con prolongado ruido.
14/05/1928	17:12	Norte del Perú	X	Sismo, que trajo devastación y muerte en varias poblaciones interandinas en el Norte del Perú. Graves -daños en Huancabamba (Piura), Cutervo, Chota y Jaén (Cajamarca). Hacia el Oriente, en Moyobamba (860 m.s.n.m.) cayeron alrededor de 150 casas. La formación de grietas en el suelo, algunas hasta de dos casas. Se deduce que el movimiento fue destructor en un área cercana a los 100,000 km ² .
21/06/1937	10:13	Costa Norte	VII	Gran temblor sentido en la Costa desde el paralelo 5° hasta el 11° de Latitud Sur y hacia el interior unos 180 km. Área probable de percepción 315,000 Km ² . En la ciudad de Trujillo ocasionó caída de cornisas y rajaduras de paredes. En Lambayeque y en el puerto de Salaverry, derrumbes parciales de las torres de las iglesias. Intensidad VI de la Escala MM. Ligeros daños en las ciudades andinas de Cajamarca y Cutervo. Fuerte en Chimbote y Casma.
08/05/1951	15:03	Chiclayo	VI	Movimiento sísmico regional entre los paralelos 7° y 12° Lat. S. En la ciudad de Chiclayo tuvo el grado V de la escala MM.
23/06/1951	20:44	Costas Litoral norte	VI	Sismo originando en el océano frente a las costas del litoral Norte. En la ciudad de Trujillo y el puerto de Pacasmayo, se apreció una intensidad del Grado V de la Escala MM. Sentido en las poblaciones de Cajamarca y en las situadas en el Callejón de Huaylas.
20/11/1960	17:02	Piura	VI	Movimiento sísmico en el NW. En Piura ocasionó dos muertos, varios heridos y buen monto de daños a las construcciones, horas después, un pequeño tsunami golpeaba las costas del Departamento de Lambayeque. La primera ola como de 9 metros de altura, causó daños en los puertos de Eten y Pimentel y en las caletas de Santa Rosa y San José, así como la muerte de tres personas; la isla Lobos de Afuera situada a unas diez millas frente al puerto de Pimentel, fue barrida completamente. Siguió otras dos olas de menos magnitud.
15/11/1962	18:25	Costa Trujillo		Originado a la Costa frente a Trujillo. Daños leves en las construcciones pobres. Sentido en Chiclayo, Trujillo y Chimbote.
30/08/1963	10:30	NW del Perú	VI	Intenso temblor en el NW. Rotura de objetos decorativos y menaje en Piura. Grado V MM. Alarma en Chiclayo y Trujillo.
04/02/1969	23:11		VI	Las ciudades del Norte del país, especialmente Trujillo y Chiclayo, fueron sacudidas por un violento sismo. En Chiclayo causó gran alarma.

Fecha	Hora	Localidades	Intensidad (MM)	Observaciones
31/05/1970	15:30	Ancash	X	Uno de los terremotos más catastróficos sismos en la historia del Perú. El número de víctimas fue de 50 mil personas muertas, 20 mil desaparecidos y 150 mil quedaron heridos. En Chiclayo fue sentido con una intensidad de V MM.
09/12/1970	23:55		X	Un sismo de magnitud ⁽²⁾ 7.2 sacudió poblaciones en el NW del Perú. Murieron 48 personas. La máxima intensidad fue de VII grados en la Escala MM.
10/07/1971	20:33		VI	Un sismo fuerte en el NW del país produjo en Sullana la caída de dos viviendas y daños en otras viviendas. Hubo alarma en Piura y Tumbes. Con menor intensidad se sintió en Chiclayo y Trujillo.
09/06/1974	14:16	Chiclayo	VI	Fuerte sismo que afecto a las ciudades de Chiclayo y Piura causando daños materiales.
23/11/1986	01:38	Lambayeque		Sismo de magnitud ⁽²⁾ 5.2 Ms en la escala de Richter afecto a las regiones de Cajamarca y Lambayeque y Piura.
06/04/1991	14:48	Lambayeque		Sismo de magnitud ⁽²⁾ 5.0 Ms cuyo epicentro se encuentra al noreste de la cuenca, afecto poblados de de Cajamarca y Lambayeque.
05/11/1995	09:25	Lambayeque		Fuerte Sismo cuyo epicentro se ubica en las coordenadas 06°15'S y 79°00' W, con una magnitud de 4.9 Ms en la escala de Richter, afecto al departamento de Lambayeque.
27/03/2000	09:54	Lambayeque		Sismo cuyo epicentro se ubica en las coordenadas 06°17'S y 80°12' W, con una magnitud de 4.8 Ms en la escala de Richter, afecto al departamento de Lambayeque.
29/01/2002	20:01	Lambayeque		Sismo ocurrido en el litoral costero de la región de Lambayeque.
25/09/2005	08:55	Lamas-Moyobamba	VI	Fuerte Sismo que afecto la región oriental del Perú, en las localidades de Yurimaguas, Lamas y Pampa Hermosa. Se reportaron 2,500 damnificados y la muerte de 5 personas por derrumbes de sus viviendas. Intensidades de IV-V fueron evaluadas en Contamina, Juanjui, Iquitos, Chiclayo, Trujillo y Huanuco.

(1) intensidad: Medida de los efectos causados por el sismo en un lugar determinado de la superficie. La escala de medición corresponde a la modificada de Mercalli (mm): va del grado I (detectado solo con instrumentos hasta el grado XII (destrucción total).

(2) magnitud: Parámetro que mide la energía sísmica liberada por un terremoto. La magnitud de richter ó magnitud local; está indicada como el logaritmo (base 10) de la máxima amplitud (Amax) medida en cm. Observada en un sismógrafo.

ANEXO III
UBICACIÓN DE LOS PRINCIPALES PROCESOS
GEOHIDROLÓGICOS EN LA REGIÓN LAMBAYEQUE

Anexo III
Ubicación de los principales procesos geohidrológicos en la Región Lambayeque

Código_mue	Peligro	Nombre_esp	Norte	Este	Lugar
95721211	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9234300	658500	Co.Coruacho
95821167	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9304010	660250	Co.Pezcadera
95841150	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9316250	629700	Co.Jaguay Negro
95841151	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9313750	629850	Abra Jaguay Negro-Co.Rajado
95821145	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9313196	635369	Escuza Baraja
95821142	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9312550	634050	Co.Briceño-Co Huaca Rajada
95821147	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9314650	634050	Humedales
95711187	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9278550	661900	Co.Los Nidos
95821112	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9284700	653450	Caserío Patapón
95821109	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9287450	654350	Desaguadero-Motupillo
95821097	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9292200	660706	Caserío Palo Blanco
95821094	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9289660	660750	Zapotál
105831156	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9293640	667540	Qda.de la U
105841096	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9308800	681100	Rijoyacu
105731405	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9239550	684250	Nva. Arica
105731401	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9242950	683350	El Campana
105731399	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9238900	685250	Portachuelo-Cruce Ananchao
105721366	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9245700	693750	Frejolar
105721367	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9246100	691800	Penacal-Frejolar
105721371	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9251200	641800	Pan de Azúcar
95941033	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9377456	616366	Colinas Vega-Naupe
95941034	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9380300	621150	Qda.Callejones
95931038	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9358150	619750	Co.La Calera
95811072	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9319000	644900	Co.Sonolipe
95841047	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9319100	653950	Co.Mocho
95841018	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9332086	636020	Co.Miraflores
95841017	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9331000	635200	Co.Miraflores
95841015	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9331000	637700	Co.El Médano
95921078	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9350276	643344	Co.Tres Batanes
95921077	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9352999	641926	Co.Mano De León
95921074	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9340819	649420	Km7-Carretera Olmos Jaén
95921070	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9342636	651398	Km.10+700-La Pilca
95921066	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9344076	653894	Co.Banderas
95941047	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9368950	630450	Co.Tinajones
95931050	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9357050	621000	Co.Calera
95931051	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9355600	620750	Co.La Calera
95931059	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9349000	637450	Cascajal
95931055	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9359576	635285	Co.Toro-Yerbabuena
95931002	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9338213	637872	Sectro Señor De Los Milagros
95941013	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9381936	615029	Km 248+350- Carretera a Piura
95941012	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9382050	614700	Las Animas
95941043	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9366140	627085	Santa Lucia-Insculas Viejo

Código_mue	Peligro	Nombre_esp	Norte	Este	Lugar
95731023	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9243588	617388	Playa Pimentel
95731025	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9239028	619131	Playa Sta. Rosa
95731031	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9234132	625315	Etén Plaza – Puerto
95721092	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9273700	647750	Cerro Gigante
95721098	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9269100	649750	Cerro Chaname
95741110	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9252800	639500	El Combo
95741116	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9244000	647250	Quebrada León (Cementerio)
95741140	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9246400	656700	Cerro Cabo Blanco
95741146	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9247800	664200	Collique (Cerro Cabo)
95741157	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9261500	654000	La Rinconada
95721166	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9259800	662000	Cerro Che
95721167	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9254650	662900	Cerro Che
95721180	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9263950	641500	La Pared
105711024	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9271450	680350	Mojonazgo
105731049	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9251500	672900	Cerro Huallacal
105711054	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9260150	676760	Cerro Tres Picos
105711060	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9262804	679783	Huaca Blanca - Cerro Colorado
105711063	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9265260	674580	Cerro Tinajones
105711080	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9261450	669950	Cerro Malpaso
105711090	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9266002	675642	Piedra Parada
105711091	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9266530	675160	Cerro Piedra Parada
105711145	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9257100	687190	Cerro Los Gavilanes
105711335	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9259560	683130	Cerro Sombrerito
105711336	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9259560	679010	Cerro Colorado
105731353	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9250500	666500	Cerro Campana
105711337	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9260450	678100	Cerro Tres Picos
105711349	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9256200	681150	Cerezos
95721070	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9278220	641050	Cerro Tambo Real
95721177	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9261400	664250	Quebrada Mojón de gato
95721181	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9264520	640100	Frente A Mesones Muro
105711033	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9271700	680025	Cerro Mojón
105711065	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9263310	671050	Tinajones
105711127	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9263820	678730	Frente A Huaca Blanca
105711350	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9257450	672750	Algarrobal / Cerro Piedra Del
95721088	Otro Peligro	Erosión de Ladera	9272750	646250	Cerro Gigante
105841083	Otro Peligro	Erosión En Cárcavas	9312800	680850	El Rejo



Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

Av. Canadá 1470, San Borja, Lima 41, Perú

Teléfono: 051-1-618-9800

Fax: 051-1-225-3063 / 051-1-225-4540

[http: www.ingemmet.gob.pe](http://www.ingemmet.gob.pe)

e-mail: informaciongeocientifica@ingemmet.gob.pe