

**INFORME TECNICO
GEOLOGIA AMBIENTAL**



**ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS
EN LA CUENCA DEL RÍO CHILLÓN**

PRIMER REPORTE

**POR
SANDRA VILLACORTA
JENNY VASQUEZ
SEGUNDO NUÑEZ**

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

LIMA - PERÚ
ENERO 2010

PRIMER REPORTE DE ZONAS CRÍTICAS POR PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA CUENCA DEL RÍO CHILLÓN

Por: Villacorta, S.; Vasquez, J. y Nuñez, S.

Enero 2010

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES	3
3. OBJETIVOS	3
4. GENERALIDADES	3
5. PROCESOS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS REGISTRADOS EN LA CUENCA DEL RÍO CHILLÓN.....	5
6. ZONAS CRÍTICAS	12
7. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN	17
8. CONCLUSIONES.....	24
9. RECOMENDACIONES	24
10. AGRADECIMIENTOS.....	24
11. REFERENCIAS	25

ZONAS CRÍTICAS EN LA CUENCA DEL RÍO CHILLÓN

1. INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Chillón es una de las tres principales vertientes que se encuentran en la ciudad de Lima. Sus crecientes se presentan durante los meses de verano (enero a marzo), temporada de lluvias en la sierra, época en la cual suceden la mayor cantidad de desastres.

Este reporte se ha realizado como parte del proyecto GA-11 "Geología, Geomorfología y peligros Geológicos en el área de Lima", de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo geológico del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), continuando con los trabajos sobre identificación de áreas afectadas por Peligros Geológicos a nivel nacional.

Los trabajos efectuados durante la ejecución del proyecto GA11, han permitido identificar, georeferenciar y determinar el grado de peligrosidad de las ocurrencias recientes y antiguas, de procesos geológicos que causan desastres, elaborar mapas de susceptibilidad, amenaza y zonificación de áreas críticas.

Este reporte constituye un avance preliminar del estudio "Peligros Geológicos en la cuenca del río Chillón" a ser publicado a fines del 2010. Este reporte se presenta las principales zonas a ser afectadas durante la temporada de lluvias en la cuenca del río Chillón. En dichos sectores se deberán tomar medidas para atenuar los efectos de los procesos geológicos que causan desastres.

2. ANTECEDENTES

Algunos estudios anteriores han estudiado la problemática de la cuenca del río Chillón, sin embargo en la temática de prevención de desastres destacan tres estudios del INGEMMET. En el estudio geodinámico de la cuenca del río Chillón (1979), se hizo una caracterización geomorfológica e hidrológica de la cuenca del río Chillón, señalándose la seguridad física de asentamientos y pueblos involucrados. En el estudio "Riesgos geológicos en el Perú - Franja N° 4" (2006) se refirió seis sectores críticos en la cuenca del río Chillón. Asimismo, en el "primer reporte de Zonas críticas por peligros geológicos en el área de Lima Metropolitana" (Núñez y Vásquez, 2009) se señalan 29 sectores incluidos en la cuenca del río Chillón, donde deben tomarse medidas preventivas porque en el caso de ocurrir lluvias excepcionales o sismos de gran magnitud, las pérdidas serían cuantiosas.

3. OBJETIVOS

Los objetivos del presente reporte son los siguientes:

- Presentar las zonas críticas por peligros geológicos y geohidrológicos en la cuenca del río Chillón.
- Proponer medidas para la atenuación de los procesos geológicos que causan desastres, en las zonas críticas identificadas.

4. GENERALIDADES

4.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La cuenca del río Chillón se halla comprendida entre las coordenadas geográficas 76°20' y 77°10' L.W, 11°20' y 12°00' L.S.

Políticamente se halla ubicada en el departamento de Lima, ocupando las provincias de Lima y Canta. Limita por el norte con la cuenca del río Chancay-Huaral, por el sur con la cuenca del río Rímac, por el este con la cuenca del río Mantaro y por el oeste con el Océano Pacífico.

4.2 MATERIALES Y MÉTODOS

La metodología seguida, ha constado de tres etapas: Una etapa de gabinete en la que se recopiló información, se interpretó fotografías aéreas e imágenes de satélite, se elaboró mapas preliminares y bases de datos. En esta etapa se seleccionaron las zonas a visitar en la cuenca.

Luego, en la etapa de campo (realizada en tres campañas de 90 días en total, entre los años 2008 y 2009), se realizó el inventario y cartografiado de procesos geológicos que causan desastres naturales, así como trabajos de comunicación con comunidades. Por medio del trabajo de campo se efectuó un reconocimiento de la cuenca y se recolectaron datos geológicos, geomorfológicos y geotécnicos que permitieron definir la geodinámica de la cuenca.

Finalmente, una vez concluida la etapa de campo, en gabinete se procesó la información obtenida (Fidel y otros 2006) y se elaboró el informe y el mapa de zonas críticas de la Cuenca del Río Chillón. La clasificación utilizada para el caso de los movimientos en masa es la de Varnes (1978).

4.3 CARACTERÍSTICAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del río Chillón tiene una extensión aproximada de 2444 km², de la cual el 42% responde a la denominada "cuenca húmeda", llamada así por encontrarse por encima de la cota de los 2500 msnm, límite inferior fijado al área que se estima contribuye efectivamente al escurrimiento superficial (Amiel, R.; 1964).

Hidrográficamente el río Chillón nace de tres lagunas en la Cordillera de la Viuda. Recorre el departamento de Lima de Este a Oeste por aproximadamente 126 km, antes de desembocar en el Océano Pacífico, en la Provincia Constitucional del Callao. Los afluentes del río Chillón provenientes de las nacientes convergen frente a la ciudad de Canta. El promedio anual de la temperatura, en las estaciones que están cercanas al mar, es de 20 °C y en las estaciones que se hallan en el interior es de 13.6 °C (Canta, 2832 msnm).

El relieve general de la cuenca es el que caracteriza prácticamente a la mayoría de las cuencas de la vertiente pacífica, es decir, el de una hoya hidrográfica alargada de fondo profundo y quebrado de pendiente fuerte, con una fisiografía escarpada en partes abruptas, cortadas por quebradas de fuerte pendiente y estrechas gargantas.

El río Chillón, en su curso superior, hasta la localidad de Canta, tiene una pendiente de 6%, en su curso medio, de la localidad de Canta a la de Santa Rosa de Quives, tiene una pendiente de 5% y en su curso inferior, a partir de Santa Rosa de Quives en donde el valle empieza a abrirse, y la pendiente disminuye a 2%. En este último tramo el río Chillón forma un cono de deyección, sobre el cual se encuentra la zona agrícola más importante de la cuenca.

La cuenca del río Chillón, geológicamente, muestra diversidad de formaciones sedimentarias (lutitas, calizas, areniscas, etc.), metamórficas, volcánicas (mayormente andesitas) e intrusivas (granodioritas) de diferentes edades, así como evidencias de actividad tectónica (fallas, pliegues), que favorecen una buena mineralización, así como la generación de movimientos del terreno (De la Cruz, O; 1998).

El uso total del agua alcanza 205,56 millones de m³ por año, comprendiendo los usos: agrícola, doméstico, industrial, pecuario y en menor grado el minero (desarrollado solo como minería artesanal).

5. PROCESOS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS REGISTRADOS EN LA CUENCA DEL RÍO CHILLÓN

En la cuenca del río Chillón, Se han registrado 95 flujos (86 flujos de detritos y 9 flujos de lodo), 158 caídas de rocas, 27 derrumbes, 30 inundaciones fluviales, 30 procesos de erosión fluvial, 39 procesos de erosión de ladera y 50 deslizamientos. En menor cantidad se registraron 2 hundimientos, 2 procesos de reptación y un vuelco. En total se tiene registrados 444 fenómenos. De dicho inventario se obtuvo la estadística resumida en la figura 1 de la cual se establece que en la cuenca del río Chillón existe una mayor frecuencia de caídas de rocas y deslizamientos. A continuación se presenta una descripción de los diferentes tipos de procesos registrados en la cuenca del río Chillón.

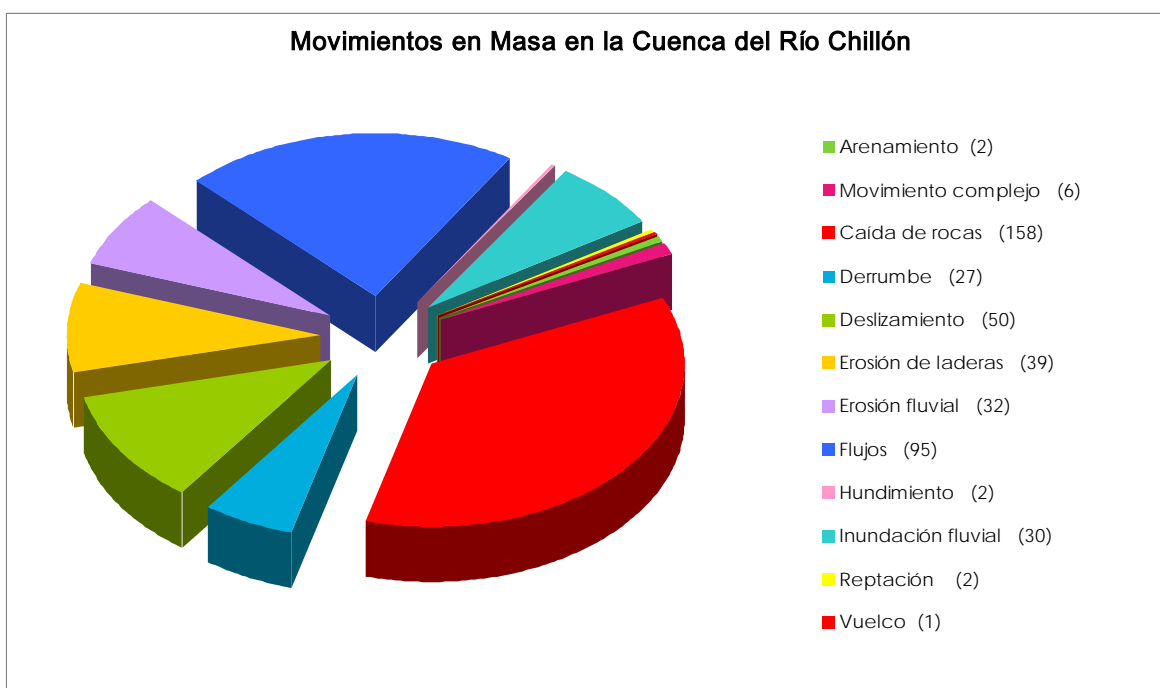


Figura 1. Número de movimientos en masa ocurridos en la Cuenca del Río Chillón

5.1 CAÍDAS

Es el desprendimiento de una masa rocosa de un talud a través de saltos, rodando, etc. Se producen en rocas intrusivas, volcánicas y/o sedimentarias, ampliamente diaclasadas y alteradas que dejan numerosos bloques libres en estado de equilibrio crítico, las que se activan por la fuerza de gravedad, lluvias torrenciales o movimientos sísmicos.

Estos fenómenos se presentan en toda la cuenca y principalmente están asociados a los cortes de talud para la construcción de obras civiles (fotos 1 y 2).



Foto 1. Bloques sueltos dispuestos en una ladera con una pendiente que supera los 30°. Afectan directamente la carretera Canta-San Buenaventura.

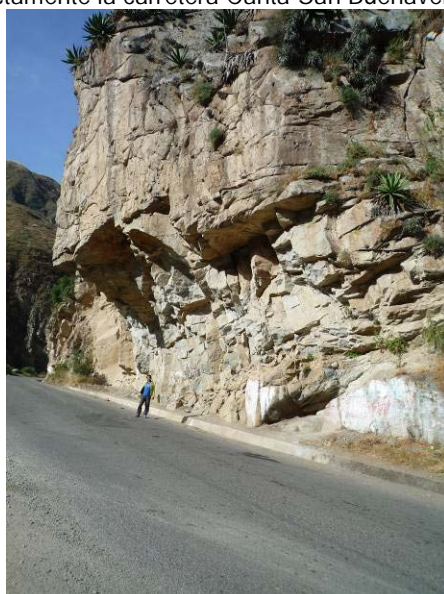


Foto 2. Talud rocoso de donde se pueden desprender bloques sueltos y afectar a la carretera Lima-Canta

5.2 DESLIZAMIENTOS

Es el desplazamiento de formaciones superficiales o rocas no coherentes, bajo la influencia combinada de la gravedad y saturación acuosa (por infiltraciones pluviales, subterráneas o de riego). En ellos se produce la pérdida de cohesión interna del terreno que deforma la masa de suelo o roca formando planos de debilidad por donde se desliza el material que conforma una ladera.

Ejemplos de este proceso pueden apreciarse en la parte alta de la cuenca, como se observó en Cullhuay y canta (fotos 3 y 4).



Foto 3 Deslizamiento en la Localidad de Culhuay en el distrito de Huaros-Canta



Foto 4 Deslizamiento sobre el cual esta ubicada la ciudad de Canta

5.3 INUNDACIÓN

Una inundación es un proceso geohidrológico, provocado por el régimen de descargas del río Chillón que presenta crecientes en épocas de lluvias. La zona más afectada es la parte baja de la cuenca en donde las terrazas fluviales y/o aluviales no son lo suficientemente altas para proteger las riveras de los ríos

En marzo del 2009 el río Chillón alcanzó un caudal de 23.87 metros cúbicos por segundo, cuando su promedio histórico para época de lluvias (sin ENSO ¹) es de 8.7. Es decir, el caudal se incrementó en el 2009 en 174 por ciento. El sector de Tambo Río, correspondiente a los distritos de Puente Piedra y Comas, es uno

de los puntos amenazados por desborde. También lo son San Diego y Chuquitanta en el distrito de Los Olivos y en la provincia constitucional de Callao respectivamente¹

En el sector de San Diego, desde el puente Ensenada hasta el puente Inca en San Diego se efectúan año a año obras de limpieza de cauce (foto 5).



Foto 5 Remoción de material del cauce del río Chillón, en San Diego, sector afectado por inundación.

5.4 FLUJO

Se llama así al proceso, que corresponde a un movimiento de material rocoso y/o suelo, que muestra un comportamiento semejante a un fluido. Puede ser rápido o lento; saturado o seco. De acuerdo al tipo y propiedades del material movilizado, humedad y velocidad; puede clasificarse en: flujo de detritos, avalancha de detritos, flujos de tierra, flujos de lodo.

FLUJO DE DETRITOS

Son flujos masivos o canalizados de fragmentos y escombros de regular magnitud. Frecuentemente ocurren en laderas de fuerte pendiente, por efecto combinado de la gravedad y la lluvia que ocasionan la pérdida de cohesión interna del suelo, conduciéndolo de estado plástico a líquido y haciendo que este se desplace y deposite en forma de abanico o mantos en la parte baja de las laderas o cauces de quebradas, donde alcanzan mayores velocidades y por tanto mayor fuerza de arrastre. Ejemplos de procesos de este tipo los observamos en las quebradas Pacllahuasi y Oropel (fotos 6 y 7).

¹ ENSO, *El Niño - Southern Oscillation*, por sus siglas en inglés



Foto 6. Vista de la Quebrada Pacllahuasi (Distrito de Santa Rosa de Quives) que encauza un flujo de detritos antiguo. Hacia la margen izquierda se observa el Cerro Espuela de Gallo.



Foto 7. Muchas de las quebradas secas en la Cuenca del río Chillón presentan indicios de flujos de detritos violentos en épocas pasadas, como la Quebrada Oropel (distrito de Santa Rosa de Quives)

FLUJOS DE LODO

Flujo rápidamente canalizado, de detritos saturados plásticos con alto contenido de agua. Son parecidos a los flujos de detritos, pero a diferencia de estos, poseen mayor fracción arcillosa.

5.5 EROSIÓN

En la cuenca del río Chillón es frecuente la erosión de laderas y la erosión fluvial.

EROSIÓN DE LADERAS

Se manifiesta a manera de surcos y cárcavas en laderas de valle y alliplanicies. Comienzan con canales muy delgados y profundidades menores a 1 m, que a medida que persiste la erosión, pueden profundizarse a decenas de metros. Este fenómeno sucede por infiltración de precipitaciones pluviales en suelos sueltos y desprovistos de vegetación. Es perjudicial para la agricultura, el paisaje y puede llegar a afectar carreteras y canales. Un ejemplo típico de este proceso se observa en el Cerro Crullane en el distrito de Santa Rosa de Quives (foto 8).



Foto 8 Erosión en cárcavas. Cerro Crullane en el distrito de Santa Rosa de Quives.

EROSIÓN FLUVIAL O DE RIBERAS

Debido a que el río Chillón es de régimen irregular y torrencioso, en épocas de creciente incrementa su caudal con el consiguiente arrastre de material que actúa como agente erosivo de sus riberas. Esto ocurre mayormente en zonas de mayor velocidad de circulación, meandros y zonas con presencia de rocas de menor resistencia; en una acción dinámica que afectan obras de ingeniería civil, puentes, carreteras; centros poblados u obras de infraestructura de riego como bocatomas y canales. Ejemplos de este proceso se observan principalmente en la parte baja de la cuenca como se observa en Puente Piedra y Santa Rosa de Quives (fotos 9 y 10).



Foto 9. Vista de la terraza fluvial comprendida entre Camino Real y Chaperito, sector afectado por la erosión Fluvial del río Chillón (distrito de Puente Piedra).



Foto 10. Vista del sector de Socos, afectado por erosión fluvial y desborde de las aguas de la Qda. Socos (distrito de Santa Rosa de Quives).

5.6 MOVIMIENTOS COMPLEJOS

Es la ocurrencia de uno o más movimientos en masa que ocurren en forma sucesiva, uno tras otro en la misma área. Por ejemplo: Deslizamiento-Flujo de detritos; Derrumbe-Flujo, etc. (foto 11).

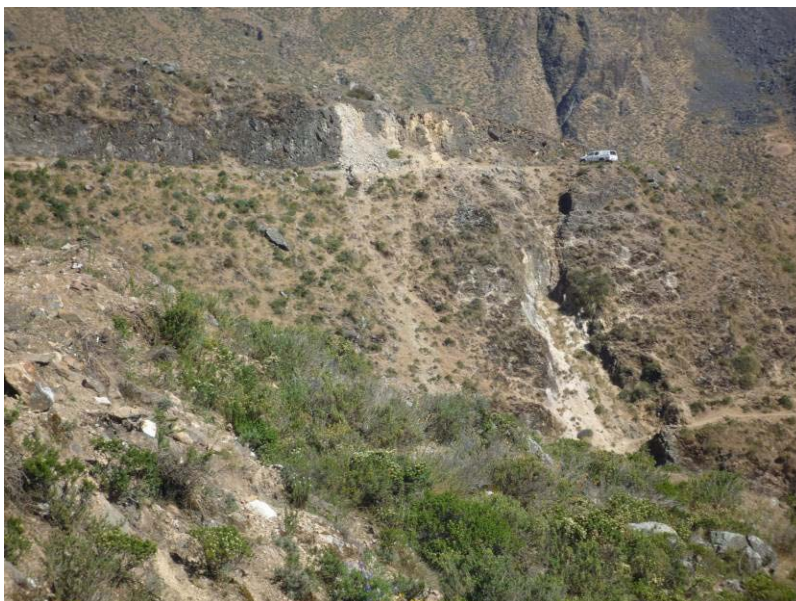


Foto 11 Vista del derrumbe-flujo observado en la carretera Canta-Cantamarca

6. ZONAS CRÍTICAS

Las zonas o áreas consideradas como críticas (Fidel y otros 2006), presentan recurrencia en algunos casos periódica a excepcional de peligros geológicos y geohidrológicos; 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.

En la cuenca del río Chillón se han identificado, durante los trabajos de campo del estudio "Peligros Geológicos en la cuenca del río Chillón" (Villacorta y otros, 2010), un total de 56 zonas críticas (Mapa 1)

En los cuadros 1 al 4, se muestran de manera resumida las zonas críticas identificadas en la cuenca del río Chillón, las cuales se agrupan por provincias. Se presenta el tipo de peligro en cada el sector y las recomendaciones generales sugeridas para afrontar sus efectos.

Cuadro 1 Zonas críticas en la provincia de Canta

Nro.	Código BDGR	Peligro geológico	Distrito	Paraje	Recomendaciones
1	154711094	Derrumbe	Arahuay	Arahuay/Quebrada Piscopampa	Canalizar la quebrada. Reforestar las laderas.
2	154711584	Flujo de Detritos		Pacllahuasi-Cerro Espuela de Gallo	Canalizar la quebrada. Reforestar las laderas.
3	154821427	Avalancha de Rocas	Canta	Carretera Canta-Cantamarca	Desquinchar bloques inestables. Construir berma de seguridad en la carretera.
4	154841393	Derrumbe, caída de rocas, deslizamiento trasnacional		Pariamarca	Construir berma de seguridad en la carretera seguida de enmallado para retener los bloques rodados. Implementar drenes en la parte alta del deslizamiento y revegetar la zona con pastos de la zona.
5	154711580	Deslizamiento rotacional	Lachaqui	Lachaqui	La carretera Lachaqui-Arahuay es altamente susceptible a los movimientos en masa, por lo que es necesario se construya en diferentes tramos de esta vía, muros de contención para reforzar el talud inferior de la carretera.
6	154711113	Caída de rocas, flujo	Huamantanga	Pichausa. Margen izquierda de la Quebrada Socos	Canalizar la quebrada Socos. Desquinchar bloques sueltos en la ladera.
7	154711106	Caída de rocas		Parte alta Quebrada Quilca	Desquinchar bloques sueltos e inestables
8	154711587	Flujo de Detritos		Afluente de la Qda. Quilca. Margen derecha.	No permitir el crecimiento urbano en el cauce de la quebrada
9	154841392	Deslizamiento Traslacional, Derrumbe-flujo	Huaros	Cullhuay	Se recomienda implementar drenes en la parte alta del deslizamiento y revegetar la zona con pastos de la zona.
10	154822434	Derrumbe		Margen derecha de quebrada Chalhuacocha	No construir viviendas en este sector
11	154711574	Deslizamiento rotacional	San Buenaventura	San José	Implementar drenes en la parte alta del deslizamiento y revegetar la zona con pastos de la zona.
12	154821432	Derrumbe		Carretera Canta-San	Desquinchar bloques inestables. Construir berma de seguridad en la

Primer Reporte de Zonas Críticas en la cuenca del río Chillón (Lima, Perú)

				José	carretera.
13	154821433	Derrumbe		Carretera Canta- San Buenaventura	Construir berma de seguridad en la carretera seguida de enmallado para retener los bloques rodados.
14	154711579	Derrumbe		Carretera Canta- Huamantanga	La carretera hacia Huamantanga es altamente susceptible a los desprendimientos de rocas. Es necesario, en primer lugar ampliar el ancho de la carretera y en segundo reforzar el talud inferior con muros de contención en los tramos más inestables. Donde sea necesario se deberá rellenar el espacio entre los muros y la berma de la carretera.
15	154711589	Flujo de Detritos		Qda. Tumaringa. Afluente de la Qda. Socos.	No permitir el crecimiento urbano en el cauce de la quebrada.
16	154711600	Inundación		Sector Hornillo	Mantener limpio el cauce.
17	154711603	Flujo de Detritos		Qda. Rio Seco	No permitir el crecimiento urbano en el cauce de la quebrada.
18	154711604	Flujo de Detritos		Quebrada tributaria a la Quebrada Carrizal	No permitir el crecimiento urbano en el cauce de la quebrada.
19	154711614	Flujo de Detritos		Alrededores de la localidad de Agua y Granjas	No permitir el crecimiento urbano en el cauce de la quebrada.
20	154711119	Inundación Fluvial		Huarabi	Mantener limpio el cauce.
21	154711125	Huayco		Quebrada Alcaparrosa, Quebrada Huerta Vieja, Qda. Santo Toribio	No permitir el crecimiento urbano en el cauce de la quebrada.
22	154711066	Flujo, inundación		Picullo	Mantener limpio el cauce y no permitir el crecimiento urbano en el cauce de las quebradas aledañas.
23	154741332	Caída de rocas		Challallo	Desquinchar bloques inestables.
24	154711593	Avalancha de Rocas, flujo		Cerro Jarro Quebrado, Cerro Marota, Cerro Río Pampa	Desquinchar bloques inestables. Limpieza y canalización de cauces de quebradas.
			Santa Rosa de Quives		

Cuadro 2 Zonas críticas en la provincia de Lima

Nro.	Código BDGR	Peligro geológico	Distrito	Paraje	Recomendaciones
25	154711595	Flujo de Detritos	Carabayllo	Oda. Yerbabuena	No permitir expansión urbana en el cauce de la quebrada.
26	154711599	Flujo de Detritos		Oda. Rio Seco	No permitir expansión urbana en el cauce de la quebrada.
27	144711230	Caída de rocas, flujo		Cerro Gangay	No permitir expansión urbana de este sector
28	144721073	Caída de rocas, flujo		Casinelli, Chocas Bajo	
29	144741031	Caída de rocas		Cerro Cantería	No permitir expansión urbana de este sector
30	154731624	Caída de rocas, flujo		Oda. Camaro	No permitir expansión urbana en el cauce de la quebrada.
31	154731407	Caída de rocas, flujo		Oda. Carmelita-La Campana	Mejorar la construcción de las bases de las viviendas. Desatar bloques sueltos. No permitir expansión urbana en el cauce de la quebrada
32	144741039	Caída de rocas		AA.HHs. Los Ángeles de Carabayllo / Ampliación Ramiro Priale	
33	144721097	Caída de rocas		Comité 78 / Virgen de Fátima	
34	144721102	Caída de rocas		Progreso, Raul Porras Barnechea	
35	144721098	Flujo de detritos y caída de rocas		Quebrada Progreso	
36	154731405	Flujo de detritos		Anexo San Antonio	Desatar bloques sueltos. No permitir expansión urbana en el cauce de la quebrada
37	154731406	Caída de rocas y flujo de detritos		Torre Blanca –La Campana- Punchauca	
38	154731412	Flujos de detritos		Chocas	
39	154731623	Flujos de detritos		Quebrada Caballero	
40	144731090	Caída de rocas		AA.HH. Nueva Unión	
41	144721105	Caída de rocas		3er. Sector, El Progreso	

Primer Reporte de Zonas Críticas en la cuenca del río Chillón (Lima, Perú)

42	144721071	Hundimiento		Paraíso, San Lorenzo	
43	144741032	Caída de rocas		Cerro Amauta	
44	144741075	Caída de Rocas	Comas	AAHHS. Señor de los Milagros, Virgen de las Nieves; Amazonas; Sierra Maestra	Mejorar la construcción de las bases de las viviendas. Desatar bloques sueltos.
45	144731087	Caída de Rocas		Quinta zona de Collique-Nueva Generación	No permitir expansión urbana en el cauce de la quebrada
46	144731090	Caída de Rocas		Collique 3ra zona, AAHHS San Joaquín, 1ro de Junio	
47	144721055	Caída de rocas		AA.HH. Ampliación La Merced	
48	144721155	Caída de rocas		AA.HH. 2 De Mayo	
49	144721149	Caída de rocas		Cerro Sinaí	No permitir expansión urbana de este sector
50	144721142	Caída de rocas		Sr. De Los milagros, Pachacutec	Desatar bloques sueltos. No permitir expansión urbana en el cauce de la quebrada
51	144721069	Inundación		Los Olivos	San Diego-Huertos de Chillón
52	144721070	Erosión fluvial, desborde	Camino Real / Chaperito		Mejorar la construcción de los terraplenes. Eliminar el desmonte.
53	144721060	Flujo de detritos, erosión de laderas	Puente Piedra	AAHH Santa Rosa, Ventanilla	Canalizar la quebrada. Construcción de muros de contención. No permitir expansión urbana
54	144721067	Caída de rocas		Laderas de Chillón, Laderas de Primavera, Lomas Negras	Mejorar la construcción de las bases de las viviendas. Desatar bloques sueltos. No permitir expansión urbana en el cauce de la quebrada

Cuadro 3. Zonas críticas en la provincia de Huarochiri

Nro.	Código BDGR	Peligro geológico	Distrito	Paraje	Recomendaciones
55	154731625	Flujo de detritos, erosión de laderas	San Antonio	Quebrada Mito Dulce	No permitir expansión urbana de este sector

Cuadro 4 Zonas críticas en la provincia Constitucional del Callao

Nro.	Código BDGR	Peligro geológico	Distrito	Paraje	Recomendaciones
56	144721134	Flujo de detritos	Ventanilla	AAHH Victor Haya De La Torre-La Pampilla	Canalizar la quebrada. Construcción de muros de contención. No permitir expansión urbana

7. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y/O MITIGACIÓN

A continuación se describen de manera general, las medidas que pueden contribuir con la prevención y/o mitigación de los principales peligros geológicos y geohidrológicos observados en la cuenca del río Chillón.

7.1 PARA ZONAS CON CAÍDAS

La aplicación de medidas correctivas en zonas con caídas se puede realizar sobre taludes que tienen pendientes más fuertes que las necesarias para su estabilización; para tener un factor de seguridad predeterminado y estabilizar fenómenos de rotura. A continuación se muestran algunos de los diferentes tipos de solución empleado en la corrección y 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, escalonamiento de taludes en terrazas (Figura 2), 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 necesario la participación de un hidrogeólogo para el diseño de los drenes.

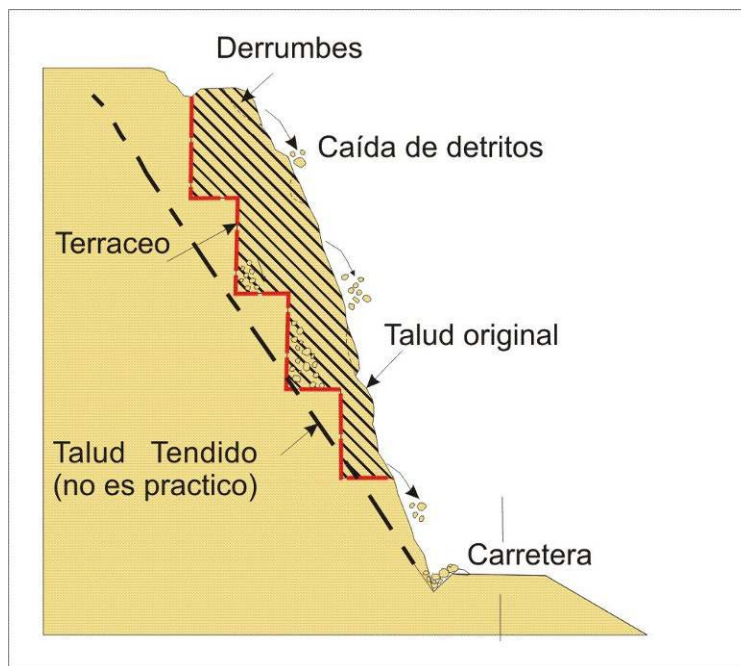


Figura 2. Escalonamiento de taludes en terrazetas para corregir un talud inestable.

- Corrección por elementos resistentes como anclajes, muros (de gaviones, de concreto), bandas de refuerzo etc.
- Correcciones superficiales. Consiste en técnicas ligeras y se usan cuando el problema no es tan crítico. En esta categoría se tiene por ejemplo el uso de mallas metálicas, capa de hormigón que cubra el talud inestable, sembrado de cobertura vegetal y el dejar un margen de seguridad al pie del talud frente a caídas y vuelcos de rocas con el fin de no destruir infraestructuras cercanas a ella.

7.2 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 como:

- 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 como: troncos, ramas, etc. (Figura 3).
- 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 utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y portes que alcanzaran 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.

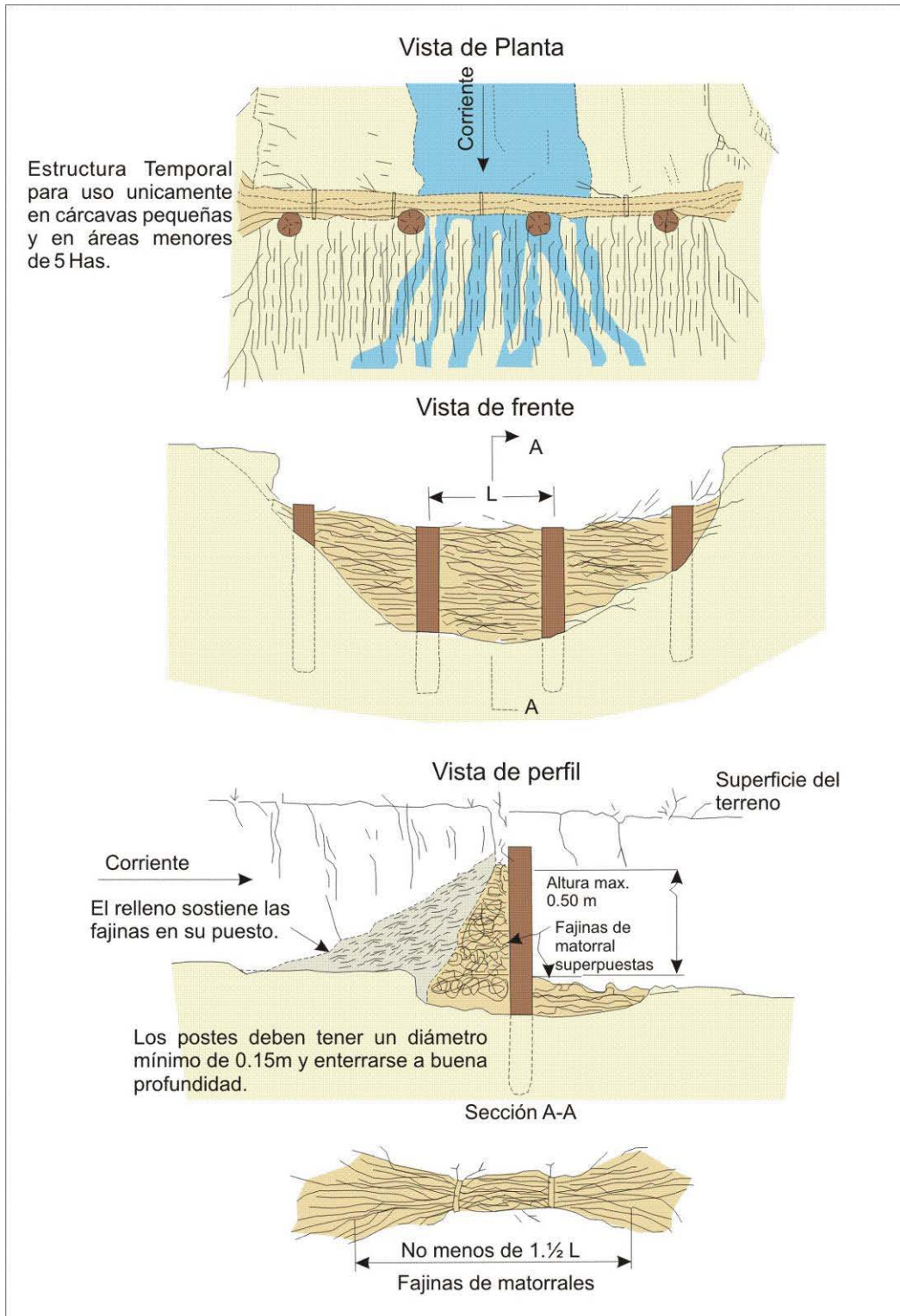


Figura 3. Trinchos transversales de troncos y fajinas de matorrales para proteger áreas de la erosión de laderas (Modificado de Valderrama y otros, 1964)

7.3 PARA ZONAS DE DESLIZAMIENTOS

Preventivas.- En zonas susceptibles a deslizamientos, 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) con el fin de estabilizar el terreno (Figura 4). En la selección de árboles a utilizarse debe contemplarse las características de las raíces, las exigencias en tipo de suelos y alturas que alcancen versus la pendiente y 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 recogida 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 remoción, se debe hacer la caracterización del talud y análisis de riesgos, incluyendo estudios geotécnicos para determinar los materiales y definir los factores que pueden afectar su estabilidad. El diseño de la altura y pendiente del talud se debe hacer en función a la geología e hidrogeología del terreno, dejando un margen de seguridad suficiente al pie del talud. Tales estudios deben ser supervisados por profesionales entendidos en el caso quienes determinaran las medidas de prevención y control adecuadas.

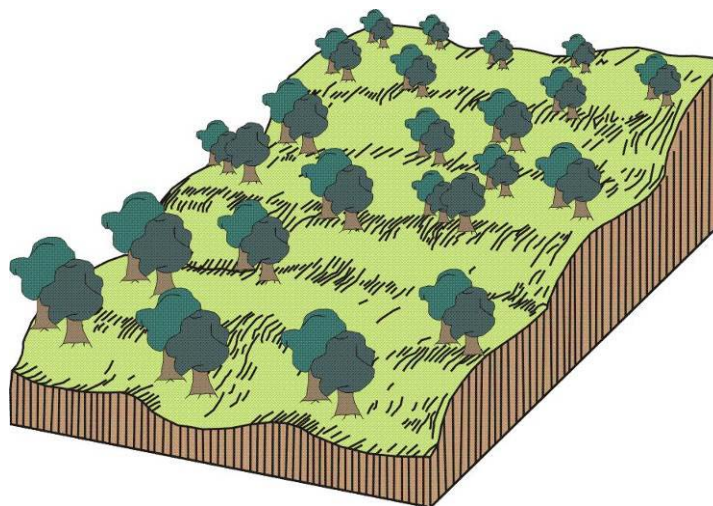


Figura 4. Revegetación de una ladera susceptible a deslizamiento formando terrazas.

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

- Realizar estudios geotécnicos de evaluación del estado del deslizamiento que incluya la modelización del comportamiento del terreno para determinar 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 a la vez que favorezcan su drenaje. Es muy importante que estos muros tengan un drenaje adecuado, con el fin de evitar “la acumulación de agua tras de sí, que incrementen su carga hidráulica. En definitiva, deben diseñarse como “muros drenantes” (figura 5). Por otro lado, el material usado en la construcción de dichos muros debe ser estable frente al paso del tiempo, intemperie y reacción con la roca y pesados para ejercer carga al pie del talud (Baquero, 2005).

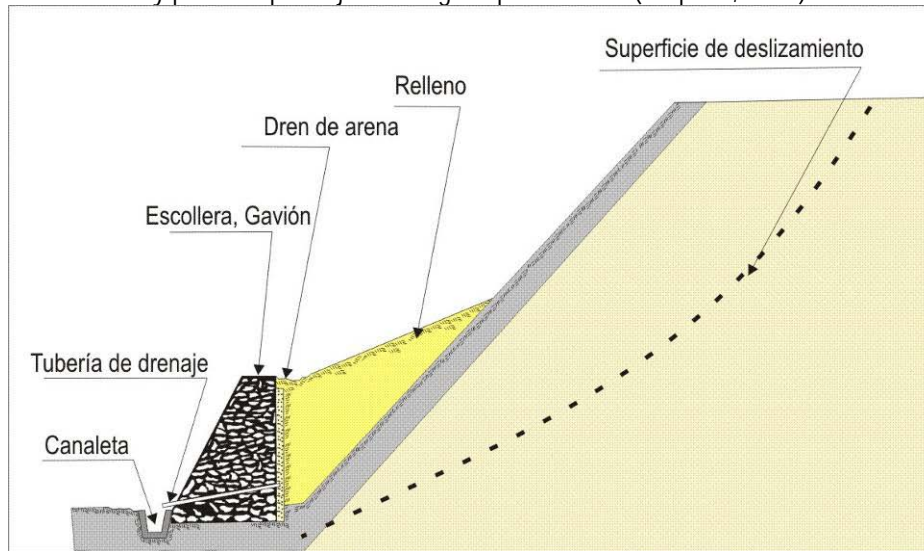


Figura 5 Muro permeable al pie del talud de una zona con deslizamiento.

- Instalación de mallas, barreras correas de contención, o bulonado de bloques frente a caída de materiales.
- Señalización del 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).
- Construcción de cunetas a cierta distancia del pie de 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, debe instalarse instrumental que permitan evaluar la evolución temporal del deslizamiento, y evaluar el movimiento del terreno, así como avisar de fuertes incrementos o superación de los márgenes de seguridad establecidos, con el fin de evacuar su base o tomar las medidas oportunas.

7.4 PARA HUAYCOS

En quebradas de régimen temporal donde se producen huaycos periódicos a excepcionales que pueden alcanzar grandes extensiones y pueden transportar grandes volúmenes de sedimentos gruesos y finos. Con

el propósito de propiciar la fijación de los sedimentos en tránsito y de minimizar el transporte fluvial, es preciso aplicar en los casos que sea posible, las medidas que se proponen a continuación:

- Encauzar el cauce principal de los lechos aluviales secos, retirando los bloques rocosos en el lecho y seleccionando los que pueden ser utilizados para la construcción de enrocados, espigones o diques transversales artesanales siempre y cuando dichos materiales sean de buenas características geotécnicas. Considerar siempre que estos lechos aluviales secos se pueden activar durante periodos de lluvia excepcional caso del Fenómeno El Niño.
- Propiciar la formación y desarrollo de bosques ribereños con especies nativas para estabilizar los lechos.
- Las obras de infraestructuras que atraviesen estos cauces secos deben construirse con diseños que tengan en cuenta las máxima crecidas registradas, que permitan el libre discurrir de crecidas violentas provenientes de la cuenca media y alta, evitándose 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, cuya finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos (figura 6)

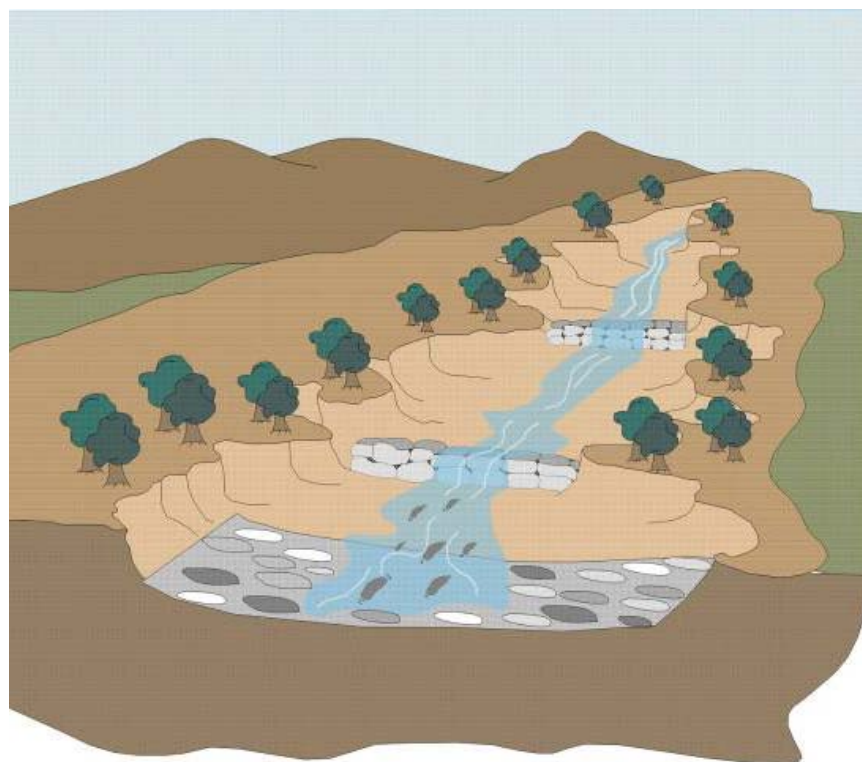


Figura 6 Presas de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huaycos.

7.5 PARA INUNDACIONES Y EROSIÓN FLUVIAL

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

- Encauzamiento del lecho principal, ríos y quebradas afluentes, en zonas donde se produzcan socavamientos laterales de las terrazas aledañas. Para ello se debe construir espigones laterales, enrocado o gaviones (Figura 7) para aumentar la capacidad de tránsito en el cauce de la carga sólida y líquida durante las crecidas y limpiar el cauce.

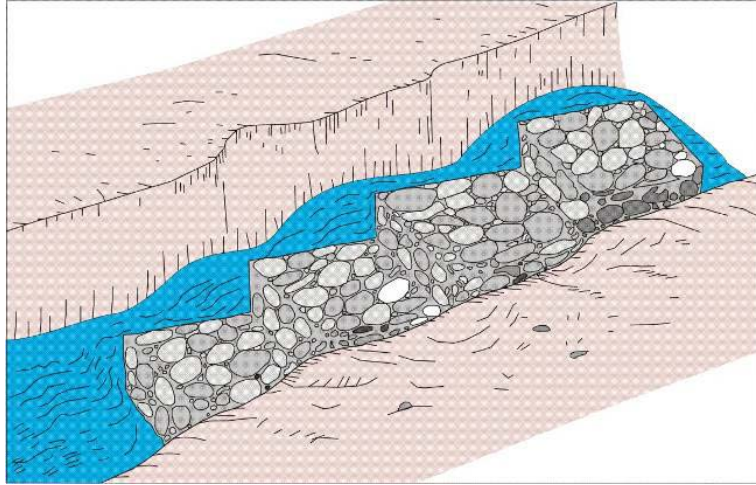


Figura 7. Gaviones para encauzar el lecho del río.

- Protección de las terrazas fluviales de los procesos de erosión fluvial por medio diques de defensa o espigones (figura 8), que ayudan a disminuir el proceso de arranque y desestabilización.

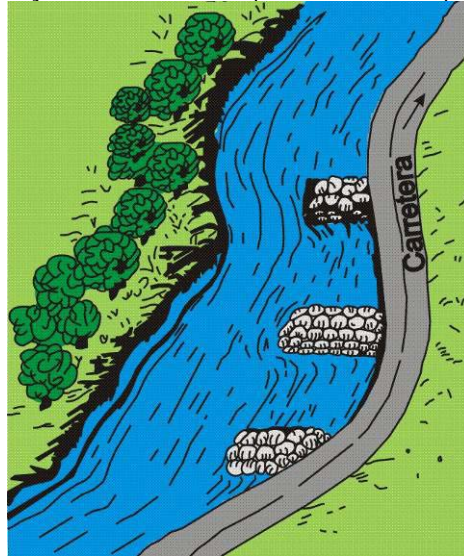


Figura 8. Espigones para proteger las terrazas fluviales.

- 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.

8. CONCLUSIONES

- En la cuenca del río Chillón, se han registrados 444 procesos geológicos y geohidrológicos y 56 zonas críticas.
- El río Chillón recorre por un lecho encajonado formando un valle de mediana amplitud, el cual se amplía a medida que se acerca a su desembocadura. Esto favorece la erosión fluvial en la parte media y los desbordes en la parte baja, en épocas de grandes avenidas.
- Los flujos de detritos registrados en la parte alta de la cuenca, a lo largo de las diversas quebradas tributarias al río Chillón se producirán periódicamente en época de lluvias. Sin embargo las quebradas “secas” de la parte baja se pueden activar cuando se produzcan lluvias excepcionales.
- Las inundaciones registradas en la cuenca baja del río Chillón se presentan en épocas de lluvias excepcionales y los distritos de la cuenca no están preparados adecuadamente para afrontar otro desborde.
- La erosión de laderas y la erosión fluvial, son dos fenómenos frecuentes en la cuenca del río Chillón: la primera se acentúa en épocas de lluvias y la segunda cuando las crecientes incrementan su caudal. Ambos procesos afectan a obras de ingeniería civil y centros poblados de la cuenca.
- Las caídas de rocas y derrumbes se presentan en toda la cuenca y principalmente están asociadas a la condición de las rocas del substrato, el cual se encuentra alterado y altamente fracturado en diversos sectores críticos de la cuenca, afectando principalmente a las carreteras.
- Los deslizamientos en la cuenca del río Chillón, se caracterizan en su mayoría por tener escarpas múltiples y ser de tipo rotacional. Se han registrado principalmente en la parte alta de la cuenca y están asociados a material inconsistente (rocas volcánicas alteradas cubiertas por depósitos inconsolidados).

9. RECOMENDACIONES

- Durante el diseño de las medidas de prevención en zonas afectadas por peligros geológicos, se debe tomar en cuenta la conservación de los hábitats existentes para no alterar el equilibrio ecológico existente allí.
- Las zonas críticas, deben ser consideradas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

10. AGRADECIMIENTOS

Los autores del informe agradecen el apoyo de INDECI, las municipalidades de Lachaqui, Huaros, Huamantanga, Santa Rosa de Quives, Arahua, Carabaylo, Puente Piedra Comas y Los Olivos por el apoyo

brindado durante el desarrollo del proyecto GA-11 "Geología, Geomorfología y peligros Geológicos en el área de Lima".

11. REFERENCIAS

AMIEL, R. (1964). Características hidrogeológicas de los ríos Rímac y Chillón. Clase Tesis: Bachiller en Ciencias Geológicas. Tesis de grado: Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional Mayor De San Marcos. Facultad De Geología, Minas, Metalurgia Y Ciencias Geográficas. 60 pgs

DE LA CRUZ MATOS, O. (1998). Geología de la cuenca alta del río Chillón, Departamento de Lima .Tesis de grado: Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional Mayor De San Marcos. Facultad De Geología, Minas, Metalurgia Y Ciencias Geográficas. 58 pgs

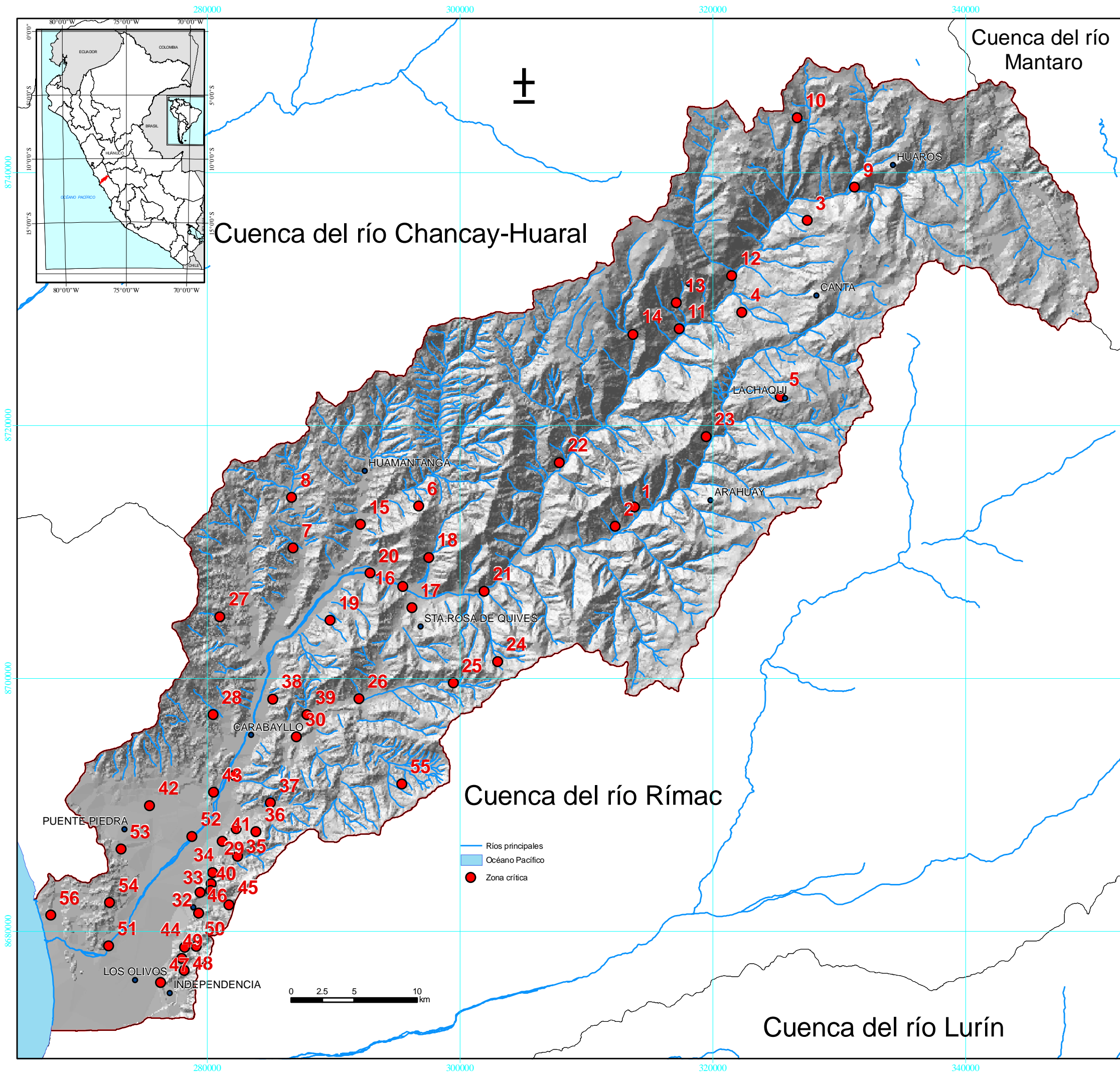
FIDEL, L., ZAVALA, B. NUÑEZ, S. VALENZUELA, G. (2006). ESTUDIO DE RIESGOS GEOLÓGICOS DEL PERÚ FRANJA N° 4. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Serie "C" Geodinámica e Ingeniería Geológica. Boletín N° 29. 383 pgs. 11 figs., 10 gráfs., 49 cdrs., 136 fots., 19 mapas

NUÑEZ, S. & VÁSQUEZ, J. (2009). Primer reporte de Zonas críticas por peligros geológicos en el área de Lima Metropolitana. Informe técnico Geología Ambiental. DGAR-INGEMMET. Lima, Perú.

PÉREZ, A. (1978). ESTUDIO GEODINÁMICO-GEOTÉCNICO DE LA CUENCA DEL RÍO CHILLÓN, PROV. Y DEPARTAMENTO DE LIMA Instituto de Geología y Minería .74 pgs

VALDERRAMA, L. ET AL. (1964).- Reconocimiento forestal del departamento de Cundinamarca. Departamento Agrológico, IGAC, Bogotá.

VILLACORTA, S. NÚÑEZ, S. VÁSQUEZ, J. PARI, W. (2010). Estudio De Peligros Geológicos en La Cuenca del Río Chillón. Informe Inédito. DGAR-INGEMMET. Lima, Perú.



- Zonas Críticas Cuenca del río Chillón (2009)**
- 1, Derrumbe. Arahuay/Quebrada Piscopampa
 - 2, Flujo de Detritos. Pacllahuasi-Cerro Espuela de Gallo
 - 3, Avalancha de Rocas, Carretera Canta-Cantamarca
 - 4, Derrumbe, caída de rocas, deslizamiento traslacional. Parimarca
 - 5, Deslizamiento rotacional. Lachaqui
 - 6, Caída de rocas, flujo. Pichausa, margen izquierda de la Quebrada Socos
 - 7, Caída de rocas. Parte alta Quebrada Quilca
 - 8, Flujo de Detritos. Afluente de la Qda. Quilca, margen derecha.
 - 9, Deslizamiento Traslacional, Derrumbe-flujo. Cullhuay
 - 10, Derrumbe. Margen derecha de la Quebrada Chalhuacochoa
 - 11, Deslizamiento rotacional. San José
 - 12, Derrumbe. Carretera Canta-San José
 - 13, Derrumbe. Carretera Canta-San Buenaventura
 - 14, Derrumbe. Carretera Canta-Huamantanga
 - 15, Flujo de Detritos. Qda. Tumaringa, afluente de la Quebrada Socos.
 - 16, Inundación. Sector Hornillo
 - 17, Flujo de Detritos. Quebrada Río Seco
 - 18, Flujo de Detritos. Quebrada tributaria a la Quebrada Carrizal
 - 19, Flujo de Detritos. Alrededores de la localidad de Agua y Granjas
 - 20, Inundación. Huarabi
 - 21, Huayco. Quebradas Alcaparrosa, Huerta Vieja y Santo Toribio
 - 22, Flujo, inundación. Picullo
 - 23, Caída de rocas. Challallo
 - 24, Avalancha de Rocas, flujo. Cerros Jarro Quebrado, Marota y Río Pampa
 - 25, Flujo de Detritos. Quebrada Yerbabuena
 - 26, Flujo de Detritos. Quebrada Río Seco
 - 27, Caída de rocas, flujo. Cerro Gangay
 - 28, Caída de rocas, flujo. Casinelli, Chocas Bajo
 - 29, Caída de rocas, flujo. Cerro Cantería
 - 30, Caída de rocas, flujo. Quebrada Camaro
 - 31, Caída de rocas, flujo. Quebrada Carmelita-La Campana
 - 32, Caída de rocas. AA.HH. Los Ángeles de Carabayllo/Ampliación Ramiro Priale
 - 33, Caída de rocas. Comité 78 / Virgen de Fátima
 - 34, Caída de rocas, flujo. El Progreso, Raúl Porras Barnechea
 - 35, Flujo de detritos y caída de rocas. Quebrada Progreso
 - 36, Flujo de detritos. Anexo San Antonio
 - 37, Caída de rocas y flujo de detritos. Torre Blanca-La Campana-Punchauca
 - 38, Flujos de detritos. Chocas
 - 39, Flujos de detritos. Quebrada Caballero
 - 40, Caída de rocas, flujo. AAHH. Nueva Unión
 - 41, Caída de rocas. 3er Sector, El Progreso
 - 42, Hundimiento. Paraíso, San Lorenzo
 - 43, Caída de rocas, inundación. Cerro Amauta
 - 44, Caída de Rocas, AAHHs. Señor de los Milagros, Virgen de las Nieves, Amazonas, Sierra Maestra
 - 45, Caída de Rocas. Quinta zona de Collique-Nueva Generación
 - 46, Caída de rocas, flujo. Collique 3ra zona, AAHHs San Joaquín, 1ro de Junio
 - 47, Caída de rocas. AA.HH. Ampliación La Merced
 - 48, Caída de rocas. AA.HH. 2 De Mayo
 - 49, Caída de rocas, flujo. Cerro Sinai
 - 50, Caída de rocas. Sr de los Milagros-Pachacutec
 - 51, Inundación. San Diego-Huertos de Chillón
 - 52, Erosión fluvial, inundación. Camino Real / Chaperito
 - 53, Flujo, erosión de laderas, caída de rocas. AAHH. Santa Rosa, Ventanilla
 - 54, Caída de rocas. Laderas de Chillón, Laderas de Primavera, Lomas Negras
 - 55, Flujo de detritos, erosión de laderas. Quebrada Mito Dulce
 - 56, Flujo, inundación. AAHH Victor Haya De La Torre-La Pampilla

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

MAPA DE ZONAS CRÍTICAS DE LA CUENCA DEL RÍO CHILLÓN
 Escala 1:300 000
 PROYECCIÓN: TRANSVERSA DE MERCATOR
 DATUM HORIZONTAL: SISTEMA GEODÉSICO MUNDIAL WGS84 ZONA: 18 Sur