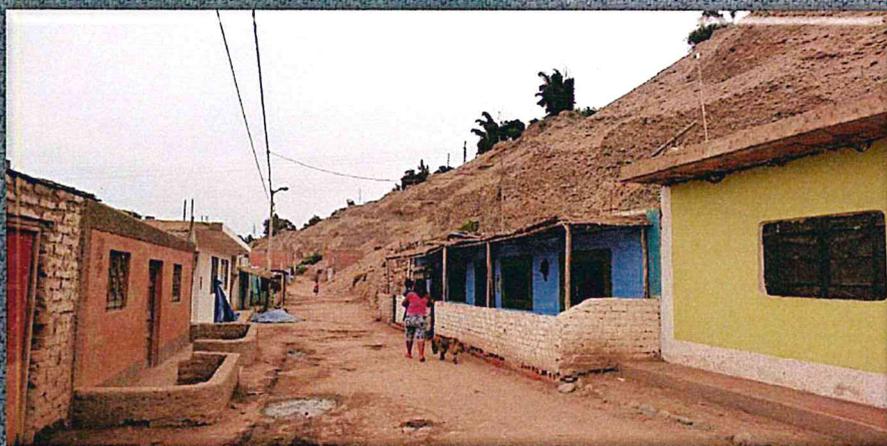
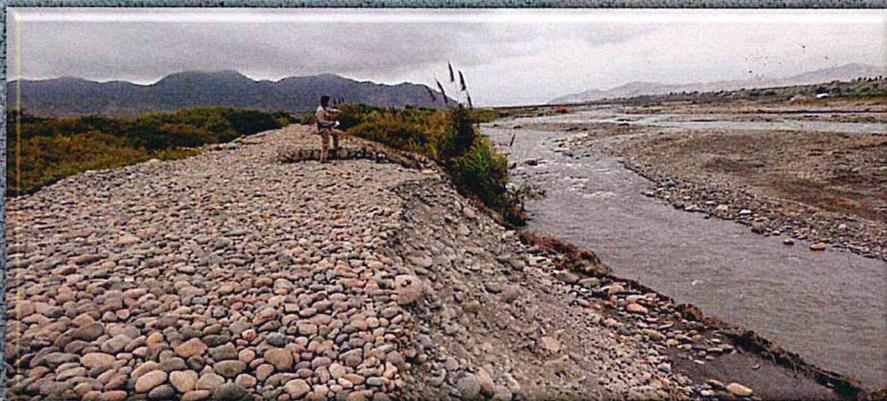


Informe Técnico N° A6655

Peligros geológicos en la Cuenca Baja del Río Pativilca

Región Lima, provincia Barranca,
distritos Pativilca y Barranca



POR:
SEGUNDO NÚÑEZ JUÁREZ

AGOSTO 2014

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA.....	1
3.	MORFOLOGÍA Y DINÁMICA FLUVIAL DEL RÍO PATIVILCA	3
4.	ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	4
	4.1 GRUPO CASMA _____	4
	4.2 ROCAS INTRUSIVAS _____	4
	4.3 DEPÓSITOS ALUVIALES _____	6
	4.4 DEPÓSITOS MARINOS _____	7
5	PELIGROS IDENTIFICADOS	7
	5.1 INUNDACIONES Y EROSIONES FLUVIALES _____	7
	5.2 EROSIONES DE LADERA _____	21
	5.3 FLUJOS _____	27
6.	MEDIDAS PREVENTIVAS.....	28
	CONCLUSIONES	36
	RECOMENDACIONES.....	37
	REFERENCIAS.....	38

“PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO PATIVILCA” (Jurisdicción de los distritos de Barranca y Pativilca)

1. INTRODUCCIÓN

El Alcalde de la municipalidad provincial de Barranca, mediante Oficio N°011-2014-GTGRD-MPB de fecha 07 de abril, dirigida al Presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicitó la designación de un profesional para realización de una evaluación técnica identificando zonas vulnerables en el río Pativilca, provincia de Barranca.

Atendiendo a esta solicitud, la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico de INGEMMET comisionó al Ing. Segundo Núñez Juárez a realizar dicho pedido. Los trabajos de campo se realizaron los días 23 y 24 de mayo del 2014, previas coordinaciones con el Ing. Juan Muñoz Moreno, Sub Gerente de Defensa Civil. En los trabajos de campo se contó con representantes de la Junta de Regantes, ANA, Municipalidad de Barranca y Defensa Civil de Barranca.

El presente informe contiene una interpretación de los procesos de dinámica fluvial en el río Pativilca, así como de movimientos en masa recientes y antiguos. En este informe se emiten las conclusiones y recomendaciones pertinentes que la Municipalidad de Barranca debe tomar en cuenta para la prevención y mitigación de los procesos geohidrológicos-geológicos ocurridos, para así evitar desastres futuros en las poblaciones evaluadas.

2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

El área evaluada comprende sectores en ambos márgenes del río Pativilca, políticamente pertenece a los distritos de Pativilca y Barranca (figura 1).

El área está comprendida entre las coordenadas UTM:

192000 E – 220000 E

8810000 N – 8824000 N

Para llegar al área se accede desde Lima por la Panamericana Norte hasta llegar a Pativilca, altura del Km 204; para luego tomar la carretera afirmada Pativilca – Cajatambo, hasta llegar hasta el límite del distrito de Barranca, sector de Espachin Bajo. Otra vía es por la margen izquierda del río Pativilca, la cual se toma desde Barranca; por una carretera afirmada hasta llegar al sector de Araya Chico.

El clima es húmedo, con ausencia de lluvias. Según el SENAMHI (2000), en el período lluvioso normal setiembre-mayo, alcanzan entre 5 a 50 mm; en presencia del fenómeno El Niño pueden llegar hasta 200 mm.

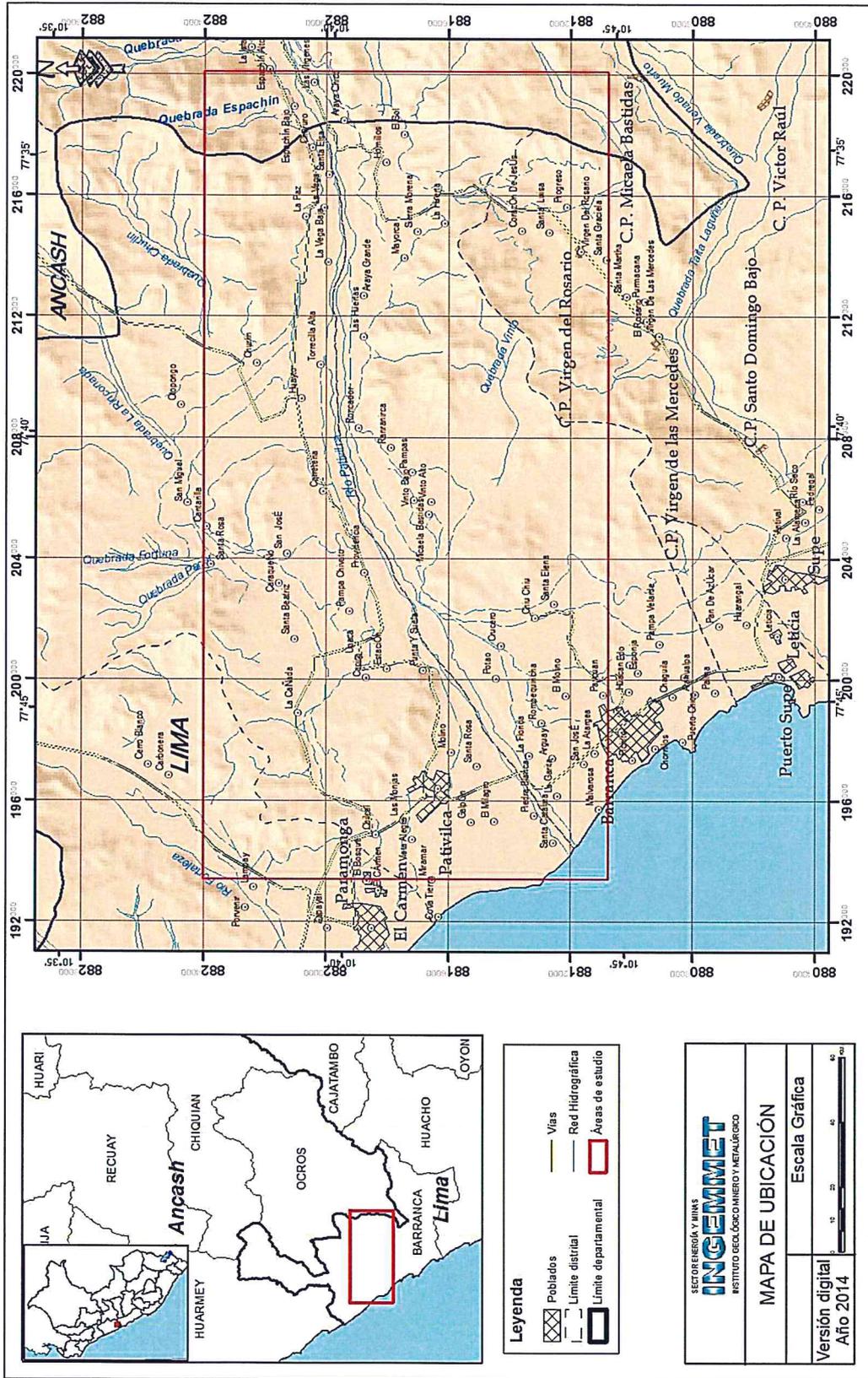


Figura 1.-

Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUÁREZ
 Ing. Geólogo
 Reg. CIP N°. 80812

3. MORFOLOGÍA Y DINÁMICA FLUVIAL DEL RÍO PATIVILCA

La llanura aluvial de ríos trezados, se refiere al patrón de canales fluviales. Un río trezado es aquel cuyo lecho mayor se divide en varios canales menores que sucesivamente se bifurcan y reúnen aguas abajo separados por numerosos islotes y playones llamados en conjunto "barras de cauce" (Villota, H. 2005).



Foto 1. Valle del río Pativilca, el río se muestra de forma trezada.

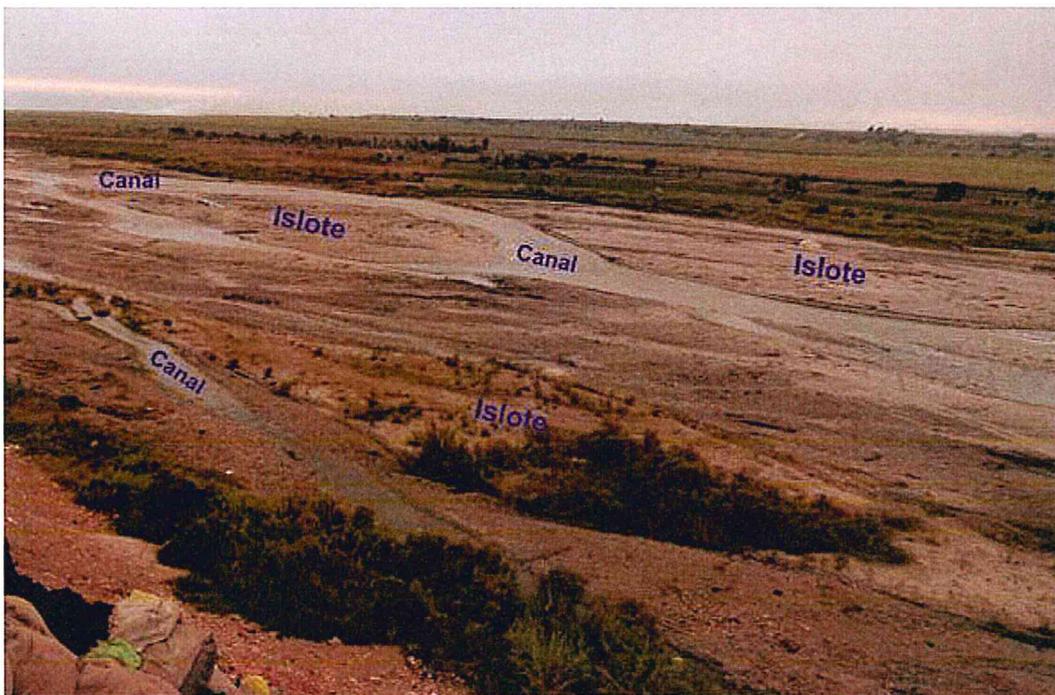


Foto 2. Se muestran los canales e islotes formados en el cauce del río Pativilca.

Estos son producto del mismo río y están compuestos en su mayor parte por sedimentos del lecho (cantos, gravas, arenas), los que por su volumen, tamaño solo son arrastrados o movidos a trechos durante las crecidas. Las barras de cauce incluyen además una bajísima proporción de sedimentos en suspensión

(arenas finas y limos), los cuales son atrapados y retenidos en la superficie cuando descienden las aguas de inundación.



Foto 3. En la parte terminal del islote se muestra gravas.

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

De acuerdo a la cartografía geológica en el cuadrángulo de Barranca (Cobbing, E. y Garayar, J., 1997), en el área de estudio se presentan las siguientes unidades geológicas (ver figura 2).

4.1 GRUPO CASMA

Consiste en secuencias volcánicas bien estratificadas, siendo en su mayor parte derrames delgados de andesitas masivas, de grano fino y con más o menos 3 a 5 m de espesor.

Los sedimentos de origen volcánico tienen espesores variables, en ciertos lugares son fosilíferos (no evidenciándose en el área de estudio).

En esta unidad se pueden generar flujos de detritos.

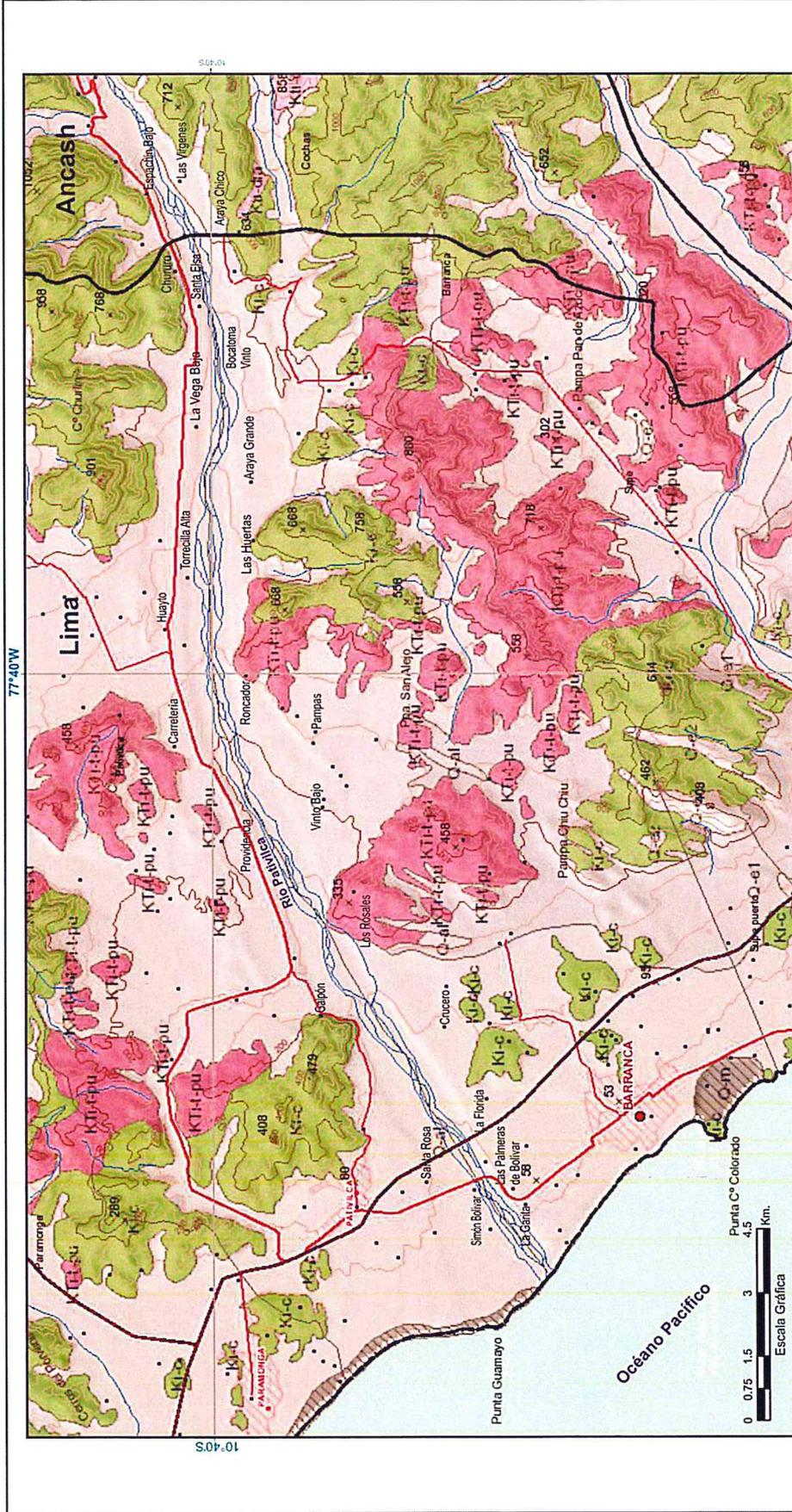
4.2 ROCAS INTRUSIVAS

a) Complejo Purmacana

En este complejo se presentan rocas de tipo tonalitas, a manera de stocks.

La secuencia está emplazando al Grupo Casma, los contactos con los volcánicos son verticales, aunque también se presentan otros suavemente inclinados u horizontales.

Las tonalitas tienen color gris oscuro de grano mediano con pequeños cristales.



LEYENDA		ROCAS MAGMÁTICAS	
SISTEMA	UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS	Depósitos Aluviales	Q-al
CUATERNARIO	Holocena	Depósitos Marinos	Q-m
		Depósitos Eólicos	Q-e
TERCIARIO	Inferior	Complejo Purmacana	KTI-pu
CRETÁCEO	Inferior	Grupo Casma	KI-c
			Tonalita
			Diorita

SÍMBOLOS	
Limite Departamental	Vía Nacional
Departamental	Vía Departamental
Distrital	Vía Vecinal
Provincial	Ríos
Centro Poblado	Cota
Zona Urbana	

REPUBLICA DEL PERÚ
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

Mapa Geológico
 Base Geológica:
 Cobbing, E. & Garayar, J. (1997)

Junio 2014 Figura: 2

Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing. Geólogo
 Reg. CIP N°. 80512

b) Dioritas

Se encuentran aflorando en el extremo Este, a manera de un stock, que está intruyendo o cortando a secuencias del Grupo Casma. Se muestran medianamente meteorizadas.

4.3 DEPÓSITOS ALUVIALES

Estos depósitos se encuentran distribuidos a lo largo del cauce del río Pativilca.

Esta unidad está conformada por gravas en una matriz arenosa, los fragmentos de roca o detritos son de forma redondeada.

Se han formado terrazas altas, en ambas márgenes del río Pativilca (Foto 4), indican el levantamiento del valle.

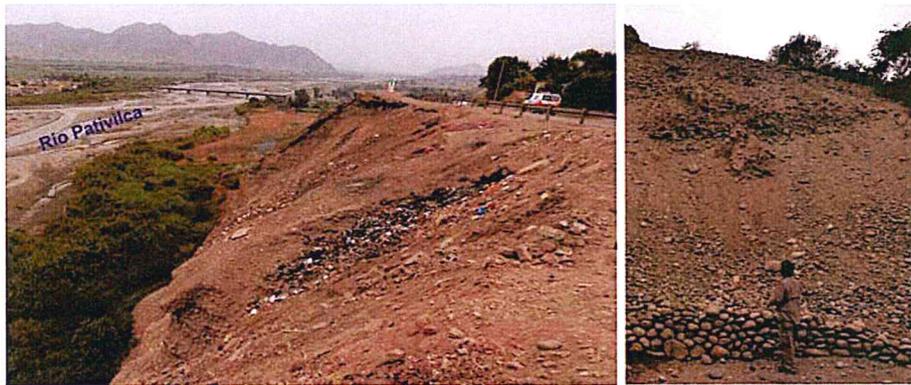


Foto 4. Se muestra las terrazas altas, sector entre la Garita y Simón Bolívar.

Las fluctuaciones del caudal del río, generan una llanura de inundación, donde se tiene una terraza baja conformada por gravas en matriz arenolimsa (foto 5).

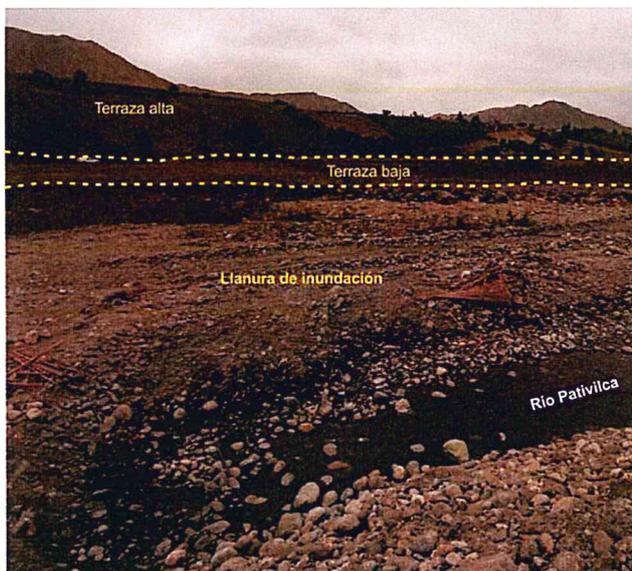


Foto 5. Se aprecia las terrazas y la llanura de inundación, sector de Araya Chico.

4.4 DEPÓSITOS MARINOS

Se ubican entre el límite del mar y continente (figura 3), se caracterizan por estar conformados por arenas medias a finas, con algunos clastos de formas redondeadas y achatadas.

Estos depósitos tienen formas alargadas y dispuestas a los largo de la línea de playa (figura 3).



Figura 3. Desembocadura del río Pativilca, se muestran las terrazas marinas, aluviales y llanura de inundación.

5 PELIGROS IDENTIFICADOS

5.1 INUNDACIONES Y EROSIONES FLUVIALES

Proceso geo-hidrológico provocado por la variación del régimen de descargas de un curso hídrico fluvial, donde los volúmenes de agua sobrepasan la capacidad de conducción de un río o quebrada. Las zonas más afectadas son las terrazas fluviales y/o aluviales bajas, que no son lo suficientemente altas para encauzar las aguas. Las inundaciones se dan generalmente en periodos de pluviosidad alta, donde se alcanzan mayores caudales.

Es necesario recordar que en la mayoría de los casos los peligros asociados a estos fenómenos se dan por causas antrópicas (ocupación inadecuada de la llanura de inundación) ya que la población se ubica en terrenos que corresponden al cauce natural de un curso fluvial. Por ello se recomienda reubicar a la población ubicados en terrazas fluviales y aluviales.

Las crecidas de los ríos (avenidas) constituyen un proceso natural ligado a la dinámica geológica (morfología del cauce), en las cuales el río habilita un

cauce amplio para almacenaje del caudal y su carga (sedimentos). La cuenca actúa como un sistema de proceso – respuesta autoregurable, en el cual todos los factores están interrelacionados. Cualquier modificación introducida en un punto, implicará un reajuste en su dinámica y morfología, que no se produce de forma progresiva, sino con cambios bruscos, originando en muchos casos desastres, cuando los caudales y la carga superan la capacidad de sus cauces.

Es importante mencionar que el origen más frecuente de las avenidas son los temporales de lluvias más o menos excepcionales por su intensidad, duración y/o extensión (lluvias de corta duración y de gran intensidad; lluvias prolongadas o de larga duración, de baja o gran intensidad).

Las avenidas se caracterizan por su frecuencia probable de ocurrencia o período de retorno, definiendo así la avenida en mensual, anual, decenal, centenaria, milenaria, etc., a cada una de las cuales corresponderán mayores valores de caudal y nivel de aguas a alcanzar, inundando superficies crecientes en las márgenes.

Pese a una inundación periódica o excepcional, las áreas que corresponden a la llanura de inundación o terrazas bajas del valle, son frecuentemente utilizadas para la agricultura, comunicaciones y asentamientos poblacionales, o para la explotación de caudales del propio río.

En consecuencia, las crecidas o avenidas excepcionales, es decir con caudales superiores a los normales, en mayor o menor grado, vienen asociadas normalmente con ingentes daños a bienes y personas, como es el caso del río Pativilca.

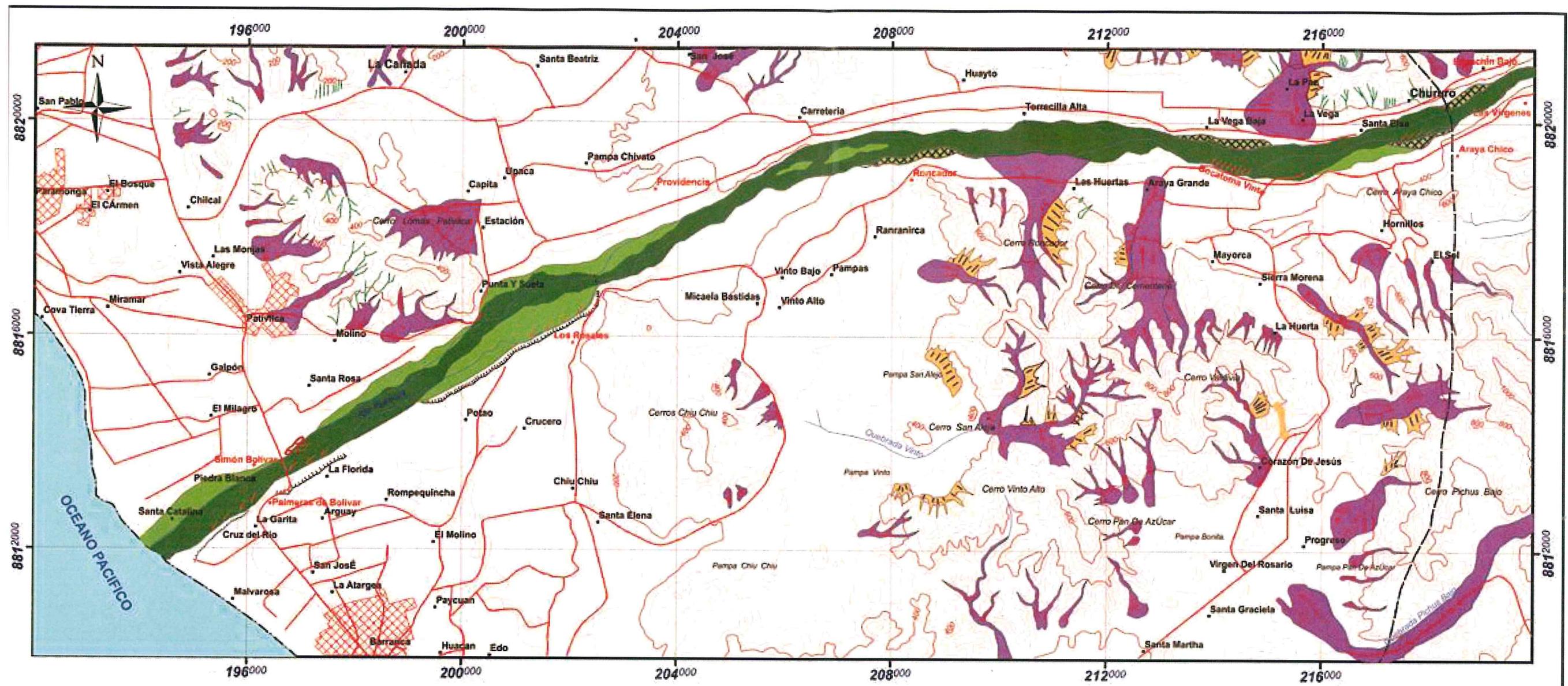
Según Fidel *et al.*, 2003, el sector de Pativilca, está considerado como un área de alta susceptibilidad a inundaciones y erosiones fluviales.

En la figura 4, se muestra los peligros geológicos y las erosiones e inundaciones fluviales del sector

Sector Espachin Bajo

Se ubica en la margen derecha del río Pativilca, políticamente pertenece a la región Ancash. Se muestra una terraza baja, con altura entre 1 a 2 m, conformada por gravas en matriz areno-limosa, de fácil erosión, donde se han emplazado terrenos de cultivo.

En el último periodo de avenida excepcional, la terraza fue erosionada en un tramo lineal de 1 km (figura 5 y foto 6). De presentarse un evento similar o de mayor magnitud, es muy probable que la erosión afecte nuevamente terrenos de cultivo y la Toma de agua potable (para los centros poblados ubicados aguas abajo). Se presentan erosiones fluviales, en tiempo de lluvias de tipo excepcional.



**LEYENDA
PELIGROS GEOLÓGICOS**

-  Erosión de Laderas
-  Flujo de Detritos
-  Cono de Derrubios
-  Acantilado
-  Áreas Inundadas
-  Área inundada excepcionalmente

SIMBOLOGÍA

-  Centro Urbano
-  Defensa Ribereña Destruída
-  Límite departamental
- Topografía**
-  Cota
-  Curvas de Nivel, Índice
-  Curvas de Nivel, Intermedia
- Drenaje**
-  Ríos
-  Quebradas Intermitentes



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

**MAPA DE PELIGROS GEOLÓGICOS
SECTOR DEL RIO PATIVILCA
BARRANCA.**

Proyección UTM
Datum WGS 84, Zona 18S

Escala Gráfica



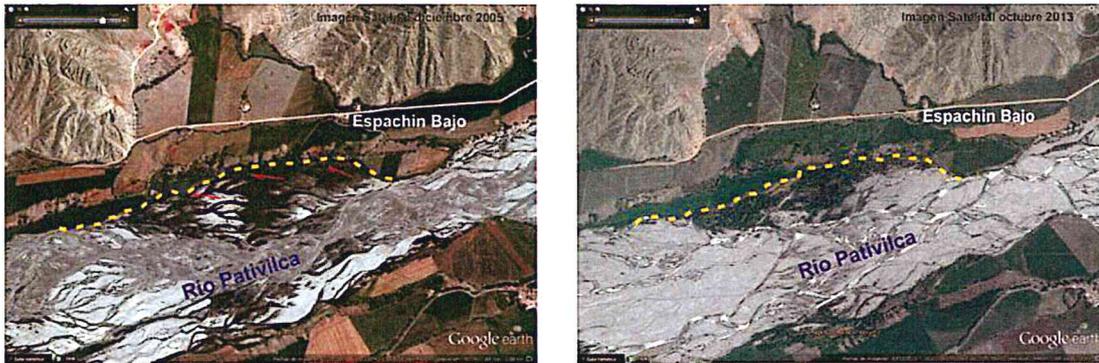


Figura 5. Comparación de dos imágenes satelitales de diferentes años (2005 y 2013), se muestra el sector erosionado líneas amarillas punteadas.



Foto 6. Sector de Espachin Bajo. La línea amarilla muestra el límite hasta donde llego la erosión con lluvia excepcional.

Sector de Araya Chico

Se encuentra en la margen izquierda del río Pativilca, políticamente pertenece a la región Ancash. Se presentan erosiones fluviales en tiempos de lluvias excepcionales.

Se muestra una terraza baja con altura comprendida 1 a 2 m, conformada por gravas con algunos bolones, en matriz areno-limosa. Sobre ella se desarrolla agricultura.

Este terraza, en la última avenida excepcional erosiono parte de la terraza, en un tramo lineal de 3,5 km, afectando terrenos de cultivo (figura 6 y foto 7).

Actualmente se está construyendo un dique de tierra, el cual debe completarse hasta el sector de Araya Chico.

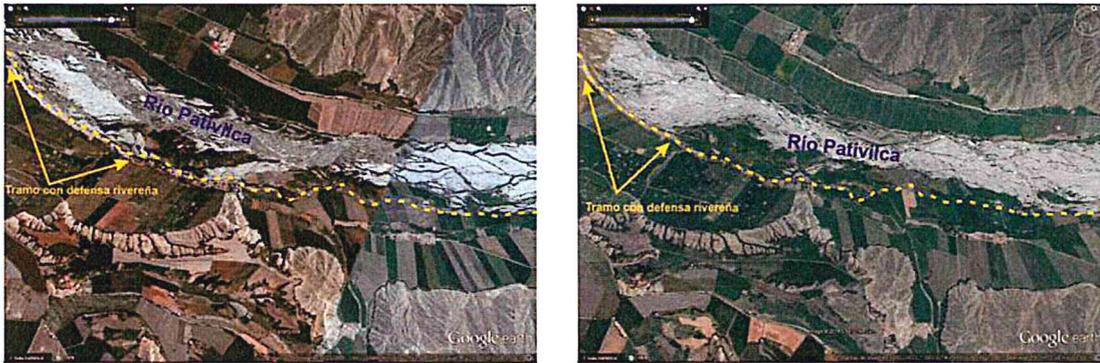


Figura 6. Sector de Araya Chico, se muestra el tramo erosionado, con líneas de color amarillo.

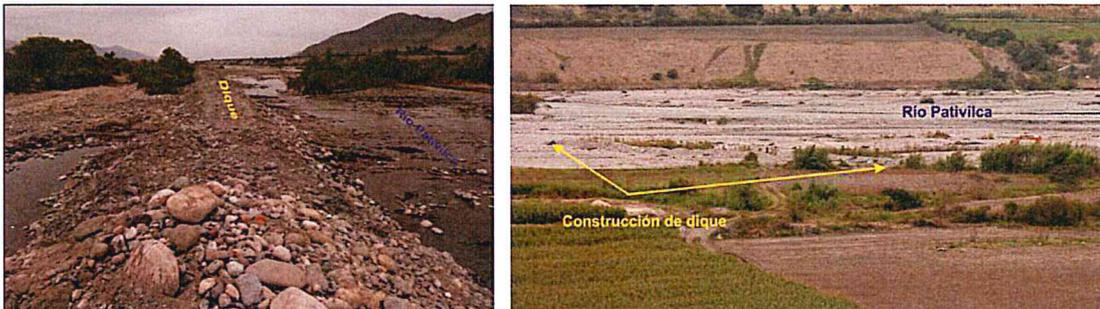


Foto 7. Construcción de la defensa ribereña, en el sector de Araya Chico.

Sector Las Vírgenes

El lugar se ubica en la margen izquierda del río Pativilca, políticamente pertenece a la región Ancash. El centro poblado se encuentra en la terraza alta y los terrenos de cultivo sobre la terraza baja.

La terraza baja está conformada por gravas con bolones en matriz arenolimsa, presentando alturas entre 1 a 2 m. Esta área fue afectada por erosión fluvial, en un tramo de 400 m (figura 7 y foto 8). Se acentúa el problema en tiempos de avenidas excepcionales.

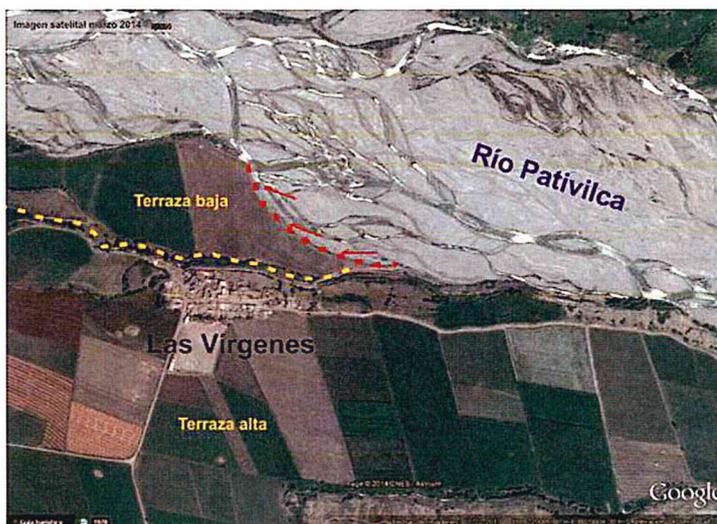


Figura 7. Con línea en color rojo se muestra el sector erosionado, las de color amarillo el límite de la terraza alta y baja.



Foto 8. Terraza baja, mostrando el tramo que viene siendo erosionado.

Sector Roncador

Este sector se ubica en la margen izquierda del río Pativilca, políticamente pertenece a la región Lima.

Se tiene una terraza baja, con altura entre 1 a 2 m. Está conformada por gravas en matriz areno-limosa, de fácil erosión. Esta terraza se erosiona e inunda con avenidas excepcionales. Sobre ella se encuentran terrenos de cultivos.

Se ha construido una defensa ribereña, que se encuentra dentro de la zona de influencia del río. Consiste en un muro de gravas dispuesto en forma piramidal, con base mayor de 5 m, y base menor de 3 m (figura 8 y foto 9).

La defensa ribereña debería estar ubicada en el límite del sector erosionado (marcado con línea de color amarillo en la figura 8), con la finalidad de evitar el estrechamiento del cauce del río. El tramo comprometido es de 1,400 m.



Figura 8. Sector de Roncador, se muestra el dique antiguo, y la zona erosionada (marcada con línea de color amarillo).

[Handwritten Signature]
ING. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
 Ing° Geólogo
 Reg. CIP N°. 80612

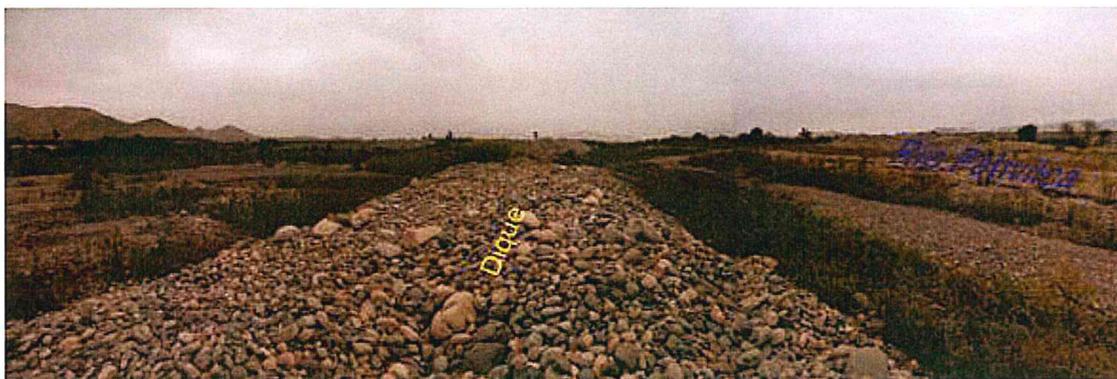


Foto 9. Dique construido, con la finalidad de ganar terrenos agrícolas.

Sector Providencia

Este sector se ubica en la margen izquierda del río Pativilca.

Se encuentra sobre una terraza baja, que presenta alturas entre 2 a 5 m, conformada por gravas englobadas con arenas y limos. Con crecidas excepcionales del río estas se erosionan.

En la comparación de las imágenes satelitales de marzo 2006 y marzo 2014, se aprecia que la terraza baja fue erosionada, en un tramo de 1 km (figura 9).

Sobre esta terraza se desarrolla actividad agrícola, además se encuentra la captación de agua potable que abastece a la ciudad de Pativilca (figura 9 y foto 10).

No se apreció defensas ribereñas en este sector.

Sector Los Rosales-Monte Arahuy.

Se ubica en una terraza baja, con altura entre 2 a 5 m, conformada por gravas englobadas en arena-limosa, sobre ella se desarrolla parte de agricultura.

Por versiones de los lugareños, este sector antes del año 1998, tenía amplias áreas agrícolas, pero la crecida del río de ese año, erosionó e inundó toda esta terraza, destruyendo el área agrícola. También afectó a puente vial (foto 11).

En la figura 10, se hacen comparaciones de imágenes satelitales de diferentes años, se ven las variaciones el cauce (brazos) del río Pativilca.

Sector Galpón

Este sector se encuentra en la margen derecha del río Pativilca, sobre una terraza baja con altura entre los 2 a 5 m, conformada por gravas englobadas en matriz areno-limosa.

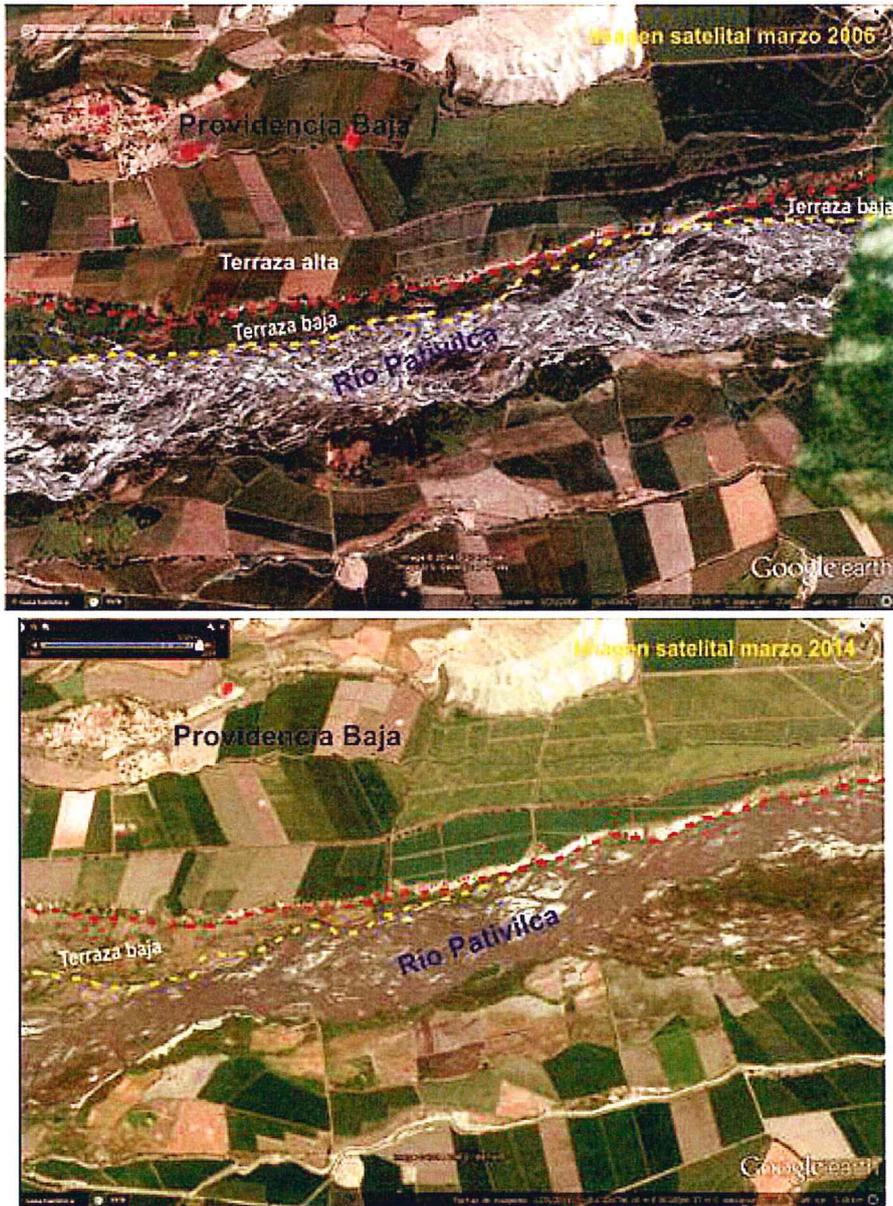


Figura 9. Comparación de dos imágenes satelitales de diferentes años, del sector de Providencia. Se muestra el área erosionada de las terrazas bajas.



Foto 10. Se aprecia un buzón de agua, construido en la terraza baja.

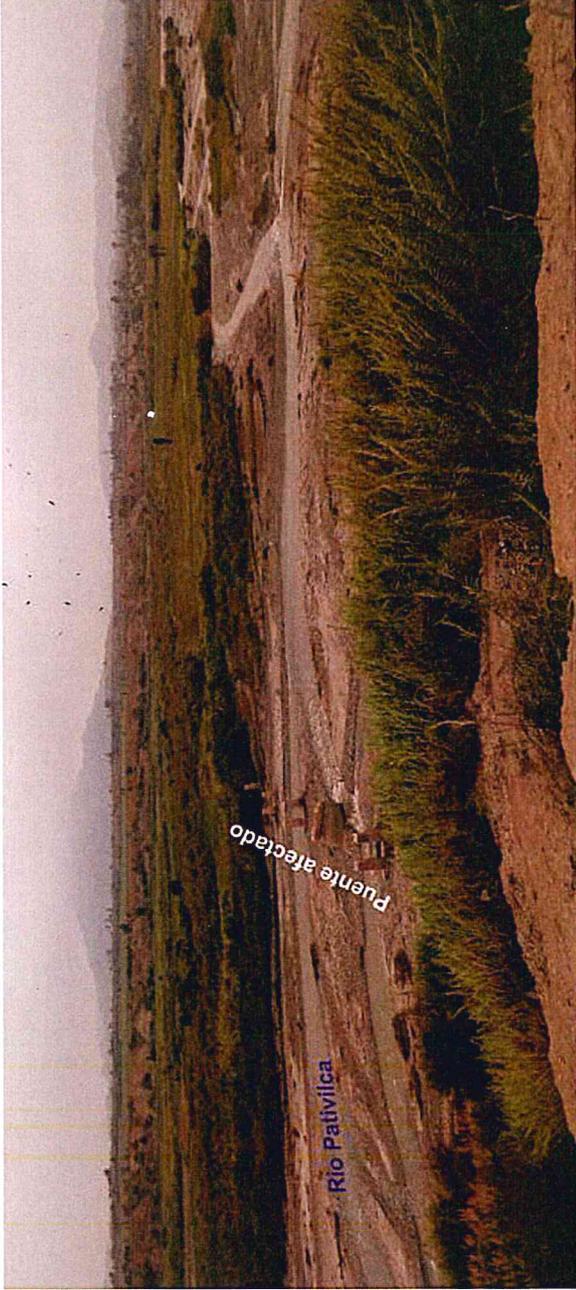


Foto 11. Puente afectado por la erosión fluvial.



Figura 10. Imágenes comparativas de tres años que muestran las variaciones en el cauce del río Pativilca (2003, 2006 y 2014). Los sectores marcados con círculos son los lugares donde se aprecian los cambios.


Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ
Ing. Geólogo
Reg. CIP N°. 80512

A partir de la construcción de la defensa ribereña, como se aprecia en la imagen del año 2012, el río tiende a desviarse hacia la margen izquierda (figura 11).

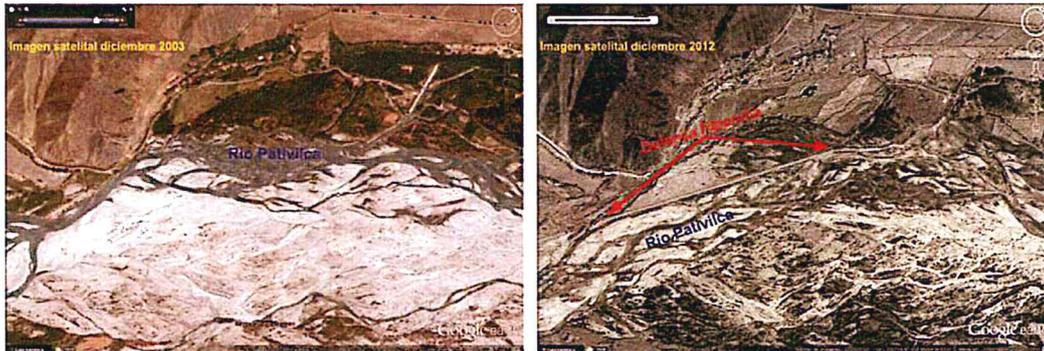


Figura 11. Comparación de imágenes satelitales del sector de Galpón en diciembre del 2003 y 2012, donde se aprecia variaciones marcadas en el cauce del río Pativilca.



Foto 12. Sector de Galpón, ubicado en una terraza baja.

Sector Bocatoma Vinto

La bocatoma Vinto, se ubica en la margen izquierda del río Pativilca (foto 13 y figura 11).

La estructura se encuentra estable, protegida con muros de concreto y enrocado. El canal es de concreto, no presenta evidencias de erosión (figura 12 y foto 14).

Aguas abajo de la bocatoma, se aprecia una defensa ribereña que consiste primeramente en un enrocado en un tramo de 80 m (aprox.), para luego continuar en forma de arrimado de material, aparentemente sin compactar conformado por gravas, bolones en matriz arenosa, en un tramo de 150 m, el cual está siendo erosionado (foto 15); de seguir el proceso afectaría terrenos de cultivo ubicados en las inmediaciones.



Foto 13. Bocatoma Vinto, ubicada en la margen izquierda del río Pativilca.



Figura 12. Imágenes satelitales de los años 2005 y 2014, se aprecia la estructura de la Bocatoma Vinto y canal.



Foto 14. Canal de Vinto.

Segundo A. Nuñez Juárez
Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ 7
 Ing. Geólogo
 Reg. CIP N°. 80612



Foto 15. Tramo erosionado, aguas abajo de la bocatoma Vinto.

Sector Simón Bolívar-Puente Nuevo.

El poblado de Simón Bolívar se ubica en la margen derecha del río Pativilca, cercano al puente Pativilca de la antigua Panamericana Norte. En una terraza baja (foto 16).

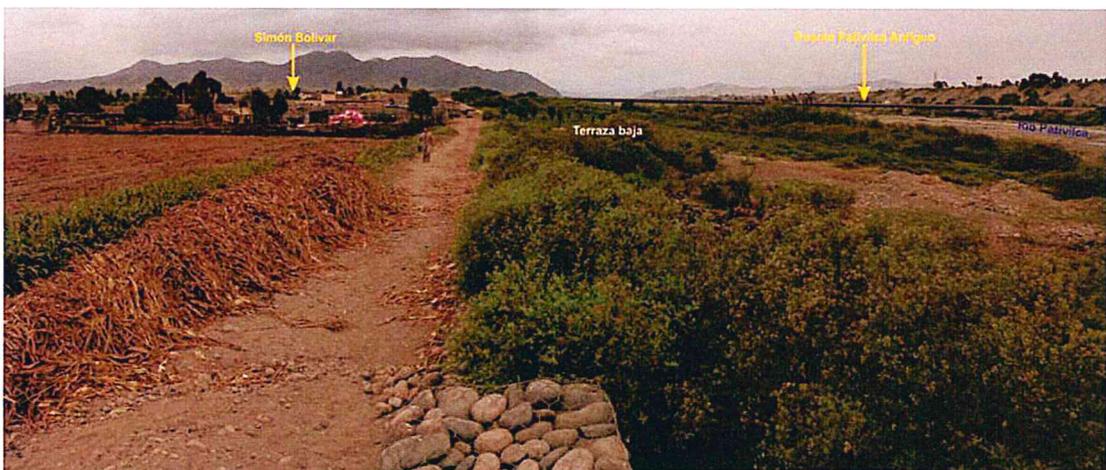


Foto 16. Margen derecha del río Pativilca, se aprecia la terraza baja, sobre ella el poblado de Simón Bolívar.

Se aprecian defensas ribereñas, protegiendo la estructura del nuevo puente Pativilca y al Centro Poblado Simón Bolívar (figura 13).

Se hace una comparación de dos imágenes satelitales tomadas en los años 2006 y 2011, en la primera no existía el nuevo puente, en la segunda se aprecia esta obra y defensa ribereña. Las defensas ribereñas provenientes del centro poblado y del nuevo puente no se llegan a conectar (figura 12).

Las estructuras, ubicadas aguas arriba del centro poblado Simón Bolívar, consisten en un muro conformado por gravas, protegido por un colchón de gaviones (foto 17). El muro es de forma trapezoidal, con una base menor de 5

m, con altura de 5 m. El colchón de gravas tiene un ancho de 30 cm. Se observó un tramo de 100 m afectado (figura 14).



Figura 13. Se hacen comparaciones de imágenes satelitales, se observan las defensas ribereñas.

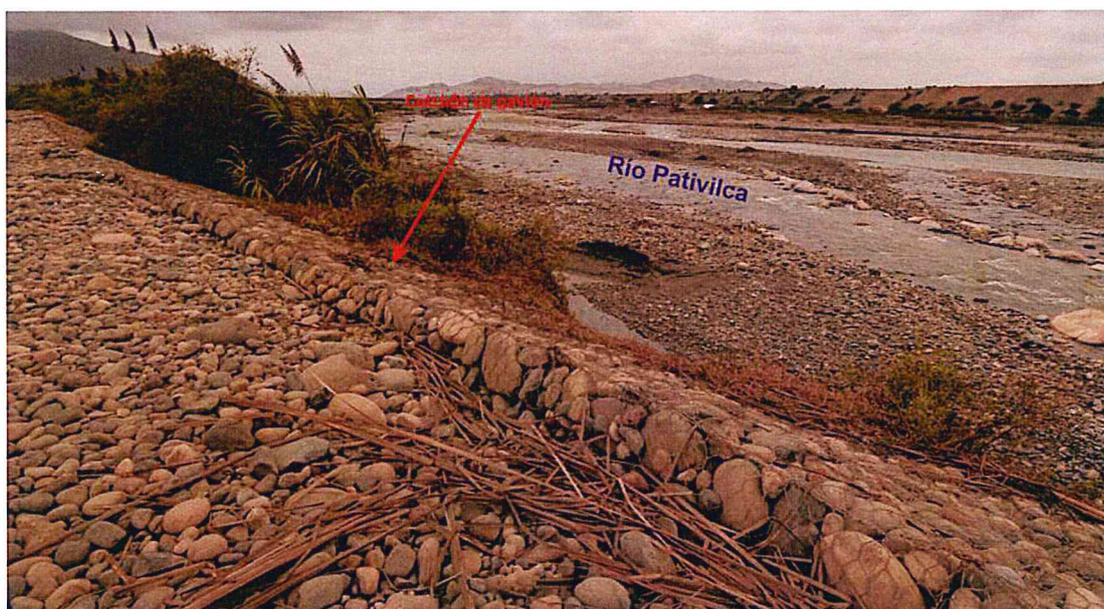


Foto 17. Defensa ribereña, ubicada en la margen derecha del río Pativilca

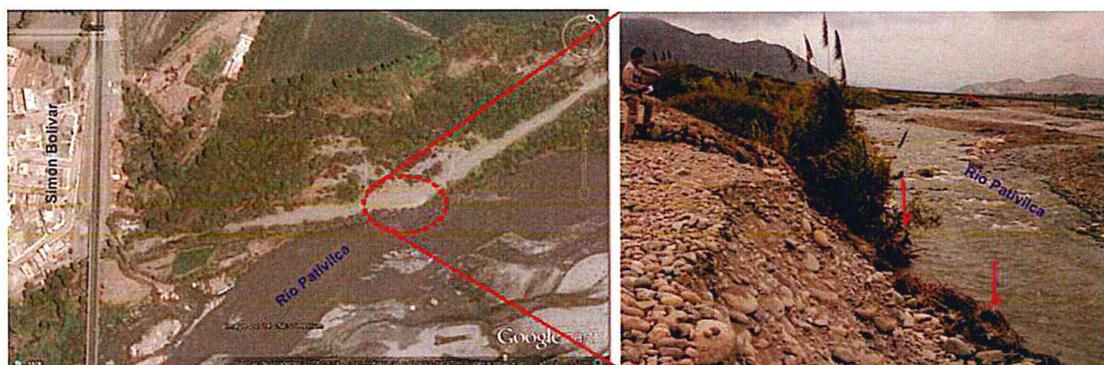


Figura 14. Se muestra el sector erosionado (circulo color rojo).

En las inmediaciones del centro poblado y el borde del río, se tiene defensas ribereñas, como muro de concreto y gaviones (fotos 18 y 19), ambos en buenas condiciones.

Según versiones de los lugareños en este sector en el año 1998, durante el fenómeno El Niño, la defensa ribereña consistía de un enrocado, el cual fue destruido por efectos de la carga excesiva del río Pativilca.



Foto 18. Muro de concreto, como defensa ribereña, en la margen derecha del río Pativilca.



Foto 19. Se aprecia las defensas ribereñas, el muro de concreto y gavión.

Sector de Palmeras de Bolívar.

Se ubica en la margen izquierda del río Pativilca, en una terraza baja, es inundable con avenidas excepcionales.

Se observó un espigón de rocas, construido, para el acceso del antiguo puente Pativilca (foto 20 y figura 15), tiene una forma arqueada, en un tramo de 300 m, con altura de 5 m.

Los pobladores, han aprovechado el dique del antiguo puente de Pativilca, para establecer sus viviendas, en otra parte se encuentra al pie del acantilado (foto 21).

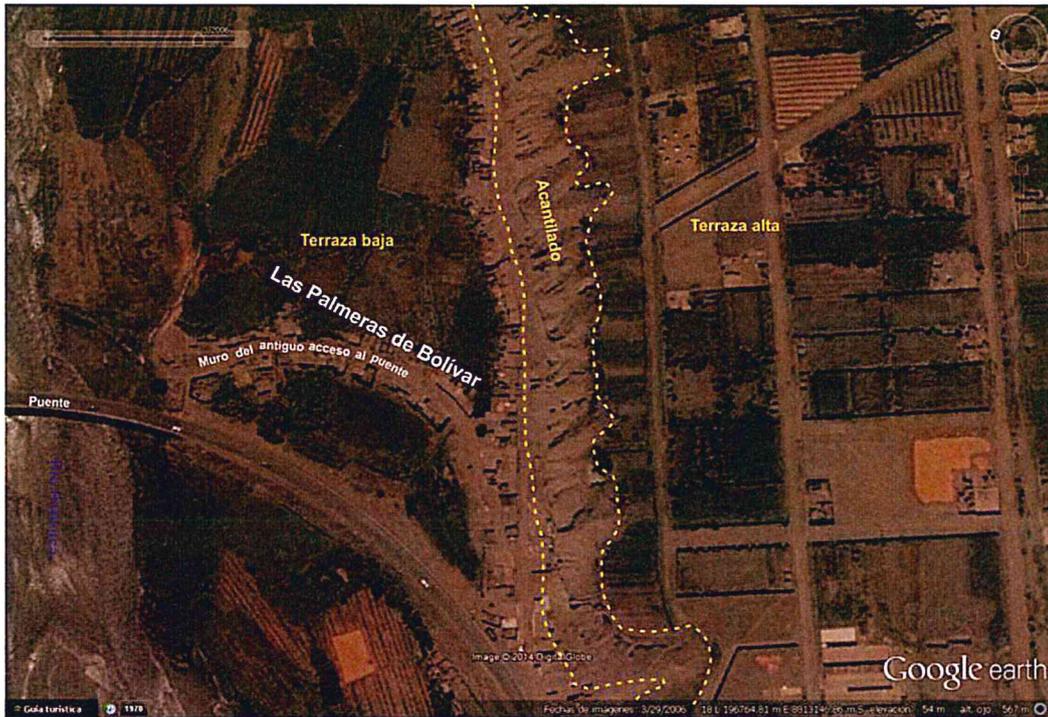


Figura 15. Se muestra la terraza baja, el acanillado y la terraza alta.

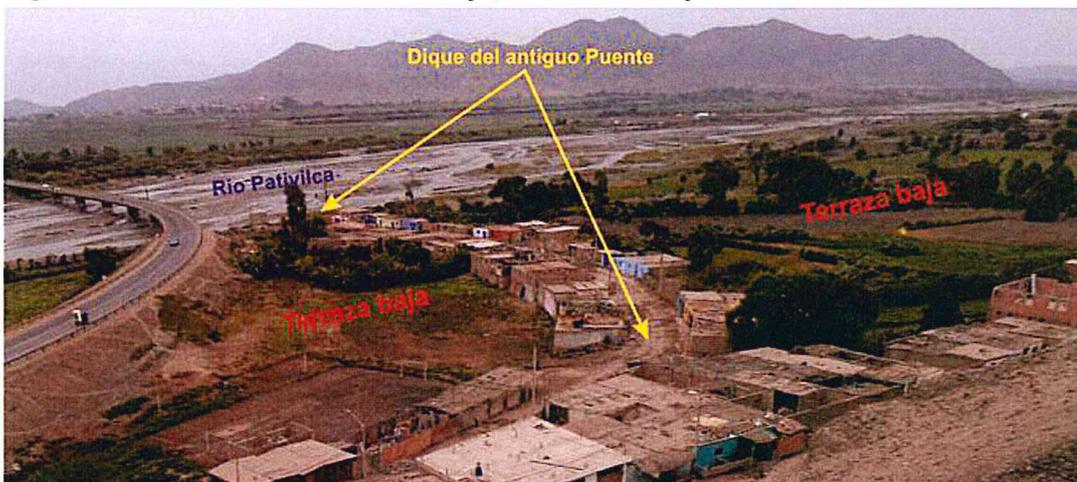


Foto 20. Se aprecia viviendas ubicadas en el dique del antiguo puente Pativilca.

5.2 EROSIONES DE LADERA

Se manifiesta a manera de surcos y cárcavas en los terrenos, comienza con canales muy delgados que a medida que persiste la erosión pluvial, pueden profundizarse a decenas de metros (figura 16). La erosión está relacionada al proceso de escorrentía o arroyada. Normalmente la arroyada posee una profundidad pequeña, pocas veces superior a un centímetro. A partir de allí y con ayuda de la lluvia las partículas se movilizan en el sentido de la máxima pendiente y producen una excavación que tiende a aumentar con la velocidad de la erosión y la susceptibilidad o facilidad del material (roca o sedimento) a ser erosionado.

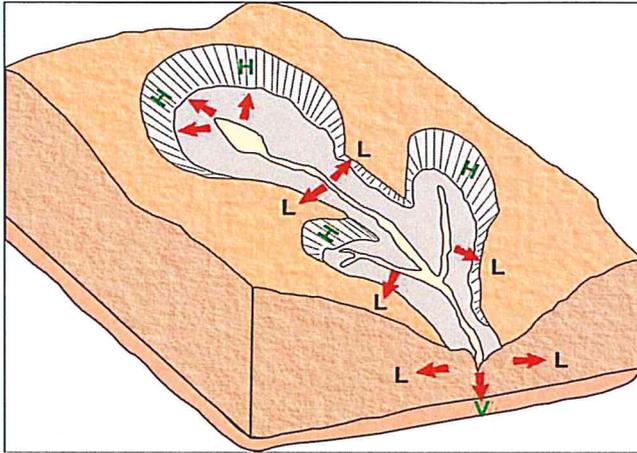


Figura 16. Forma como se manifiesta la erosión de laderas en una ladera de montaña. H: erosión de cabecera, L: erosión lateral y V: erosión vertical.

Sector Palmeras de Bolívar y Cruz del río, se ubica en la margen izquierda del río Pativilca. Se observa dos terrazas, alta y baja (figura 15), entre ellas se ha formado un acantilado, donde se están generando procesos de erosión de ladera, tipo cárcavas con avance retrogresivo.

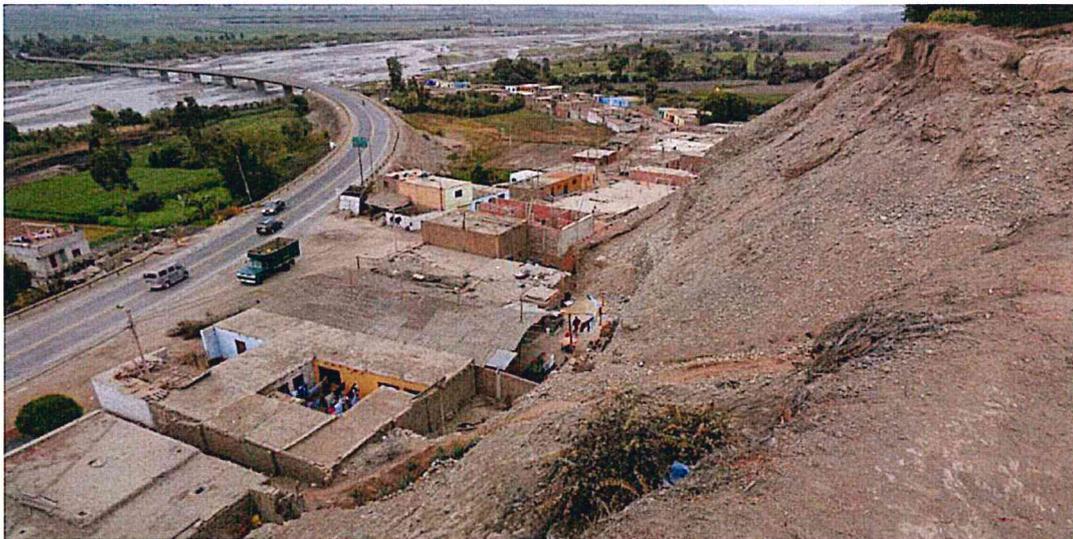


Foto 21. Viviendas ubicadas al pie del acantilado.

En la pared del acantilado se observan dos secuencias, una arena-limosa y otra de conglomerado (foto 22). La primera con un espesor variable entre 20 a 30 cm, la segunda mayor a 20 m.

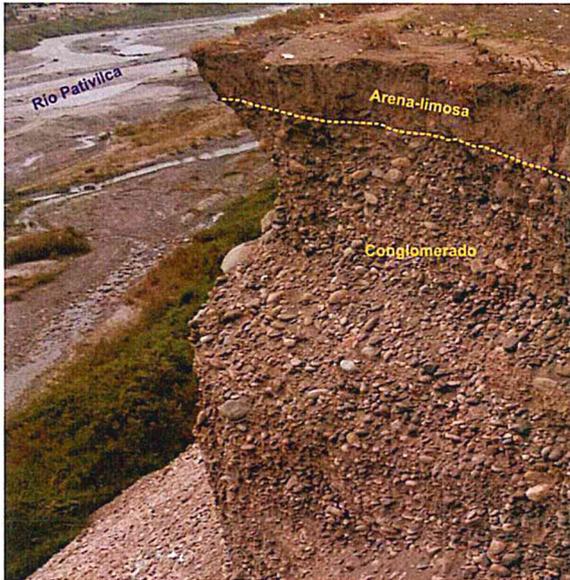


Foto 22. Secuencia areno-limosa, delgada en el tope y de un conglomerado masivo de gran espesor en el nivel inferior.

El poblado de Cruz del Río se ubica en el borde de la terraza alta (foto 23).



Foto 23. Poblado de Cruz del Río, ubicado al borde de la terraza alta.

En la pared del acantilado se presentan erosiones de ladera (figura 17), los factores que los ocasionan, están ligados a las condiciones intrínsecas del terreno, como los depósitos superficiales inconsolidados (Conglomerado de Barranca), pendiente del terreno, ausencia de vegetación, agua subterránea, etc.; así como a los “detonantes” precipitación y sismos, los cuales se detallan a continuación:

- Naturaleza del suelo: Los depósitos superficiales corresponden al “Conglomerado de Barranca” los cuales están conformados por cantos y gravas redondeadas a subredondeadas con matriz arenosa-limosa, poco consolidadas, permeables, con espesor expuesto mayor de 20 metros. Estos materiales están asociados a depósitos antiguos (aluviales), dejados por el antiguo cauce del río Pativilca. (foto 24).
- Presencia de agua en el talud: El riego por gravedad (en la parte alta sobre terrenos aluviales muy permeables), y algunos desagües que

vierten sus aguas al talud, modifican la presión de poros en los taludes; ocasionado el incremento de la presión intersticial, las fuerzas de filtración y el peso unitario de los materiales superficiales (foto 25).

- Pendiente del terreno: La pendiente casi vertical del talud (entre 40° a 80°), está influenciando en la inestabilidad del mismo (fotos 26 y 27).

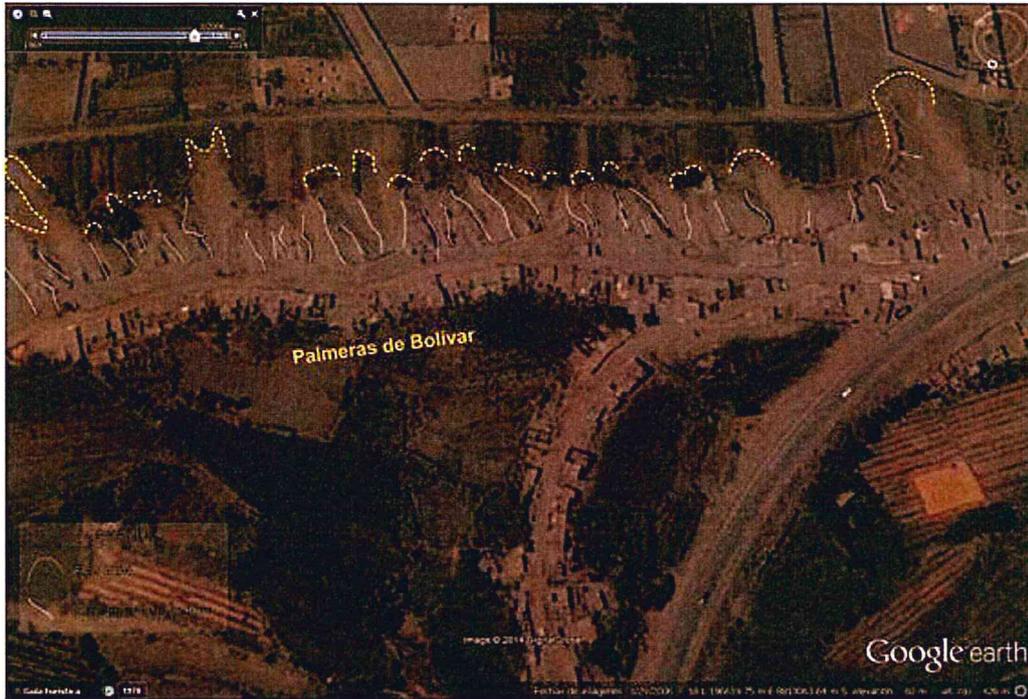


Figura 17. Sector se Palmeras de Bolívar, se aprecian los derrumbes formados por las erosiones de ladera.



Foto 24. Se muestra el talud, conformado por un conglomerado masivo en la base, poco consolidado y de gran espesor cubierto en el tope por una secuencia de arena fina.


 Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ 2 4
 Ing. Geólogo
 Reg. CIP N°. 80612



Foto 25. Desagüe proveniente de los terrenos de cultivo, vertido al talud.



Foto 26. Pendiente del terreno, en el sector de Palmeras de Bolívar.

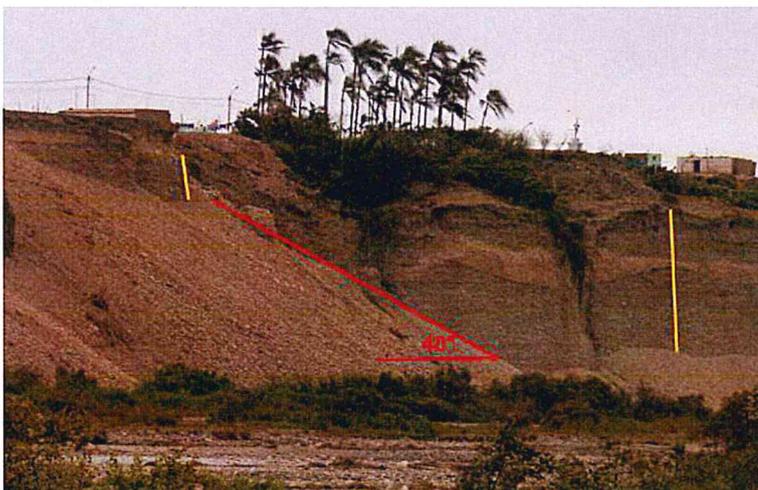


Foto 27. Pendientes del terreno, en el sector de Cruz del Río. En las líneas de color amarillo, se indican pendientes casi verticales del talud. Las pendientes menores se relacionan a talus de detritos del mismo material aluvial caído.

A lo largo del pie del acantilado en el sector de Palmeras de Bolívar, se encuentran asentadas viviendas, donde se han realizado cortes de talud (fotos 28 y 29). Se observan procesos de erosiones de ladera (foto 30). Por el avance

retrogresivo se generan procesos de derrumbes, también se forman conos de derrubios. Las escarpas de los derrumbes llegan a medir hasta 20 m.

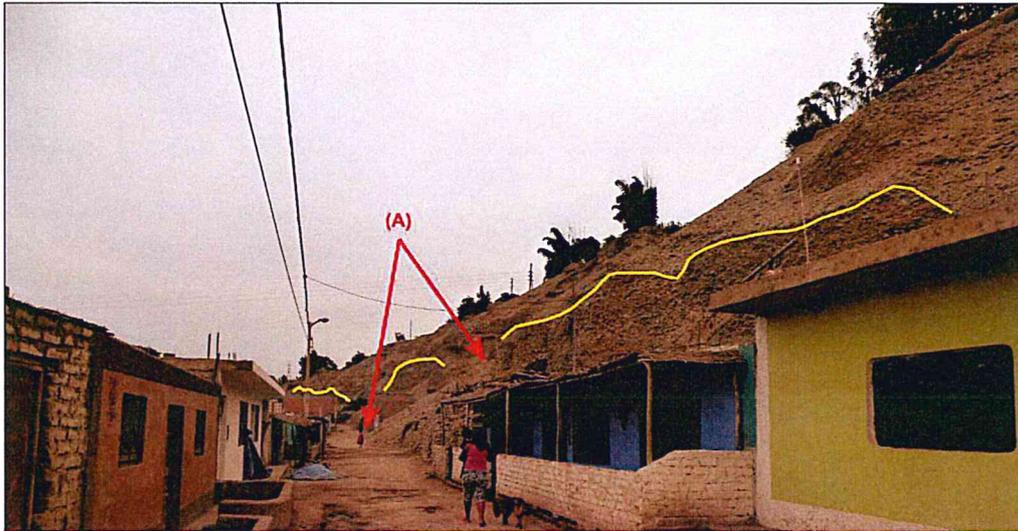


Foto 28. Cortes de talud (líneas de color amarillo) y conos de derrubios (A).

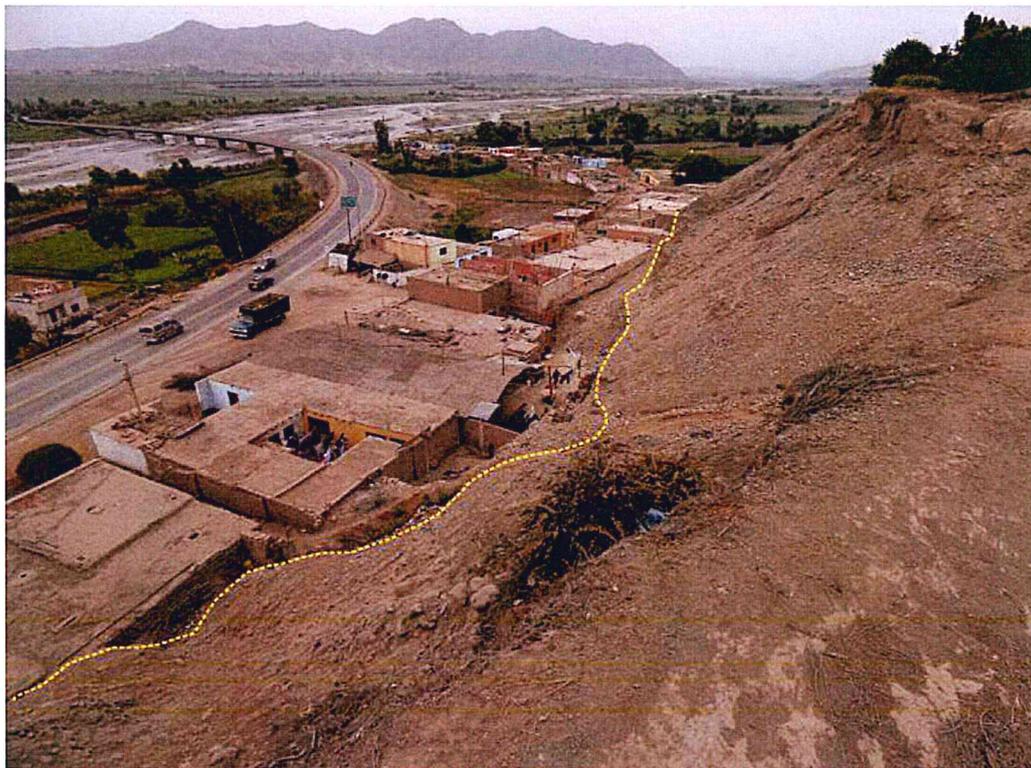


Foto 29. Se muestra la línea de escarpa (línea de color amarillo).

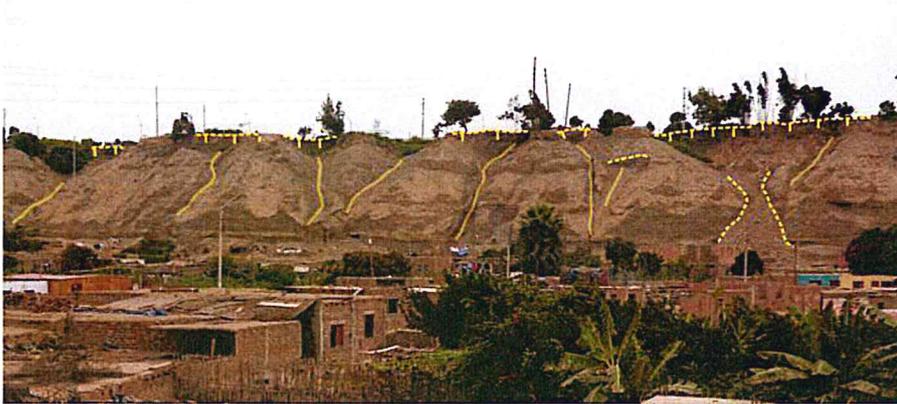


Foto 30. Se muestran los procesos de erosiones (líneas de color amarillo), escarpas en la parte superior o cabecera de cárcava y líneas de dirección de material caído que forman talus de detritos.

5.3 FLUJOS

Se les denomina así porque durante su desplazamiento presentan un comportamiento semejante al de un fluido. Pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos. Existen casos en que se originan a partir de otros tipos de procesos, como deslizamientos o desprendimientos de rocas (Varnes, 1978). Pueden transportar grandes volúmenes de fragmentos rocosos de diferentes tamaños. Pueden alcanzar grandes extensiones de recorrido, más aun si la pendiente es más elevada.

Según Hungr & Evans (2004) los flujos se pueden clasificar de acuerdo al tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral (canalizado o no canalizado, figura 18) y otras características que puedan hacerlos distinguibles. Por ejemplo se tienen flujos de detritos (huaycos), de lodo, avalanchas de detritos, de roca, etc. Las avalanchas de detritos son flujos de grandes dimensiones. Sus depósitos están usualmente compuestos por bloques grandes (métricos), aun cuando se puede encontrar en su matriz material fino derivado parcialmente de roca fragmentada e incorporada en la trayectoria (Hungr et al, 2004).

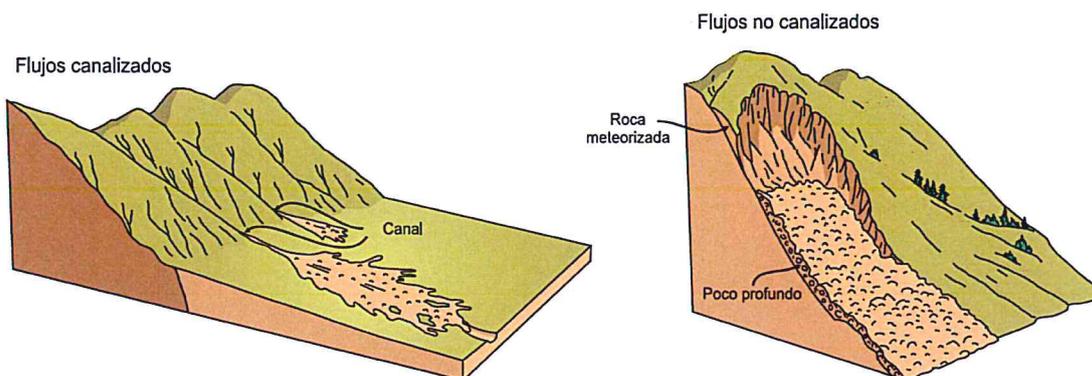


Figura 18. Esquema de flujos canalizados y no canalizados (Cruden y Varnes, 1996)

El potencial destructivo de los flujos está dominado por su velocidad y la altura alcanzada por el material arrastrado (Rickerman, 2005) siendo muy importante una caracterización detallada de los eventos, dato importante que nos dará una idea del grado de peligro al que está expuesta un área determinada.

En el área se muestran eventos antiguos y recientes, los primeros con grandes volúmenes, los recientes de menores volúmenes. Los últimos eventos solamente se han registrado con la presencia de lluvias excepcionales como las del fenómeno El Niño.

6. MEDIDAS PREVENTIVAS

Los ríos tienen su fondo de valle cubierto por depósitos fluviales (gravas, cantos, arenas). Estos son materiales de tránsito, que son retrabajados y removidos por el río, que excava en ellos su canal de flujo normal. Cuando ocurre un aumento de caudal (debido a intensas precipitaciones pluviales) el río puede llegar a ocupar la totalidad de su llanura aluvial y se producen las denominadas avenidas o crecidas produciendo inundaciones, desbordes, erosión y flujos de detritos.

El que este hecho natural derive en un “desastre” proviene en muchos casos de parte de la competencia del hombre por ocupar la llanura de inundación o los espacios cercanos a las orillas de los ríos. Los hechos resultan, a veces, catastróficos socialmente no sólo por la acción de las aguas sobre las actividades humanas, sino también y de forma significativa porque estas mismas actividades contribuyan a acrecentar los daños.

El planteamiento del control de avenidas deberá hacerse combinando una serie de medidas dentro del marco de la planificación regional. Las obras de control deben contemplarse también dentro del contexto, y enfocarlas fundamentalmente a la disminución de daños. Los aspectos básicos a considerar dentro de esta planificación serán (IGME, 1985)

- 1° Ordenación de la cuenca de recepción: Los objetivos son favorecer al máximo la infiltración en esta zona y evitar la erosión, reduciendo así la escorrentía superficial y retardando el tiempo de concentración de las aguas. Para ello hay que favorecer el mantenimiento de la estructura del suelo mediante el mantenimiento o restauración de la vegetación autóctona, la utilización de pastizales y prácticas de cultivo adecuadas (reforestación y utilización de especies nativas). Para impedir la erosión se empleará pequeñas estructuras o diques que favorezcan el depósito de sedimentos (IGME, 1985).
- 2° Regulación de las áreas de inundación y zonas afectadas por flujos de detritos: Consiste en la zonificación de uso de suelo en función de determinados periodos de recurrencia de las inundaciones y flujos de

detritos. Esto permite evitar al máximo en los daños y al mismo tiempo no poner limitaciones de desagüe al canal o cauce natural. Esta acción debe tomarse en base a un mapa de riesgos y debe ir acompañada de propuestas para la gestión y desarrollo de medidas de protección en la zona (muros, gaviones, espigones, etc.).

3° Normas para la previsión y prevención de riesgos: La puesta en marcha y el éxito de un proyecto de planificación de gestión del riesgo, depende fundamentalmente en su mayor parte de la difusión y aceptación que tenga entre los usuarios del plan (las comunidades afectadas). Para llegar a esto es necesario establecer las bases para una labor paralela de información pública y desarrollo de medidas de prevención en que se aborden los siguientes puntos:

- Establecer sistemas de predicción meteorológica y de previsión de la magnitud de la avenida en función de las precipitaciones y del registro de caudales aguas arriba (estaciones hidrometeorológicas).
- Bases para el establecimiento de una normativa de medidas de seguridad y previsión de sistemas de alerta temprana (SAT) y evacuación de la población.
- Medidas de información y difusión pública entre la población sobre el riesgo existente y las medidas a tomar en caso de avenidas (Sensibilización sobre los peligros a que está expuesta la población e infraestructura).
- Potenciación de campañas de educación sobre peligros geológicos en todos los niveles educativos, divulgativos del problema, en este caso, de las inundaciones dentro del contexto ambiental y de control de erosión.

Propuestas de medidas correctivas

Los diseños de las obras de control para procesos geodinámicos aquí mostrados, son de carácter referencial y no representan en ninguno de los casos los diseños y metrados definitivos a ser considerados.

En el cuadro siguiente se numera una serie de medidas correctivas puntuales para los sectores mencionados:

Sector	Observaciones
Espachin Bajo	Necesita 1 km de defensa ribereña.
Araya Chico	Reforzar la defensa ribereña, y completarla.
Las Vírgenes	Construir defensa ribereña en un tramo de 400 m.
Roncador	Replantear la defensa ribereña en un tramo de 1400 m.
Providencia	El tramo erosionado debe ser reconstruido en un tramo de 1 km.
Bocatoma Vinto	Aguas abajo se debe reponer la defensa ribereña, en un tramo de 150 m.

Simón Bolívar	Aguas arriba, se debe reponer la defensa ribereña, gaviones, en un tramo de 100 m. La defensa ribereña construida desde Simón Bolívar debe ser empalmada con la defensa ribereña que se trae desde el puente Nuevo Pativilca, tramo de 150 m.
Palmeras de Bolívar	Reubicar viviendas por: <ul style="list-style-type: none"> - Las ubicadas al pie del acantilado, están expuestas a derrumbes. - Las que se encuentran encima del dique del antiguo puente Pativilca. Porque la base es un material de relleno. - Las ubicadas en la parte baja, esta área es susceptible a inundaciones. Se debe mejorar el sistema de drenaje proveniente de la parte alta, para evitar las erosiones de ladera.
Cruz del Río	<ul style="list-style-type: none"> - Mejorar el sistema de drenaje en las aguas proveniente del regadío de los terrenos de cultivo para evitar la saturación del terreno. - Construir defensas ribereñas al pie de talud. - No eliminar basura ni desmonte al borde del acantilado.
A manera general, todo el tramo del río, debe ser encausado y descolmatado, en forma integral. Se debe forestar toda la ribera con árboles, con la finalidad de darle una estabilidad al borde de la terraza.	

A continuación se presentan algunas propuestas generales de solución para los problemas geodinámicos que afectan la zona en estudio¹. Las mismas que están encaminadas a prevenir los procesos y mitigar los daños ante la ocurrencia de fenómenos naturales que se presentan en el área de estudio.

a) Medidas correctivas para las erosiones fluviales

Defensa ribereña con gaviones:

Las defensas ribereñas constituyen obras fluviales construidas dentro del cauce de un río o en sus márgenes.

Las finalidades de este tipo de obra son:

- Proteger las márgenes contra erosiones;
- Recuperar terrenos ribereños;
- Controlar el transporte de sólidos;
- Almacenar o derivar agua;
- Laminar las crecidas, etc.

En general los gaviones son elementos monolíticos con forma prismática, rectangular o cilíndrica; y consisten de un relleno constituido por fragmentos de

¹ El uso de este documento y la información contenida en él, es valedera para las áreas indicadas y en las ubicaciones descritas en este informe. El uso de la información para algún otro propósito o alguna otra ubicación es a sola responsabilidad del usuario.

roca de determinado tamaño y peso específico, retenidos por un tejido de alambre de acero.

Características Técnico – Funcionales:

- Estructura armada: Soportan esfuerzos de tracción.
- Monolítica: Trabajan como un único elemento.
- Flexible: Tienen tolerancia a la deformación.
- Permeable. Estructuras que eliminan la sub-presión del agua.
- Simplicidad constructiva: No requieren de herramientas o equipos especiales.
- Versátil: Permiten la construcción en agua y bajo cualquier condición climática.
- Económica: Utilizan materiales disponibles en el lugar de construcción.
- Ambientalmente correcta: Se integran perfectamente en el medio ambiente
- Larga vida útil

Entre los tipos principales tenemos:

Gaviones tipo Caja: Los gaviones tipo caja son estructuras en forma de prisma rectangular con malla de acero galvanizado. Estos son rellenos con fragmentos de roca, tornándolo permeable, flexible y de gran durabilidad y resistencia. Utilizados en aplicaciones geotécnicas, hidráulicas y de producción ambiental, en sustitución a grandes bloques de roca que son de difícil transporte y manejo. (Figura 19)

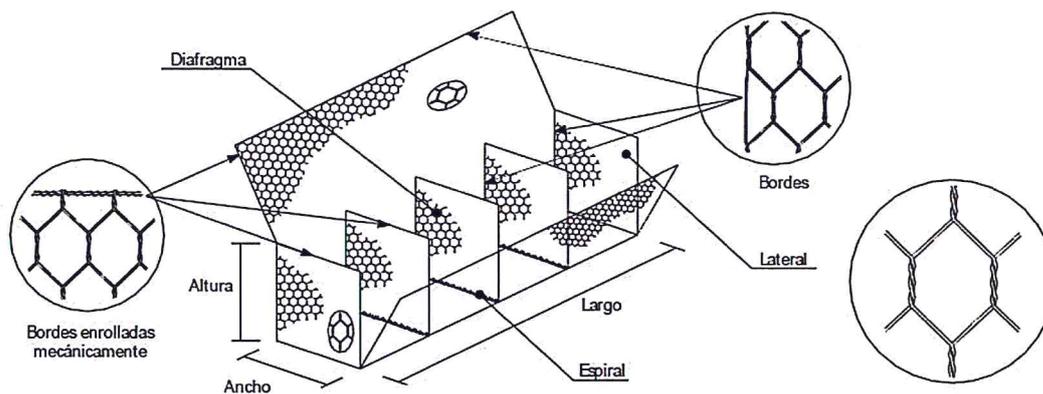


Figura 19. Esquema Generalizado de un Gavión tipo Caja

Gaviones tipo Colchón: Son estructuras rectangulares caracterizadas por su gran área y pequeño espesor, su altura fluctúa entre 0.17 m - 0.30 m. Debido a su flexibilidad y pequeño espesor, son especialmente indicados en la construcción de revestimiento para canales, presas de suelo, escaleras disipadoras y otros. (Figura 20)

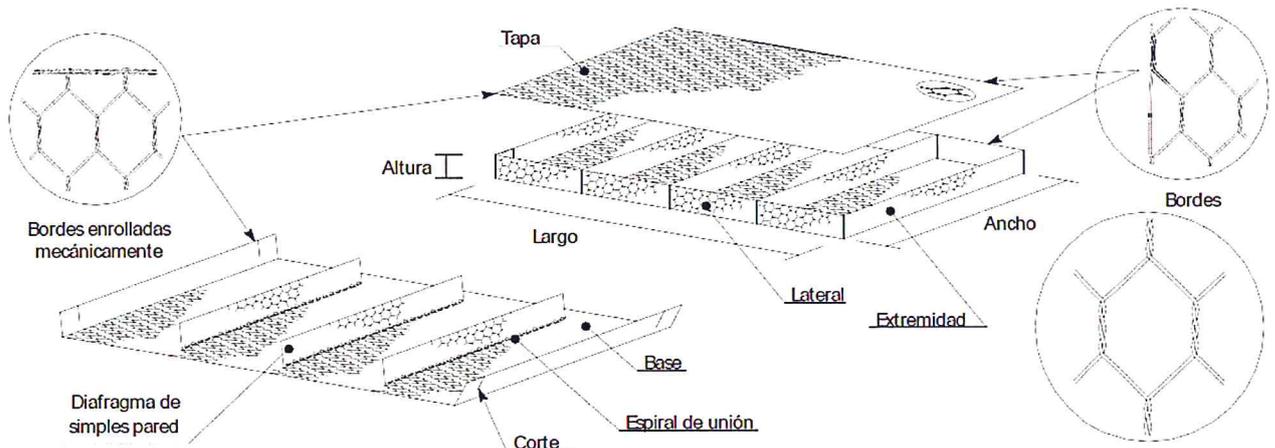


Figura 20. Esquema generalizado de un Gavión tipo Colchón

Gaviones tipo Saco: Existe un tercer tipo de gavión denominado saco, utilizado principalmente en obras de emergencia o en lugares donde no es posible realizar la instalación en condiciones óptimas. A diferencia de los gaviones tipo caja o tipo colchón, los gaviones saco se arman fuera de la obra y con maquinaria pesada se colocan en su posición final. (Figura 21).

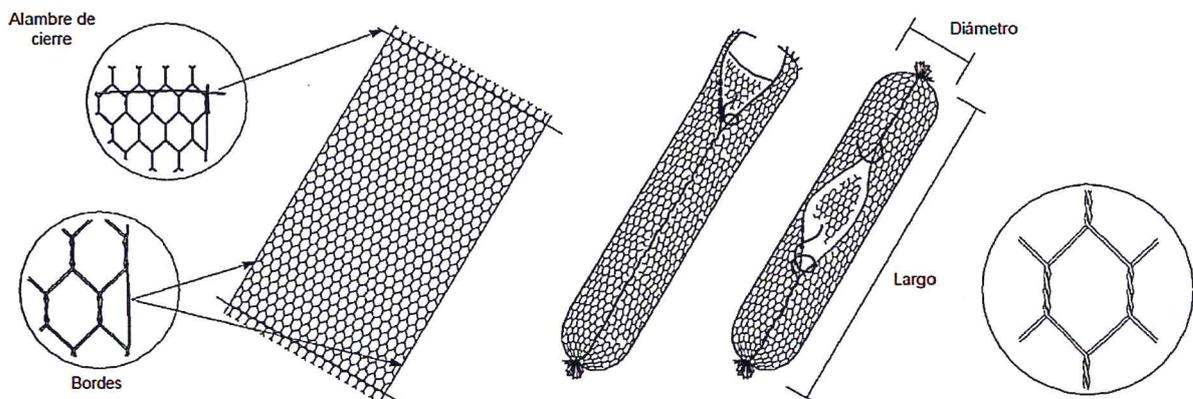


Figura 21. Esquema generalizado de un Gavión tipo Saco

Las defensas ribereñas, a su vez, se dividen en dos sub-tipos, obras longitudinales y obras deflectoras.

- Las obras longitudinales son generalmente usadas:
 - Para delimitar el cauce y aprovechar los terrenos en las márgenes.
 - Para proteger las orillas contra erosiones o inundaciones.
 - Para recuperar terrenos ribereños.
 - Para obras de toma.

Dependiendo de la situación local y de su finalidad, pueden ser diversificadas en estructura gruesa (figura 22) y estructura delgada (figura 23). La primera protege la orilla contra la erosión y actúa como contención, confiriendo estabilidad al talud natural. La segunda es usada para revestir la orilla, natural o artificial, ya estable, oportunamente perfilada, protegiéndola contra la erosión.

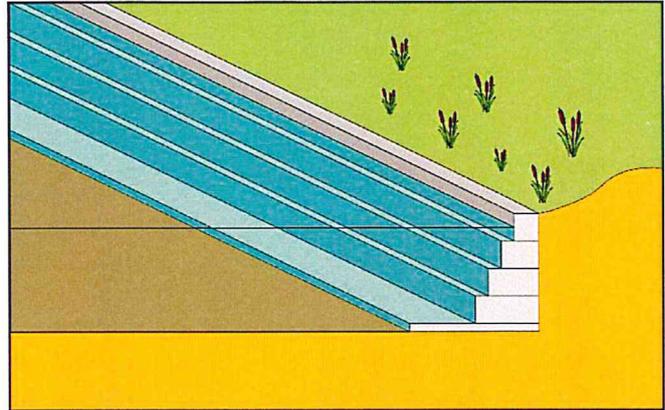
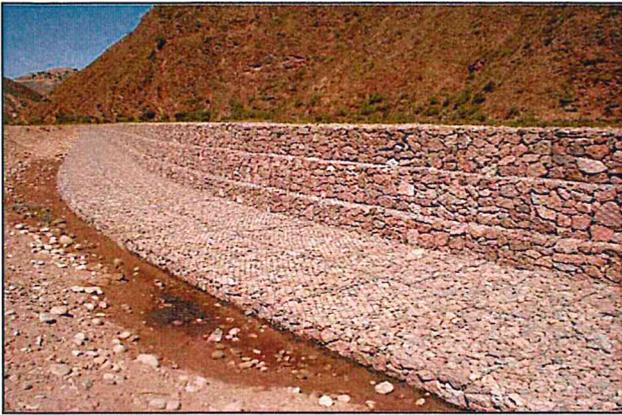


Figura 22. Estructuras longitudinales macizas

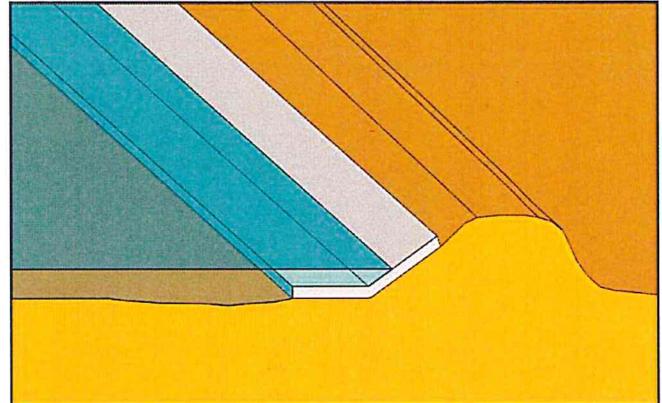
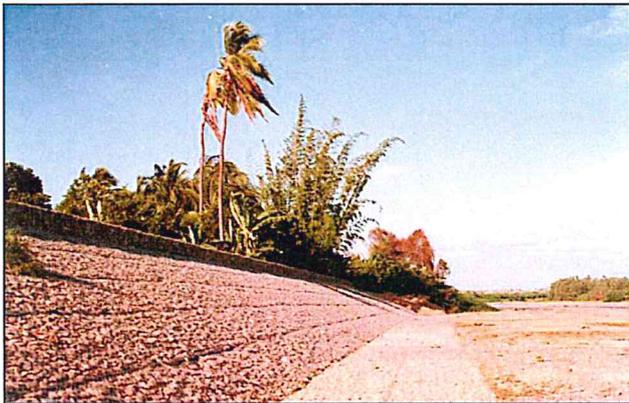


Figura 23 Estructuras longitudinales delgadas

Las obras longitudinales deben interferir lo menos posible con el medio ambiente e integrarse fácilmente al mismo. Las soluciones recomendadas aplicando las estructuras de gaviones tipo caja, y gaviones tipo colchones, se adecúan perfectamente a las necesidades técnicas, constructivas y económicas de este tipo de obras.

En las defensas longitudinales, donde sea necesaria la contención de los márgenes contra la erosión, aplicando las estructuras a gravedad de gaviones, será necesario considerar la protección contra la socavación en las bases de las estructuras utilizando para ello plataformas antisocavantes (figura 24).

FUNCIONAMIENTO DE LA PLATAFORMA ANTISOCAVANTE

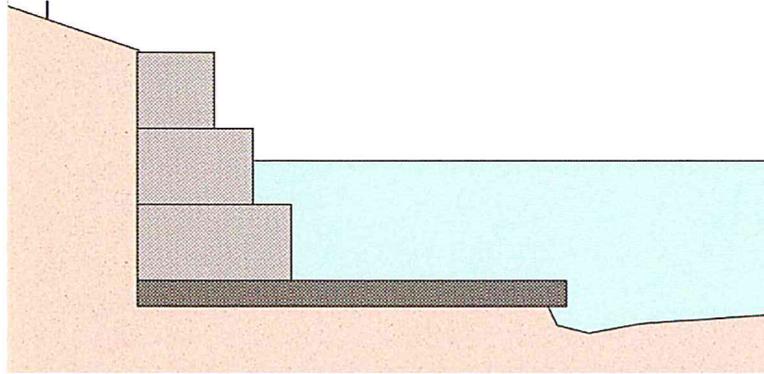
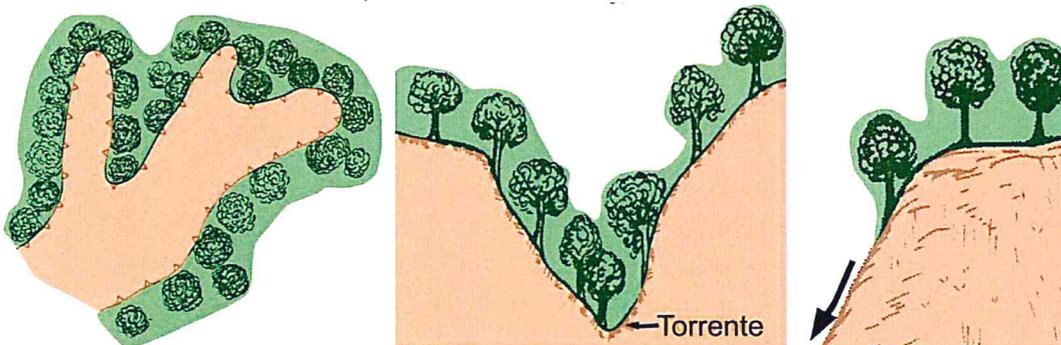


Figura 24

b) Medidas correctivas para el cárcavamiento y flujos de detritos

b.1. *Reforestar*, para evitar el ensanchamiento de la cárcava, con ello se va detener la erosión retrogresiva, que conllevan a la generación de derrumbes de pequeña escala. Figura 25.



Figuras 25. Obras de forestación en zonas de cárcavamiento.

b.2 *Construcción de barrera, rellenos y cortacorrientes*. Construir obras complementarias hidráulicas y control, mediante diques transversales como trinchos de madera, de enrocado o gaviones (figura 26). El objetivo de estas medidas, es disminuir la energía del agua, retener sedimentos para estabilizar la cárcava y proceder a sembrar vegetación.

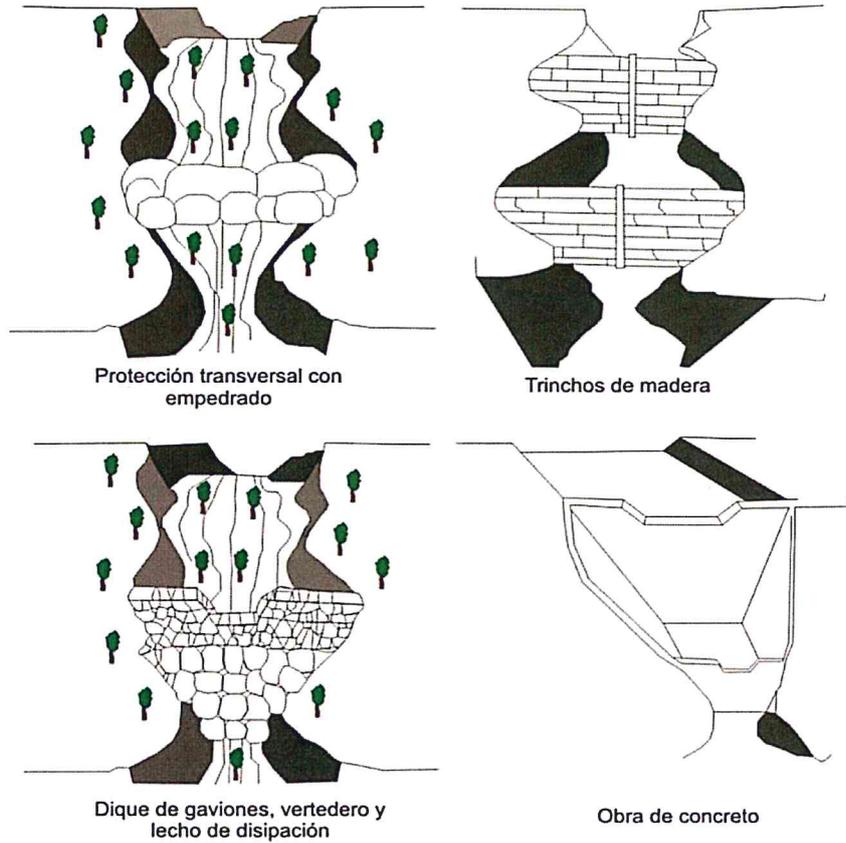


Figura 26. Obras hidráulicas transversales para cárcavas, fijación de sedimentos y protección de desagüeros naturales (Tomado de Instituto Nacional de Vías-Colombia-1998).

[Signature]
Ing. CIP. SEGUNDO A. NUÑEZ JUAREZ 3 5
Ing° Geólogo
Reg. CIP N° 80512

CONCLUSIONES

1. El sector de Palmeras de Bolívar, es un área crítica por peligros geológicos e hidrológicos; el peligro es muy alto presentándose erosión de ladera, derrumbes e inundaciones fluviales.
2. En los sectores de Espachin Bajo, Araya Chico, Las Vírgenes, Roncador, Providencia, Galpón y Los Rosales, se presentan procesos de erosiones fluviales e inundación en tiempos de avenidas excepcionales. Los tramos afectados varían entre 100 m hasta 3,5 km. Estos tramos son susceptibles a la generación de erosiones e inundaciones fluviales, cuando se presentan avenidas de tipo excepcional.
3. En el sector aguas arriba de Simón Bolívar y aguas abajo de la bocatoma Vinto, el río Pativilca genera procesos de erosión fluvial, que afectan las defensas ribereñas existentes en tramos de 100 a 150 m, respectivamente.
4. En tiempos de lluvias excepcionales, en las quebradas afluentes de ambas márgenes del río Pativilca se generan flujos de detritos o de lodo, en la actualidad los depósitos se encuentran ocupados por terrenos de cultivo.
5. Una de las causas de las erosiones de ladera en los acantilados o taludes, son las filtraciones de agua proveniente de los desagües de las chacras.
6. En el sector Cruz del Río hacia aguas abajo, se presentan derrumbes, una causa principal es la erosión lateral del río que provoca socavación al pie del talud. Esto se presenta con lluvias de tipo excepcional
7. El drenaje del río Pativilca es de tipo anastomosado, una de sus características dinámicas es colmatar sus cauces y por ello tender a formar nuevos cauces enmarcadas en un ancho de cauce que incluye muchas veces terrazas bajas inundables. Su dinámica origina las variaciones en la dirección de su curso en el tiempo. Este ancho natural debe respetarse.
8. Las rocas que conforman las laderas adyacentes al valle principal y terrazas son del Batolito de la Costa, conformando stocks de tonalitas, granodioritas. Estas secuencias están intruyendo a los volcánicos Casma.

RECOMENDACIONES

1. El poblado de Palmeras de Bolívar debe ser reubicado, por presentar problemas de erosiones de ladera y derrumbes que pueden afectar a viviendas ubicadas al pie del acantilado. Asimismo por estar asentadas sobre un dique conformado por rocas, el cual no es adecuado para el asentamiento de viviendas. Éste lugar es susceptible a la generación de inundaciones y erosiones fluviales en tiempos de lluvias excepcionales. La actividad de reubicación debe estar a cargo de la municipalidad provincial de Barranca.
2. Intensa forestación en los bordes del acantilado.
3. Control del drenaje proveniente de los terrenos de cultivo, con la finalidad de no saturar al terreno y no inestabilizar el acantilado.
4. Los gaviones y el muro (arrimado de material), que ha sido afectado aguas arriba del sector de Simón Bolívar (100 m), debe ser reconstruido, además se debe dar un mantenimiento a la defensa ribereña.
5. Se debe empalmar las defensas ribereñas, tanto la que proviene del poblado de Simón Bolívar hasta unirse con la que la proviene del nuevo puente Pativilca, el diseño debe ser igual.
6. Hacer un tratamiento integral desde el tramo de Espachin Bajo, hasta la desembocadura del río, con forestaciones de árboles en la zona ribereña del río, con la finalidad de atenuar las erosiones fluviales.
7. Descolmatar y encausar al río Pativilca, después de cada época de avenida.
8. La municipalidad de Barranca, debe emprender un programa de comunicación con la población, para que tome conciencia de los peligros geológicos que se presentan en las comunidades que viven en las zonas ribereñas al río Pativilca.

REFERENCIAS

- Cobbing, J., Pitcher, W. & Garayar, J. (1973). **Geología de los cuadrángulos de Barranca (22-h), Ambar (22-i), Oón (22-j), Huacho (23-h), Huaral (23-j) y Canta (23-j)**. Actualizado por la Dirección de Carta Geológica Nacional. Carta Geológica Nacional. Boletín N° 26 Serie A. 172 Págs.
- Cruden, D.M., & Varnes, D.J. (1996). **Landslide Types and Processes**. En: "Landslides. Investigation and Mitigation", Eds Turner, A.K. and Schuster, R.L. Special Report 247, Transport Research Board, National Research Council, Washington D.C. pp. 36-75.
- Fidel, L., Zavala, B.; Núñez, S. & Valenzuela, G. (2006). **Riesgos Geológicos del Perú**. INGEMMET. Geodinámica e Ingeniería Geológica. Serie "C". Boletín N°29. 136 Págs.
- Hungr, O. & Evans, S.G., 2004, **Entrainment of debris in rock avalanches: an analysis of a long run-out mechanism**: Geological Society of America Bulletin, V.
- INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS - COLOMBIA (1998). **Manual de estabilidad de taludes – Geotécnia Vial**. Ministerio de Transportes – Instituto Nacional de Vías. Colombia. 340 Págs.
- IGME – Instituto Geológico y Minero de España (1985), Geología y Prevención de daños por inundaciones. ISBN 84-7474-324-9. 421 p
- Rickenmann, D. (2005). **Debris flows and risk assessment**. Report for the Swiss Federal Office for Water and Geology. University of Natural Resources and Applied Life Sciences and Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research (WSL). Birmensdorf
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) (2003), Mapa de Precipitación Anual-Periodo Normal (Septiembre-Mayo). En: Atlas de Peligros Naturales (INDECI). Lima. Págs. 310-311.
- Villota, H. (2005). **Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras**. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Colombia-Bogotá. 2da. Edición, 184 pág.