

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

INFORME TÉCNICO

N°A6449



**PELIGRO DE EROSIÓN FLUVIAL, INUNDACIONES Y HUAYCOS
EN EL SECTOR DE SIVIA”**



(REGIÓN AYACUCHO, PROVINCIA HUANTA, DISTRITO SIVIA)

Por:

Segundo Núñez Juárez

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO



LIMA - PERÚ
MARZO - 2011

CONTENIDO

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA	1
3.- MORFOLOGÍA Y DINÁMICA FLUVIAL	4
3.1 RÍO APURIMAC	4
3.1 RÍO SIVIA	7
4.- ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	8
4.1 GRUPO SAN JOSÉ.....	9
4.2 FORMACIÓN SANDIA	9
4.3 FORMACIÓN CABANILLAS	9
4.4 FORMACIÓN LA MERCED.	10
4.5 FORMACIÓN YAHUARANGO	11
4.6 DEPÓSITOS ALUVIALES	11
4.7 DEPÓSITOS COLUVIO-DELUVIALES	12
5.- PELIGROS GEOLÓGICOS.....	13
5.2 OBSERVACIONES DE CAMPO	13
5.2.1. EROSIÓN FLUVIAL	13
5.2.2 FLUJOS DE DETRITOS (HUAYCO).....	20
5.2.3. DESLIZAMIENTOS Y DERRUMBES	25
6. MEDIDAS PREVENTIVAS	26
CONCLUSIONES.....	27
RECOMENDACIONES.....	27
REFERENCIAS	29
ANEXOS	30
MEDIDAS CORRECTIVAS	31
PARA LA EROSIÓN FLUVIAL	31
PARA LOS FLUJOS DE DETRITOS	31

FIGURAS:

- Figura 1 Mapa de ubicación.
Figura 2 Se muestra los canales e islas formados, en el sistema fluvial del río Anastomosado.
Figura 3 Perfil esquemático de un río anastomosado.
Figura 4 Imágenes satelitales que muestran la dinámica del río Apurimac en el sector de Sivia.
Figura 5 Mapa Geológico del sector de Sivia y alrededores.
Figura 6 Mapa de Peligros Geológicos del sector de Sivia y alrededores.
Figura 7 Se muestra las áreas erosionadas en diferentes años.
Figura 8 Se muestra las zonas afectadas por la erosión fluvial del río Apurimac y los cambios de dirección de la corriente del río Apurimac.
Figura 9 Esquema de la erosión fluvial de Sivia.
Figura 10 Sector de Sivia y Jatun Rumi, y el depósito generado por el flujo de detritos (Huayco). Las flechas de color azul indican la dirección de la corriente del río Apurimac y las de color negro indican la dirección del flujo de detritos.
Figura 11, 12 Medidas correctivas para flujos de detritos.
Figura 13 Vista en perfil y en planta de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes inestables
Figura 14 Tipos de presas escalonadas para la protección de fondo de cárcavas y huaycos incipiente

FOTOS:

- Foto 1 Poblado de Sivia.
Foto 2 Isla frente al sector de Quimpitiquire.
Foto 3 Parte media del cauce del río Sivia, se muestra un canal único y definido.
Foto 4 Quebrada Cachiyacu, afluente al río Sivia, se observa la erosión en ambas márgenes, generando inestabilidad.
Foto 5 Secuencia de areniscas cuarzosas de la Formación Cabanillas.
Foto 6 Afloramiento de lutitas, en la quebrada Cachiyacu.
Foto 7 Terraza baja, sector de Quimpitirique.
Foto 8 Cauce del río Sivia, conformado por bloques y grava, de forma subangulosa a subredondeada.
Foto 9 Poblado de Sivia, ubicado en la margen izquierda del río Apurimac, sobre depósitos coluvio-deluviales.
Foto 10 Sector erosionado por el río en el año 1998.
Foto 11 Terrenos de cultivo afectados por la erosión fluvial.
Foto 12 Defensa ribereña conformada por enrocado y gavión, se muestra el área afectada.
Foto 13 Defensa ribereña conformada por sacos de arena y arrimado de material (desmonte).
Fotos 14, 15 Poblado de Jatun Rumi.
Foto 16 Torre de alta tensión que puede ser afectada por la erosión fluvial.
Foto 17 Aguas abajo del antiguo poblado de Jatun Rumi, se muestra la defensa ribereña parcialmente destruida.
Foto 18 Quebrada Chungaryhuayco, generó flujo de detritos que afectó carretera Sivia-Balsamuyoc.
Fotos 19, 20 Flujo de detritos, se muestra la grava, algunos bloques y restos de troncos, dispuestos en la superficie del terreno.
Foto 21 Aguas arriba del puente, de donde se empieza a ampliar la quebrada.

- Foto 22 Flujo de detritos en su parte terminal (huayco) proveniente del río Sivia, hacia el río Apurímac.
- Foto 23 Gavión ubicado en la margen izquierda del río Sivia, cubierto por restos de troncos de árboles.
- Foto 24 Puente peatonal parcialmente destruido.
- Foto 25 Área urbana, viviendas afectadas por el huayco e inundación.
- Foto 26 Deslizamiento que afecta la carretera afirmada Sivia-Balsamuyoc.

“PELIGRO DE EROSIÓN FLUVIAL, INUNDACIONES Y HUAYCOS EN EL SECTOR DE SIVIA

DISTRITO DE SIVIA – HUANTA – REGIÓN AYACUCHO

1. INTRODUCCIÓN

En el mes de enero- del 2011, intensas lluvias se presentaron en el valle de los ríos Apurímac y Ene (VRAE), provocando avenidas extraordinarias que ocasionaron erosiones e inundaciones fluviales; así como también se generaron flujos de detritos (huaycos); siendo el distrito de Sivia, ubicado en la margen izquierda del río Apurímac y a ambas márgenes del río Sivia, una de las localidades más afectadas. Sivia, es jurisdicción de la provincia de Huanta, región Ayacucho

Las fuertes precipitaciones pluviales y la carga sólida acarreada por los tributarios principales y quebradas provocaron el incremento del caudal del río Apurímac y su consiguiente crecimiento de nivel, llegando a ocupar el ancho su cauce actual. Esto provocó erosión, el desborde e inundación de las áreas aledañas, generando daños en viviendas, terrenos de cultivo, colapsos en las obras de defensa ribereña. Asimismo en el río Sivia, afluente del río Apurímac por su margen izquierda, se generó un flujo de detritos (huayco) que afectó a las viviendas ubicadas en la margen izquierda.

El Alcalde de la Municipalidad Distrital de Sivia, mediante Oficio N°022-2011-MDS-HTA/ALC de fecha 01 de febrero, dirigida al Presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicitó la designación de un profesional para realización de identificación de peligros asociados a inundaciones en la comunidad de Sivia, distrito Sivia, VRAE.

Atendiendo a esta solicitud, la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico de INGEMMET comisiona al Ing. Segundo Núñez Juárez a realizar dicha evaluación. Los trabajos de campo se realizaron entre el 01 al 07 de marzo del 2011, previas coordinaciones con el Ing. Wilfredo Juárez Rojas, alcalde de Sivia. En los trabajos de campo se contó con la presencia del Ing. Edward Ochoa, Sub Gerente de Obras de la Municipalidad Distrital de Sivia.

El presente informe contiene una interpretación de los procesos de dinámica fluvial del río Apurímac, así como de movimientos en masa ocurridos en estas fechas donde se registraron las lluvias excepcionales, así como los daños ocasionados por los ríos Apurímac y Sivia. En este informe se emiten las conclusiones y recomendaciones pertinentes que la Municipalidad de Sivia debe tomar en cuenta para la prevención y mitigación de los procesos geohidrológicos-geológicos ocurridos en su cuenca fluvial, para así evitar desastres futuros en las poblaciones ribereñas evaluadas.

2. CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

El distrito de Sivia se ubica en la margen izquierda de los ríos Apurímac y Sivia (Figura 1), en la desembocadura de este al río Apurímac, a una altura de 530 m.s.n.m. Cuenta con aproximadamente 5,000 habitantes, que se dedican principalmente a la agricultura.

El área evaluada está comprendida entre las coordenadas UTM: 8612000 – 8620000 Norte y 618000 – 628000 Este.

En época seca (no lluviosa), se accede a Sivia desde Ayacucho, a través de la carretera Ayacucho – Tambo – Machente – Rosario – Sivia, con 215 km de longitud (ocho horas de viaje). En el periodo lluvioso, la carretera en el sector de Rosario – Sivia, tramo que se interrumpe por derrumbes en los cortes de talud, por lo que es necesario tomar la ruta Rosario - San Francisco – Kimbiri – Pichari – Jatun Rumi, de 30 km de longitud (una hora). Para luego trasladarse en embarcación desde el puerto Jatun Rumi a Sivia, cruzando el río Apurímac.

La zona presenta un **clima** tropical y húmedo. Actualmente no cuenta con una estación hidrometeorológica. Sin embargo de la estación de Pichari, la más cercana al área de trabajo (última en funcionar), se tiene registrada precipitaciones de 2184,6 mm anuales (SENAMHI, 2003).

El poblado de Sivia (Foto 1), se encuentra actualmente en proceso de expansión urbana, proceso que se realiza sin planificación, ubicándose sobre áreas vulnerables a peligros geológicos, específicamente sobre los cauces de antiguas quebradas y terrenos muy susceptibles a ser erosionados por la dinámica fluvial.



Foto 1.- Poblado de Sivia.

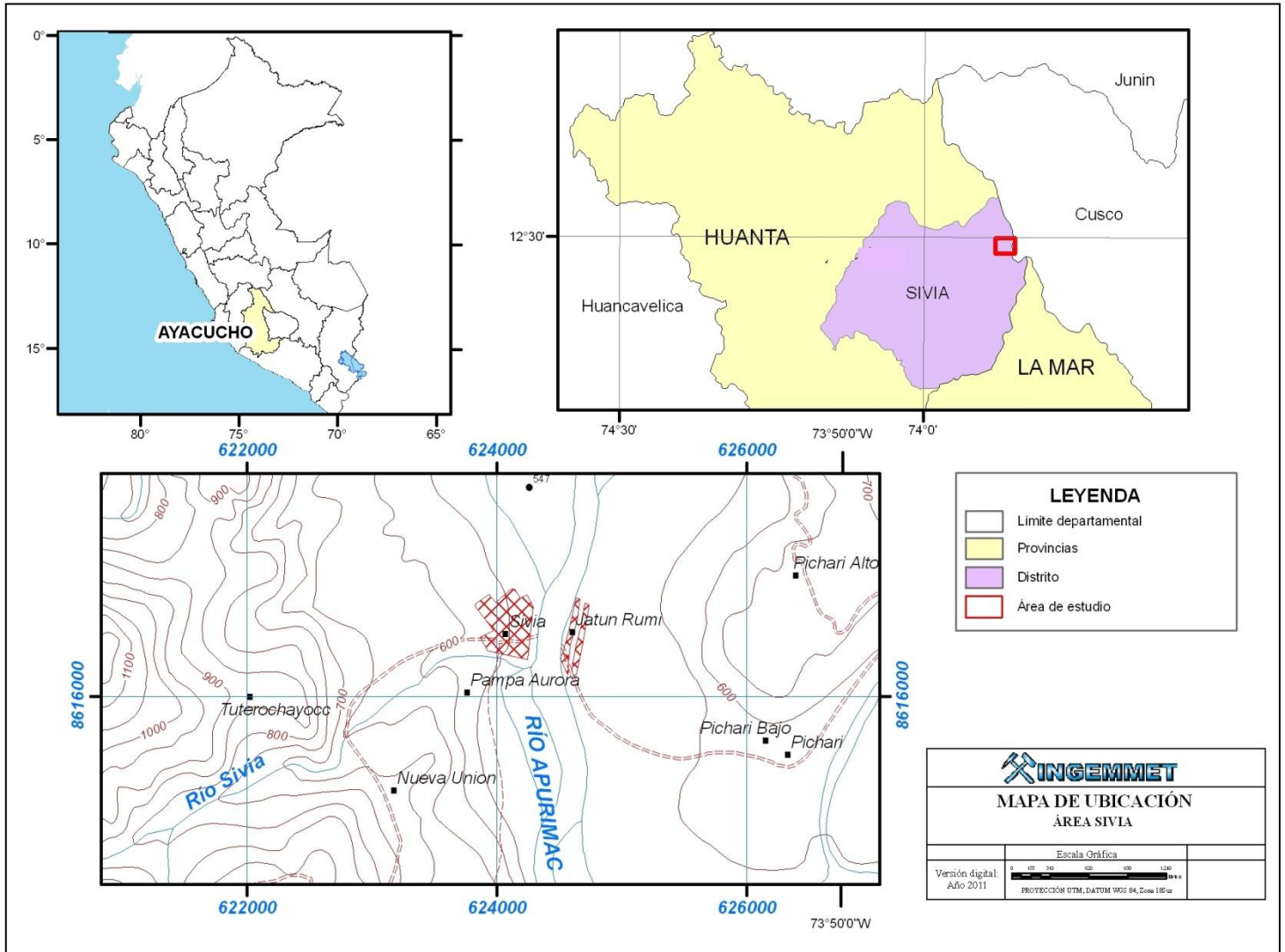


Figura 1.-Mapa de Ubicación.

3. MORFOLOGÍA Y DINÁMICA FLUVIAL

Para entender los procesos ocurridos en el valle de Apurímac, es necesario conocer las características morfológicas, drenaje y su comportamiento fluvial.

3.1 RÍO APURIMAC

El río, en el sector de Sivia, tiene un drenaje de tipo anastomosado, condicionado por la gradiente muy baja que presenta, originándose una serie de canales que se interconectan mostrando una alta sinuosidad; siendo estos angostos y relativamente profundos. En estos sistemas los canales son separados por planicies de inundación que consisten en islas con vegetación (Foto 2), muros naturales y áreas donde pueden desarrollarse depósitos de desborde. Los canales, en estos sistemas, son rellenados con arena y grava, formando depósitos lenticulares, limitados por depósitos areno – arcillosos de muro natural (Smith, S 1980).



Foto 2.- Isla frente al sector de Quimpitiriqui.

Estas corrientes fluviales anastomosadas, tienen gran capacidad de transporte y sedimentación, pero menor energía que las corrientes rectilíneas, por lo que, al encontrarse con obstáculos, tienden a modificar su trayectoria adecuándose al relieve y a los sedimentos en el fondo del cauce. Su deposición en el fondo está compuesta por sedimentos de granulometría heterogénea durante la época de aguas bajas, causa principal de la división del cauce en los canales anastomosados, es decir, divididos dentro del propio cauce (ver Figuras 2, 3 y 4). A medida que se van estabilizando las islas de sedimentos, pueden llegar a desarrollarse en ellas una vegetación pionera primera y más estable después, aprovechando la dotación de agua que proporciona el propio río.

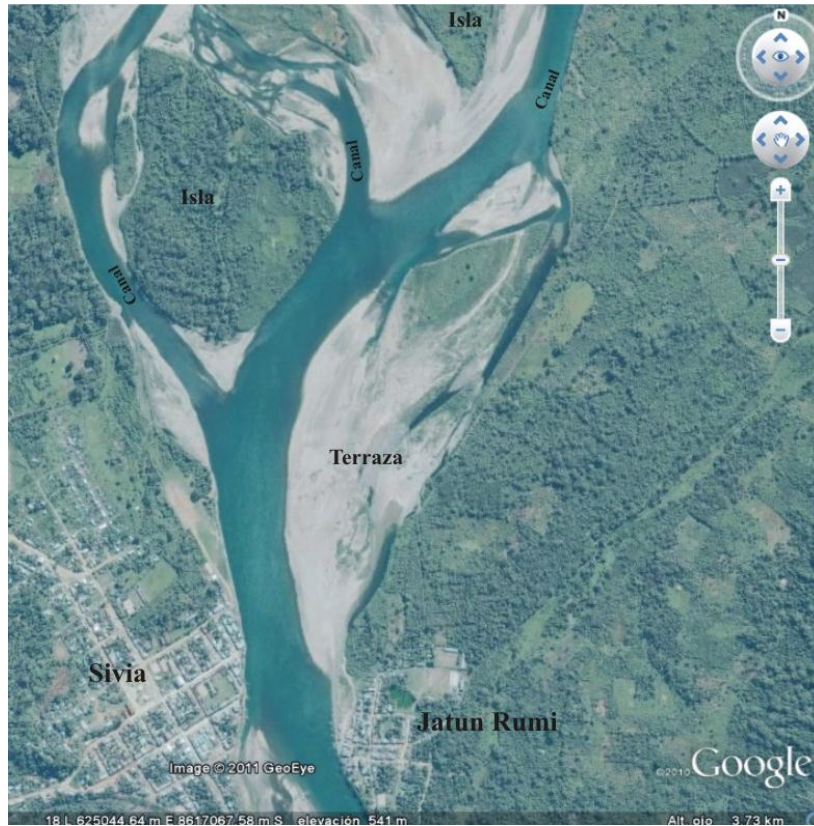


Figura 2. Se muestra los canales e islas formados, en el sistema fluvial del río de tipo anastomosado.

Según lo observado en las imágenes satelitales (ver Figura 3), para los años 1986, 1991, 2000, 2005 y 2007 en el período de estiaje (julio – agosto), las mayores variaciones del cauce del río Apurímac, se han dado frente al sector de Quimpitiriqui-Sivia y frente a Pichari. Esto se debe a que los ríos o quebradas mencionadas, al desembocar sus depósitos hacia el río Apurímac, generan una “barrera natural”, que hace que el río principal (Apurímac) cambie su dirección parcialmente. Estos depósitos en tiempos de avenida nuevamente son erosionados. (Figura 4).

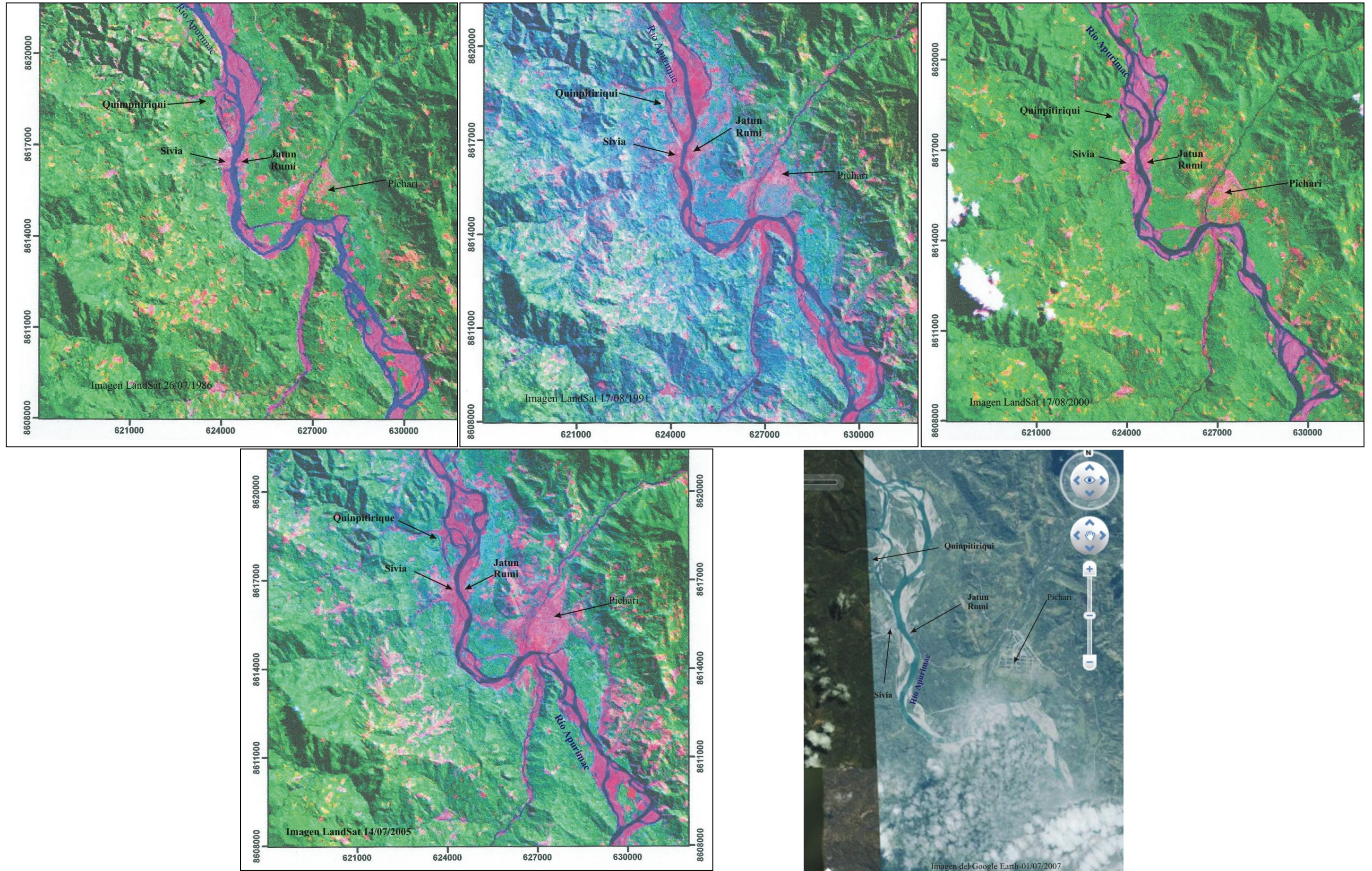


Figura 3.-Imágenes satelitales para diferentes años, que muestran la dinámica del río Apurímac en el sector de Sivia.

3.2 RÍO SIVIA

Este río presenta un drenaje de tipo rectilíneo, las corrientes se caracterizan por una sinuosidad baja (menor a 1,5) y multiplicidad 1, es decir, un único canal (Foto 3).



Foto 3.- Parte media del cauce del río Sivia, se muestra un canal único y definido.

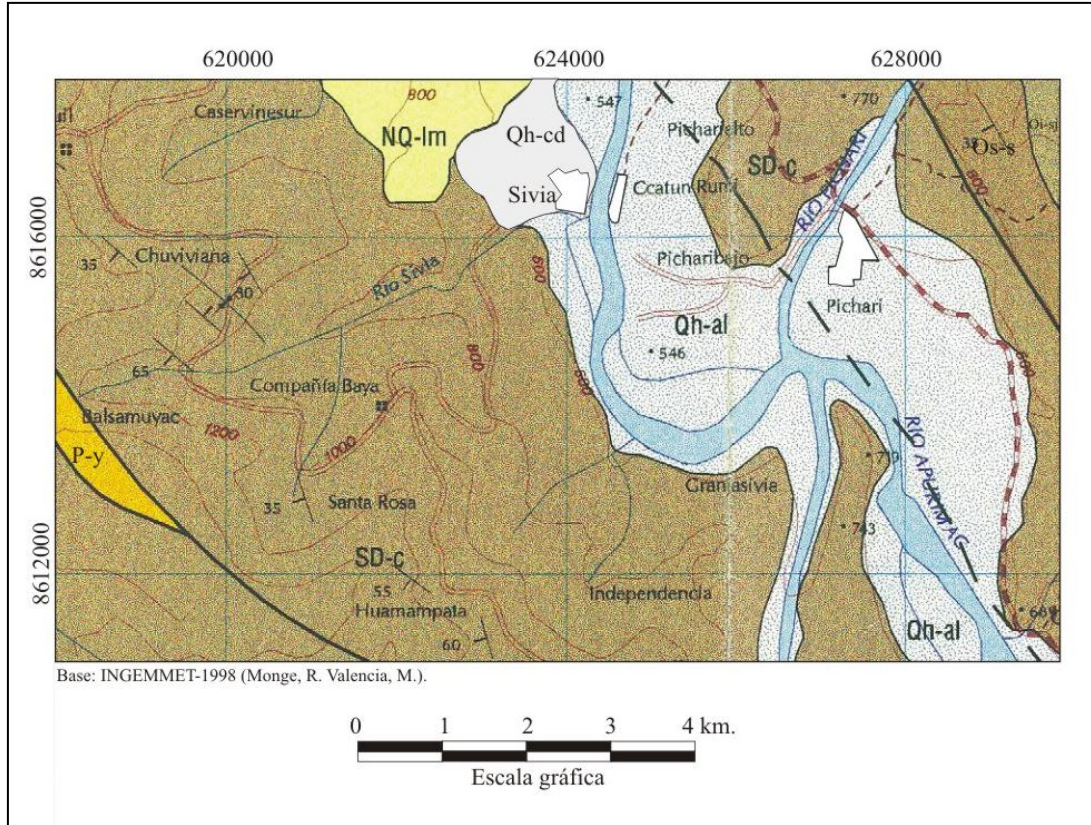
Por ser un río juvenil, con perfil típico en “V”, generalmente son muy inestables, y tienden a evolucionar a otros tipos de río; por ello que en su cuenca alta y media, erosionan sus paredes laterales, inestabilizando las laderas, generando deslizamientos y derrumbes (Foto 4). Tienen caudal de alta energía y gran capacidad erosiva. Es por ello que forman generalmente flujos de detritos o de lodo en épocas de intensas precipitaciones.



Foto 4.- Quebrada Cachiyacu, afluente al río Sivia, ambas márgenes están inestables.

4. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Según la cartografía geológica en el cuadrángulo de Llochegua (Monge et. al., 1998), en el área de estudio se presentan las siguientes unidades geológicas (ver Figura 4).



LEYENDA			
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Deposito Aluvial Coluvio-deluvial
		PLEISTOCENA	Formación La Merced
	NEÓGENO	PLIOCENA	
		OLIGOCENA	
		EOCENA	Formación Yahuarango
PALEOZOICA	DEVONIANO	PALEOCENA	
			Formación Cabanillas
	SILURIANO		
	ORDOVICIANO	SUPERIOR	Formación Sandía
	INFERIOR	Grupo San José	

SÍMBOLOS	
	Contacto geológico conocido
	Rumbo y buzamiento
	50°
	Eje de sinclinal
	Falla Normal
	Carretera afirmada
	Centro Poblado

Figura 4.- Mapa Geológico del sector de Sivia y alrededores.

4.1 GRUPO SAN JOSÉ

Aflora en el extremo noreste del área de estudio (NE de Pichari). Según Monge, R. (1998), se presentan dos secuencias de rocas metamórficas y sedimentarias: una inferior constituida por pizarras en capas delgadas tabulares, con laminación interna paralela, muy fracturadas, y con algunos niveles de filitas. Se caracteriza por ser homogénea, color oscuro, con pátina de oxidación de pirita diseminada. La segunda secuencia o superior, está constituida por pizarras en capas delgadas con laminación interna paralela, intercalada con capas medianas tabulares de areniscas de color gris oscuro, de grano fino, con presencia de fósiles. Por sus características se pueden generar deslizamientos y derrumbes.

4.2 FORMACIÓN SANDIA

Aflora en la margen derecha del río Apurímac, siguiendo una dirección noroeste.

Monge, R. (1998) divide a la Formación Sandia en dos miembros:

- a) Inferior.- Conformado por cuarcitas de color gris claro a blanquecino, en capas gruesas y medianas, tabulares. Presentan estructuras sedimentarias de estratificación sesgada. Se intercala con areniscas micáceas y capas delgadas de cuarcitas gris oscuras.
- b) Superior.- Representada por una intercalación de areniscas y cuarcitas de grano fino que varían de gris claro a gris oscuro y blanquecinas, en capas delgadas a medianas tabulares. Limolitas con estratificación interna paralela.

Los materiales de esta formación son susceptibles a generar deslizamientos, derrumbes como también flujos de detritos.

4.3 FORMACIÓN CABANILLAS

Esta unidad aflora en ambas márgenes del río Apurímac, entre los sectores de Sivia y Pichari. Consiste de una alternancia de areniscas cuarzosas y limolitas pizarrosas, de color gris claros (Fotos 5 y 6). En menor proporción alternan las limolitas pizarrosas, estratificadas en capas delgadas. Cuando se producen cambios en su morfología, pueden generar movimientos en masa, como caídas de rocas, derrumbes y deslizamientos.



Foto 5.- Secuencia de areniscas cuarzosas de la Formación Cabanillas.



Foto. 6.- Afloramiento de lutitas, en la quebrada Cachiyacu.

4.4 FORMACIÓN LA MERCED.

En el área de estudio, esta formación se distribuye en la margen izquierda del río Apurímac, en el sector de Quimpitiriqui, siguiendo dirección noroeste.

Está constituida por una gruesa secuencia de conglomerados polimícticos. Los clastos son de formas subredondeadas a redondeadas, con clasto de cuarcitas, pizarras silicificadas, calizas, areniscas y en menor proporción de intrusivos; de hasta de 20 cm de diámetro; semiconsolidada. Rocas de mala calidad, muy susceptibles a la generación de movimiento en masa, como flujos y derrumbes.

4.5 FORMACIÓN YAHUARANGO}

En el área de estudio, aflora en las nacientes del río Sivia y quebrada Cachiyacu, presentándose con dirección noroeste.

Esta unidad está constituida de areniscas rojas de grano fino en capas delgadas a medianas, que se intercalan con lodolitas rojas y abigarradas, y areniscas arcósicas de grano medio a grueso en capas de 30 a 40 cm. Son muy susceptibles a la generación de deslizamientos y derrumbes.

4.6 DEPÓSITOS ALUVIALES

Estos depósitos se encuentran distribuidos a lo largo de los cauces de los ríos Apurímac y Sivia.

En el sector del río Apurímac, esta unidad está conformada por grava en una matriz arenosa, los fragmentos de roca son de forma bien redondeada.

Las terrazas formadas en ambos márgenes del río Apurímac (Foto N°7), indican las fluctuaciones del caudal y la migración lateralmente de las aguas, generalmente están conformadas por grava y arena.



Foto 7.- Terraza baja, sector de Quimpitiriqui.

En el río Sivia, la unidad está conformada por grava, bloques de formas redondeadas a subredondeadas, que provienen de la erosión de las formaciones Cabanillas y Yahuarango (Foto 8).



Foto 8.- Cauce del río Sivia, conformado por bloques y grava, de forma subangulosa a subredondeada.

4.7 DEPÓSITOS COLUVIO – DELUVIALES

Son depósitos de piedemonte, que se han originado por la movilización de materiales provenientes de las laderas por acción de la gravedad y agua. Están conformados por gravas, bloques de formas subangulosos a subredondeados, en matriz areno – limosa. Tienen una ligera pendiente, menor a 5° (Foto 9).



Foto 9.- Poblado de Sivia, ubicado en la margen izquierda del río Apurímac, sobre depósitos coluvio-deluviales.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

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. La cuenca actúa como un sistema de proceso – respuesta autorregulable, 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 y flujos de detritos son los temporales de lluvias más o menos excepcionales por su intensidad, duración y/o extensión (lluvias cortas de gran intensidad o lluvias prolongadas 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 o huayco periódico 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 el caso de los ríos Apurímac y Sivia.

Según Guzmán. et. Al, 2003, el sector de Sivia, está considerado como un área de alto peligro, frente a deslizamientos, movimientos complejos (deslizamientos-flujos), huaycos, inundaciones y erosión fluvial.

5.1 OBSERVACIONES DE CAMPO

Durante los trabajos de campo realizados en el sector de Sivia, se identificaron los siguientes peligros geológicos: erosión fluvial, flujo de detritos (huaycos), deslizamiento y derrumbes (ver Figura 5), que a continuación se detallan.

5.1.1 EROSIÓN FLUVIAL: Como antecedente histórico se tiene la erosión fluvial originada por el río Apurímac en 1998 (Foto 10 y Figuras 5 y 6) que afectó una manzana de viviendas (actualmente es una playa). Teniendo como causa principal el cambio de dirección de la corriente aguas arriba, posiblemente por la colmatación de uno de los canales del río Apurímac.



Foto 10- Sector erosionado por el río en el año 1998.

En el presente año el río Apurímac generó una intensa erosión fluvial en ambas márgenes, afectando a los sectores de Sivia y Jatun Rumi, (Figuras 5, 6 y 7).

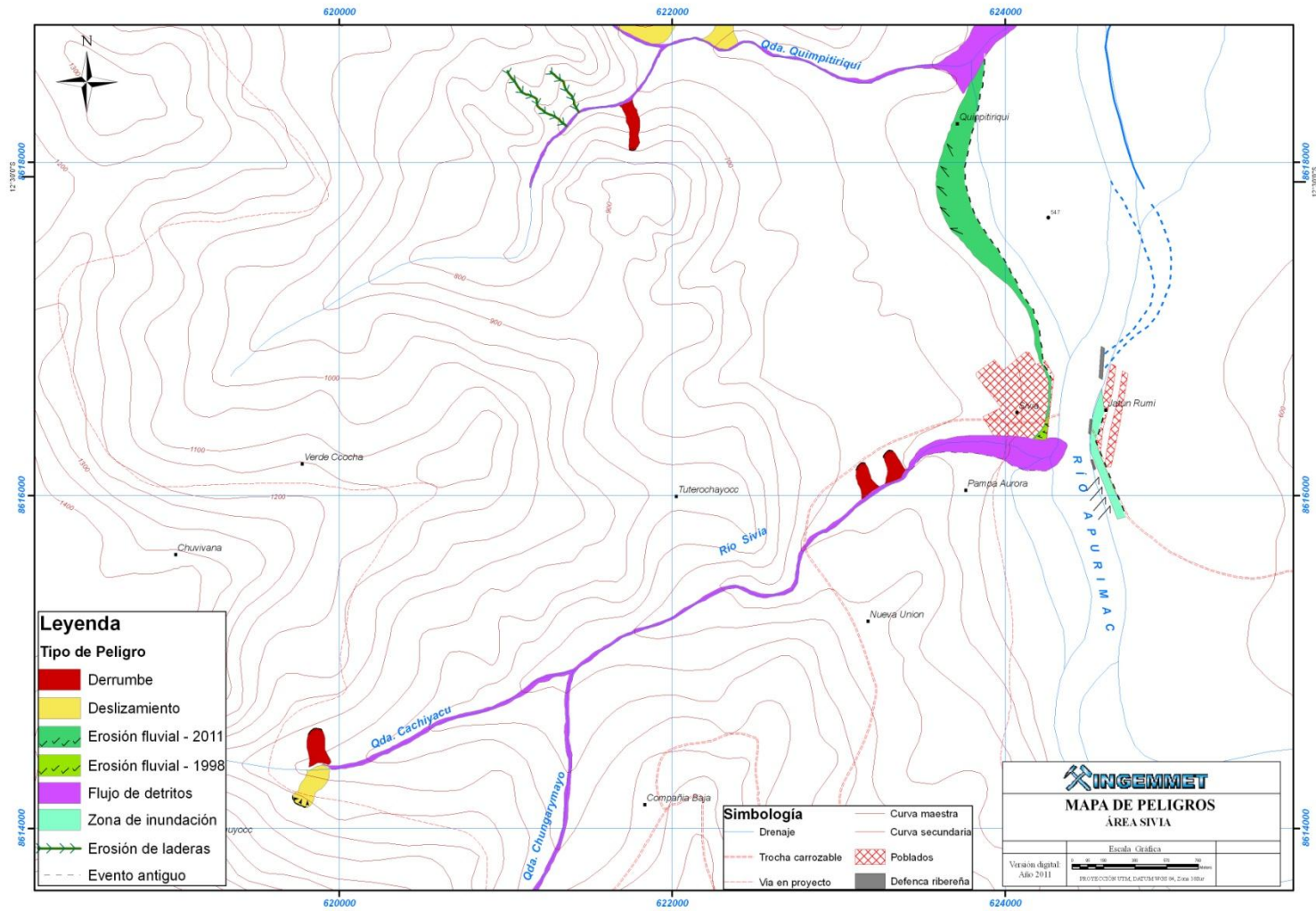


Figura 5.- Mapa de Peligros Geológicos del sector de Sivia y alrededores.



Figura 6.- Se muestra las áreas erosionadas en diferentes años.

Hay evidencias que la construcción de la defensa ribereña en la margen derecha (sector de Jatun Rumi – distrito Pichari, región Cuzco), ha originado un cambio de dirección hacia el sector de Sivia y por consiguiente una dinámica mayor sobre la margen izquierda, provocando la erosión fluvial ocurrida en la **margen izquierda**, que afectó al sector de Sivia. Ver figura 7.



Figura7.- Se muestra las zonas afectadas por la erosión fluvial del río Apurímac y la dirección de la corriente en el río Apurímac.

En el último evento, el área urbana de Sivia fue afectada parcialmente, pues contaba con defensas ribereñas. En cambio el área utilizada como terrenos de cultivo de cacao, arroz, y frutales, parte de una cancha de fútbol y la zona destinada para la laguna de oxidación (Foto 11), que no tenían defensas ribereñas, fueron afectadas.



Foto 11.- Terrenos de cultivo afectados por la erosión fluvial.

La defensa ribereña, está conformada por un enrocado, sacos de arena, gaviones, muros de concreto y arrimado de material (desmante). Fotos 12, y 13.



Foto 12.- Defensa ribereña conformada por enrocado y gavión, se muestra el área afectada.



Foto 13.-Defensa ribereña conformada por sacos de arena y arrimado de material (desmante).

Por otro lado el huayco (flujo de detritos) proveniente del río Sivia, al ingresar bruscamente en el cauce del río Apurímac, formó una “barrera”, que desvió parcialmente la dirección de la corriente del río Apurímac hacia la margen derecha (Figura 8).

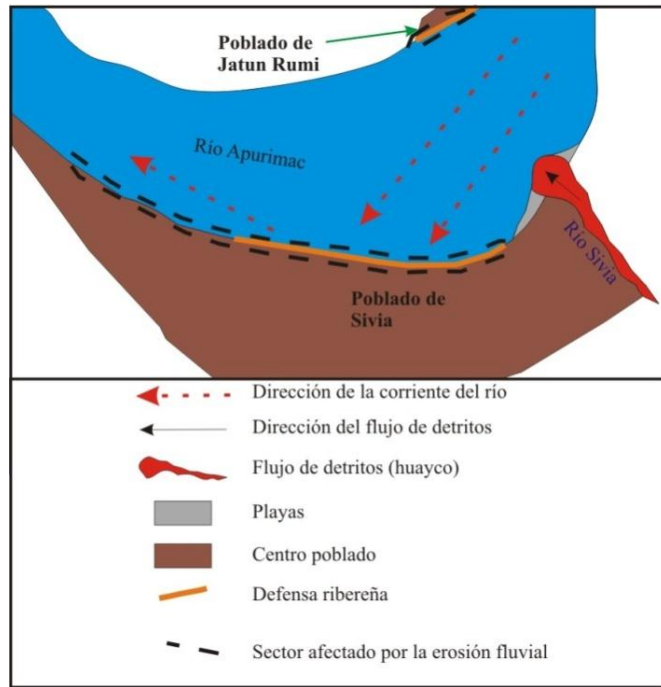


Figura 8.- Esquema de la dinámica y erosión fluvial en Sivia.

Por la margen derecha, el sector Jatun Rumi, fue afectado por erosión fluvial e inundación, afectando al centro poblado, vías de acceso y terrenos de cultivo (Fotos 14 y 15).



Foto 14.



Fotos 14 y 15.- Poblado de Jatun Rumi.

Hay que anotar que el antiguo centro poblado de Jatun Rumi, en los años 2004/2005 fue afectado por este fenómeno. Por lo cual, en el año 2006, la Municipalidad de Pichari realizó una reubicación de dicho centro poblado, el cual debe de respetarse.

De avanzar la erosión fluvial hacia la margen derecha, es muy probable que la torre de alta tensión que abastece de fluido eléctrico al poblado de Sivia (Foto 16), se vea comprometida. Esta debe ser reubicada.

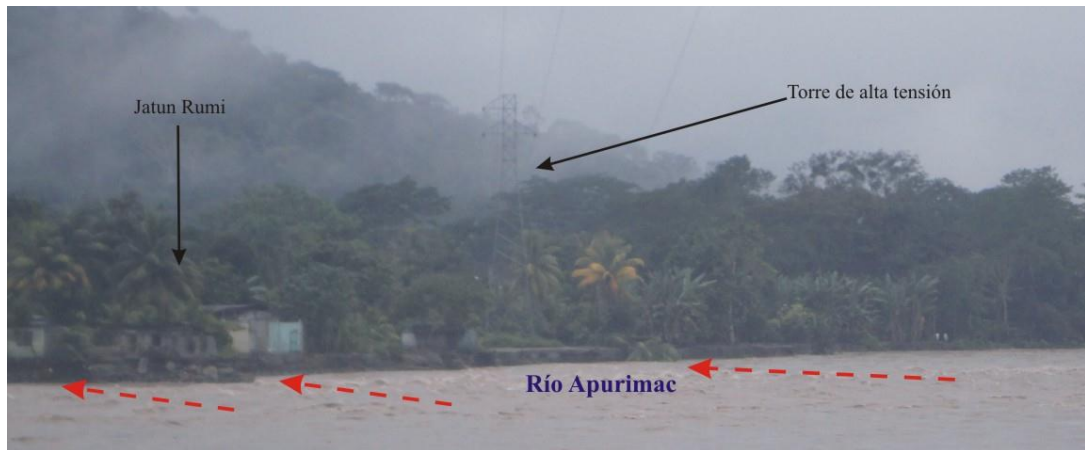


Foto 16.- Torre de alta tensión que puede ser afectada por la erosión fluvial.

Las defensas ribereñas en el sector de Jatun Rumi, por efecto de la erosión fluvial han sido destruidas parcialmente (Foto 17), como el centro poblado ha sido reubicado no es necesario reponerlas.



Foto 17.- Aguas abajo del antiguo poblado de Jatun Rumi, se muestra la defensa ribereña parcialmente destruida.

5.1.2 FLUJOS DE DETRITOS (HUAYCO): Los huaycos, son otros de los movimientos en masa que asolan la región, siendo sus causas lo siguiente:

- Material suelto en su cauce fácil de ser acarreado o removido por las lluvias.
- En la cuenca alta, quebradas Cachiyacu y Chungaryhuayco se generaron huaycos que alimentaron el cauce principal del río Sivia (Foto 15).

- En las nacientes de la quebrada Cachiyacu, se generó un derrumbe y un deslizamiento que acarreó material al cauce del río Sivia.
- La intensa deforestación.

El factor detonante fue las intensas precipitaciones de enero.



Foto 18.- Quebrada Chungaryhuayco, generó flujo de detritos que afectó carretera Sivia-Balsamuyocc.

En el último depósito dejado por el flujo de detritos en el río Sivia, se aprecia un ordenamiento de material detrítico; los clastos más grandes han quedado en la superficie, lo que se conoce como gradación inversa (Fotos 19 y 20). Es probable que el flujo se presentara de forma sobresaturada o hiperconcentrado y se comportara en esta fase como una inundación de detritos.



Foto N° 19



Fotos 19 y 20.- Flujo de detritos, se muestra la grava, algunos bloques y restos de troncos, dispuestos en la superficie del terreno.

El depósito generado por los huaycos, conforme se acerca a su desembocadura pierde velocidad por la disminución de pendiente y por ende su capacidad de transporte. Es por ello, que en la superficie del depósito entre el sector colindante a la zona urbana – puente peatonal (Foto 21), se observa bloques, grava, gavilla, arena y limo. En la desembocadura, se tiene además restos de troncos de árboles (Foto 21). En su evolución el flujo, fue erosionando las márgenes laterales de la quebrada, e incorporando así mayor material en su recorrido; es por ello que en la superficie del depósito encontramos restos de troncos de árboles (Fotos 21 y 22).



Foto 21.- Aguas arriba del puente, de donde se empieza a ampliar la quebrada.



Foto 22.- Flujo de detritos en su parte terminal (huayco) proveniente del río Sivia, hacia el río Apurímac.

En la imagen satelital del Google Earth disponible (Figura 9), se muestra la disposición en abanico del depósito dejado por el flujo de detritos, que formó una “barrera” temporal en el río Apurímac.



Figura 9.- Sector de Sivia y Jatun Rumi, y el depósito generado por el flujo de detritos (huayco). Las flechas de color azul indican la dirección de la corriente del río Apurímac y las de color negro indican la dirección del flujo de detritos.

En la margen izquierda del río Sivia, cerca del área urbana, se encontraba una defensa ribereña (gavión) dispuesto en forma sinuosa, que al momento que ocurrió el flujo, fue parcialmente destruido y otra cubierta por los depósitos del huayco (Foto 23).



Foto 23.- Gavión ubicado en la margen izquierda del río Sivia, cubierto por restos de troncos de árboles.

El depósito generado por el flujo de detritos (el tamaño de los bloques y el volumen del flujo), al llegar cerca del puente peatonal, empieza a abrir su cauce, al desplazarse por esta área, afectó viviendas y el mismo puente peatonal (Fotos 24 y 25).



Foto 24.- Puente peatonal parcialmente destruido.



Foto 25.- Área urbana, viviendas afectadas por el huayco e inundación.

En la margen derecha del río Sivia, se ubican viviendas, que están sobre un antiguo depósito de flujo de detritos, que deben ser reubicadas.

5.1.3 DESLIZAMIENTOS Y DERRUMBES: Se ha identificado un *deslizamiento rotacional* en la margen derecha de la quebrada Cachiyacu (Foto 26), que aportó con material suelto al cauce de la quebrada.

Las causas de este deslizamiento son:

- Roca conformada por arenisca altamente meteorizada y saturada de agua.
- Corte de talud de carretera.
- Pendiente del terreno.
- Intensa deforestación.
- Erosión fluvial.

El factor detonante fue las intensas precipitaciones pluviales entre los meses de enero a febrero 2011.

La escarpa principal del deslizamiento, tiene una longitud de 50 m y salto de 5 m. La distancia del pie del talud hacia la escarpa es de 40 m.

El área del deslizamiento es inestable, afectando el tramo de la carretera afirmada Sivia – Balsamuyocc. En el mismo cuerpo del deslizamiento se pueden generar derrumbes posteriores.



Foto 26.- Deslizamiento que afecta la carretera afirmada Sivia-Balsamuyocc.

Se han identificado tres **derrumbes**, uno en la margen izquierda de la quebrada Cachiyacu y dos en la margen izquierda del río Sivia. Los derrumbes presentan una zona de arranque irregular y continuo, con longitudes de arranque que varían entre 10 m a 20 m. Las alturas oscilan entre 20 a 30 m.

Los derrumbes se deben principalmente a las siguientes causas: rocas altamente meteorizadas y saturadas de agua, pendiente del terreno y deforestación. En los derrumbes identificados en la margen izquierda del río Sivia, otra de las causas es la erosión fluvial al pie del talud.

6. MEDIDAS PREVENTIVAS

Los ríos tienen su fondo de valle cubierto por depósitos fluviales (gravas, cantos, arenas). Estos son materiales de tránsito, que son re trabajados y removidos por el río, que excava en ellos su canal de flujo normal. En momentos de 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 de la competencia del hombre y el río 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 usos 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. 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.

Al respecto es importante recordar lo que decía Francis Bacon en 1620, que “para que la naturaleza nos obedezca, antes debemos respetarla”.

CONCLUSIONES

1. El drenaje del río Apurímac es de tipo anastomosado, una de sus características dinámicas es colmatar sus cauces y por ello tender a formar nuevos cauces, originando de esta manera las variaciones en la dirección de su curso en el tiempo.
2. Las rocas que conforman las laderas son de la Formación Cabanillas y Yuracyacu, están compuestas por areniscas con escasas intercalaciones de lutitas, son de mala calidad.
3. La erosión fluvial del 2011, que afectó al sector de Sivia, fue producto de los cambios en la dinámica natural del río: Al cambiar la dirección de su curso fluvial y al construir las defensas ribereñas en el sector del antiguo Jatun Rumi, aguas arriba de Sivia.
4. El sector de Sivia es recurrente a la peligrosidad de generarse erosiones fluviales, en época de avenida.
5. El último flujo de detritos (huayco) que se desplazó por el río Sivia, afectó a puente peatonal, viviendas y puerto.
6. El factor desencadenante para las erosiones fluviales y huaycos que afectaron la zona de estudio, fueron las intensas lluvias que se presentaron en el mes de enero.
7. Los derrumbes y deslizamiento que se ubican en la cuenca del río Sivia, están aportando material suelto al cauce del río.
8. El área de Sivia es considerada como una zona de alta susceptibilidad (peligro inminente) a los movimientos en masa (huaycos, derrumbes y deslizamientos) por presentar condiciones que propician estos fenómenos, tal como rocas de mala calidad, pendiente del terreno, deforestación y precipitaciones pluviales intensas.
9. También se le considera como una zona de alta susceptibilidad a erosiones fluviales e inundaciones (peligro inminente).

RECOMENDACIONES

1. Para evitar que continúe la erosión fluvial del río Apurímac, en la terraza aluvial donde se asienta el poblado de Sivia, se debe dragar o descolmatar los antiguos canales del río ubicados aguas arriba que han sido rellenados por gravas y arenas (ver mapa de peligros).
2. En el sector de Sivia se debe reemplazar la defensa ribereña con gaviones y/o enrocado.
3. El cauce del río Sivia debe ser descolmataado (limpiado), después de cada temporada de lluvia, especialmente en el tramo final.
4. No se debe permitir el crecimiento urbano en el sector de Jatun Rumi. Las defensas ribereñas no deben ser repuestas. La población debe acatar la reubicación.

5. El gavión ubicado en la margen izquierda del río Sivia debe rediseñarse. Su ubicación debe estar ceñida a los antiguos cauces del río Sivia. Debe de proyectarse en longitud hasta la parte final del poblado.
6. Reponer el puente peatonal. Para ello se tendrá que hacer una nueva proyección, para que eventos similares o mayor magnitud no sea afectado. Se debe respetar los cauces antiguos del río Sivia y canalizar la quebrada aguas arriba.
7. Para el deslizamiento ubicado en la cuenca alta, se debe banquetear (andenes) el cuerpo del mismo, y realizar canales de coronación. El desmonte generado en el momento de banquetear el talud no debe verterse en zonas de laderas o en cauce del río, porque esto ayudaría con alimentar de material suelto al río.
8. Realizar un programa de forestación con la finalidad disminuir los procesos de movimientos en masa.
9. La Municipalidad de Sivia, debe emprender un programa de comunicación con la población, para que tome conciencia de los peligros geológicos que se presentan en su comunidad.

REFERENCIAS

Guzmán, A.; Fidel, L; Zavala, B; Valenzuela, G.; Núñez, S.; Rivera, M.; Vilchez, M.; Villacorta, S.; y Pari, W. (2003) **Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 3**. INGEMMET, Serie C: Geología e Ingeniería Geológica, Boletín N° 28, 373 pág.

IGME – Instituto Geológico y Minero de España (1985), Geología y Prevención de daños por inundaciones. ISBN 84-7474-324-9. 421 p

Monge R.; Valencia, M. y Sánchez, J. (1998). **Geología de los Cuadrángulos de Llochegua, Río Picha y San Francisco**. INGEMMET, Serie A: Carta Geológica, Boletín N°120, 253 pág.

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.

Smith, S (1980). **Sistemas de río Anastomosados** en línea (Consulta: Marzo 2011)
<http://www.geologia.uson.mx/academicos/grijalva/ambientesfluviales/sistemade riosanastomosados.htm>.

ANEXOS

MEDIDAS CORRECTIVAS

A) PARA LA EROSIÓN FLUVIAL

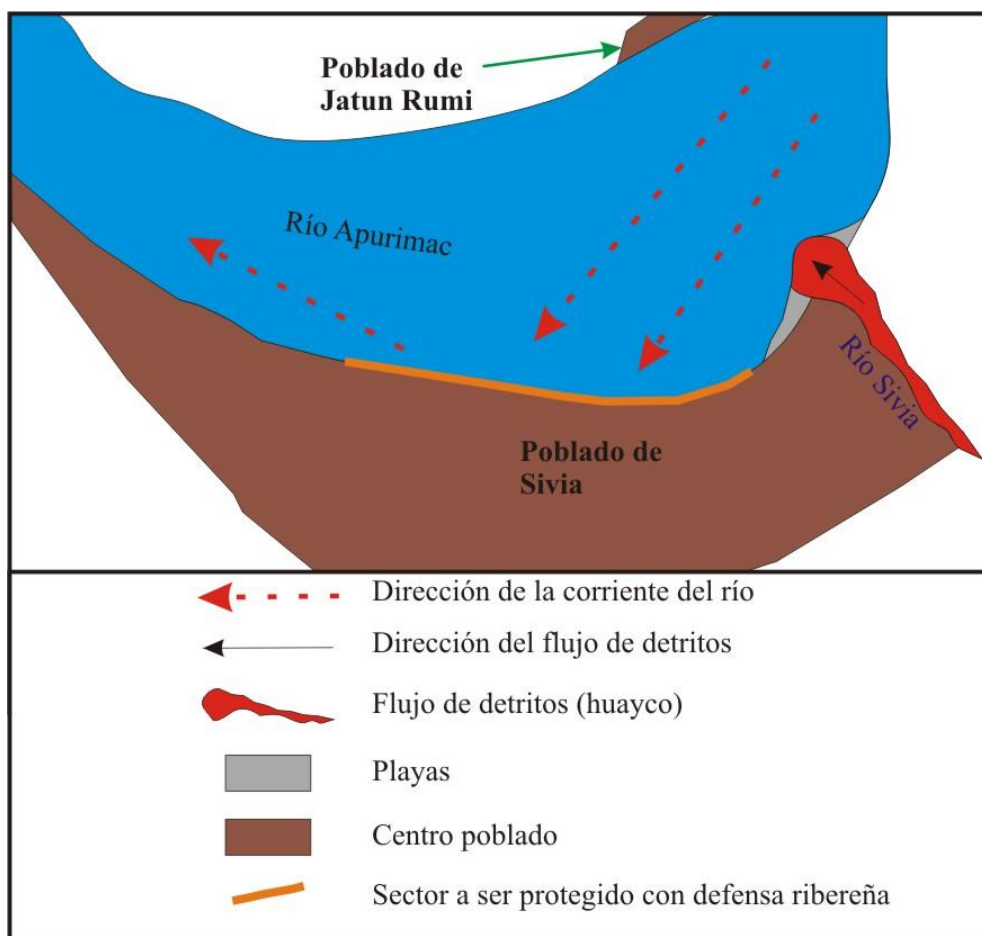


Figura 10.- Bosquejo del sector que debe protegido con defensa ribereña.

B) PARA LOS FLUJOS DE DETRITOS

- Construir diques transversales a lo largo de la quebrada, con la finalidad de atenuar la carga del flujo de detritos. Figuras 11, 12 y 14.
- Hacer un programa de forestación, con la finalidad de evitar la aceleración de los movimientos en masa (derrumbes y deslizamientos) y erosiones de las laderas (Figura N° 13).

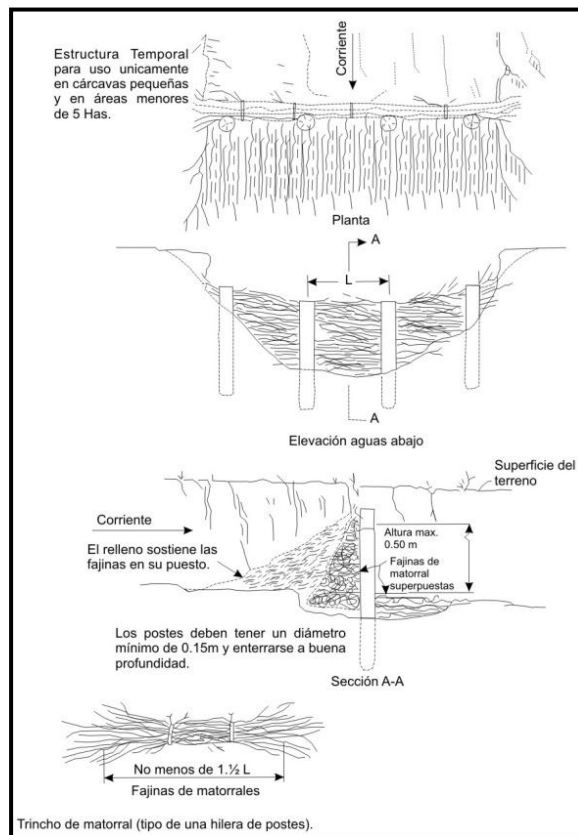
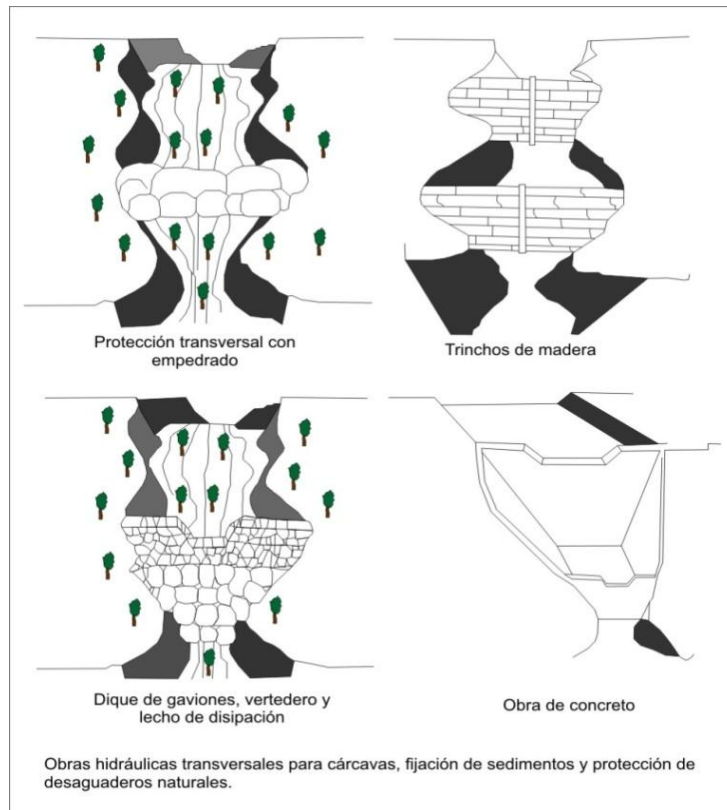


Figura 11 y 12.- Medidas correctivas para flujos de detritos.

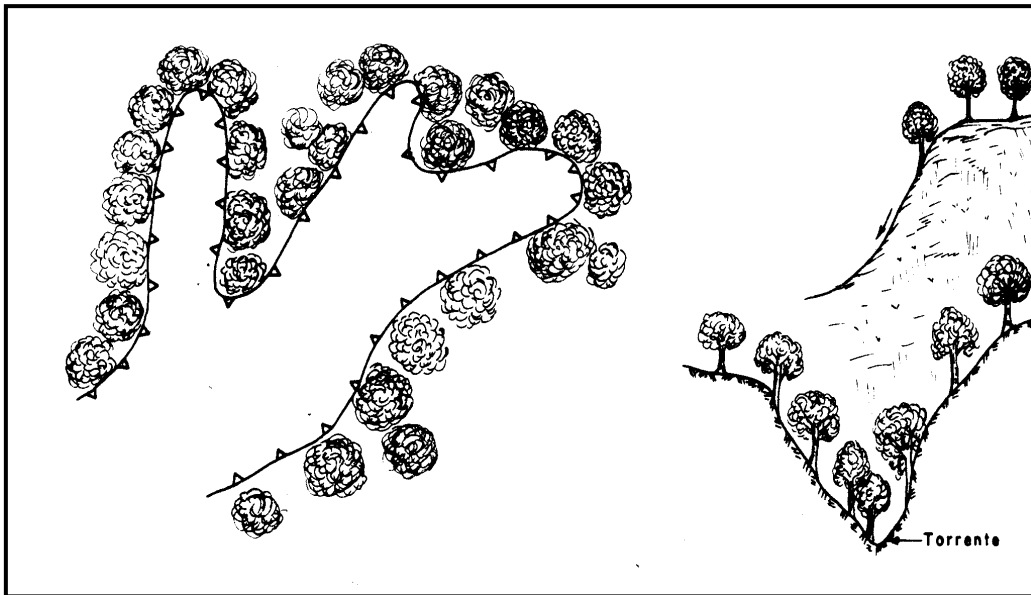
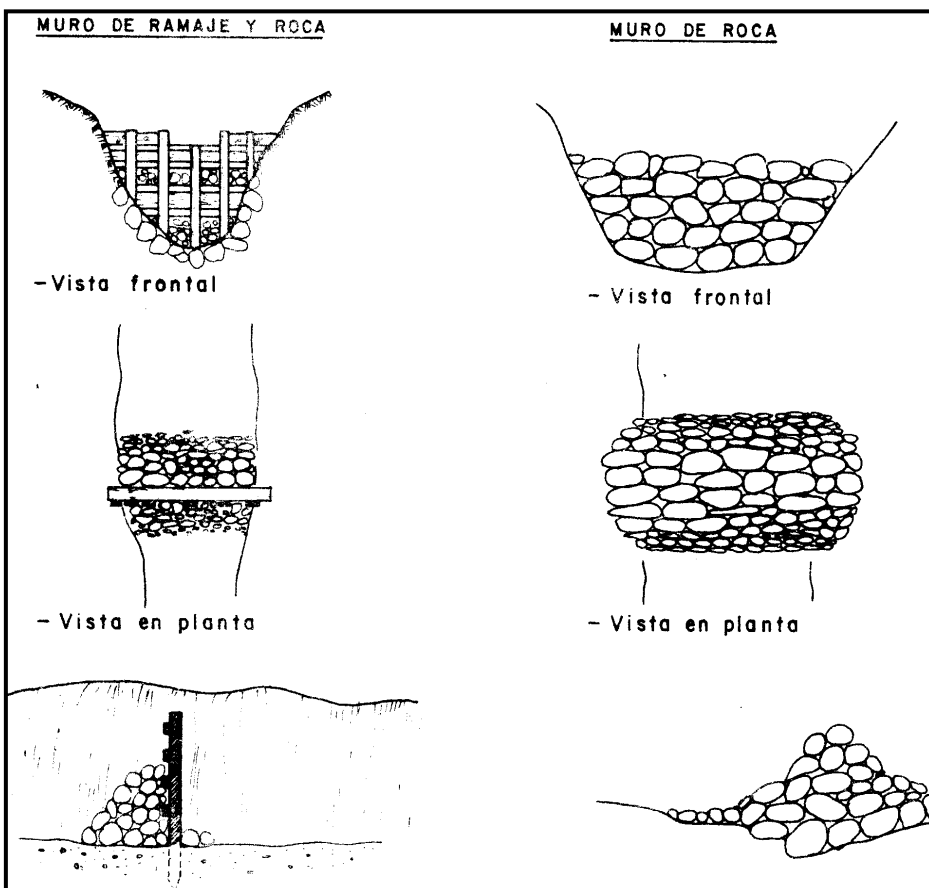


Figura 13.- Vista en perfil y en planta de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes inestables



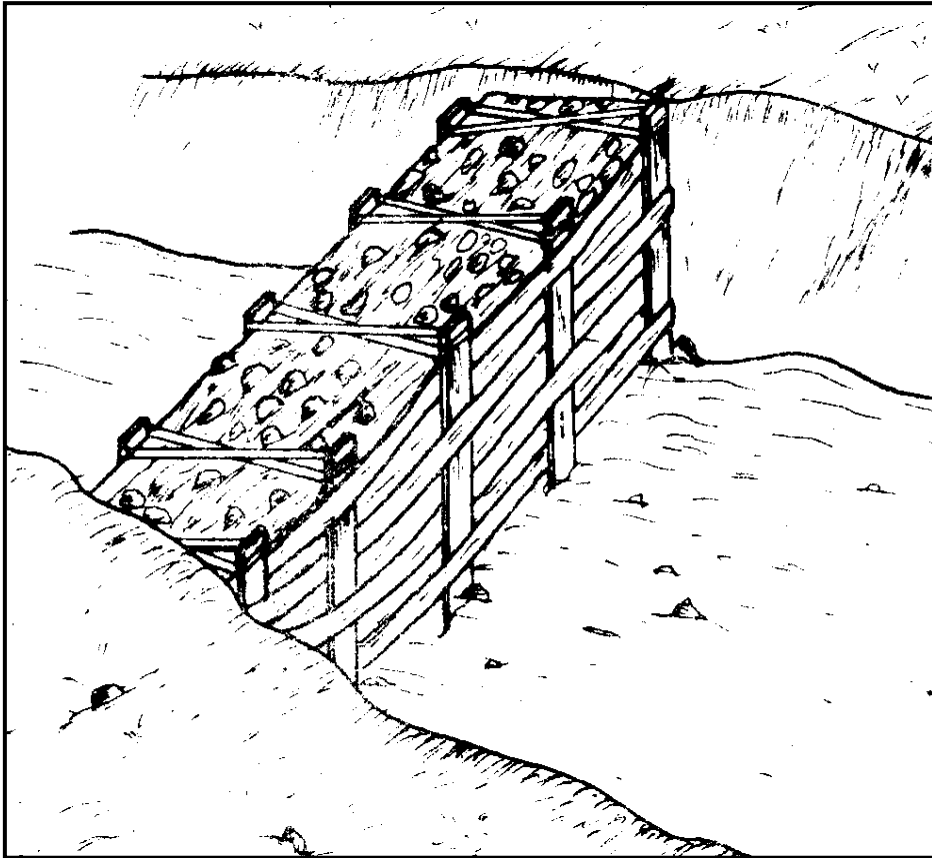


Figura 14.- Tipos de presas escalonadas para la protección de fondo de cárcavas y huaycos incipiente