

Informe Técnico N° A6610

Evaluación Geológica-Geodinámica del Huaico del 10/03/2012 en la quebrada San Antonio

Distrito San Pedro de Casta
Provincia de Huarochirí - Región Lima

POR:
GRISelda LUQUE P.
MALENA ROSADO S.

DICIEMBRE 2012

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Objetivos del estudio	2
1.2 Metodología de trabajo	2
2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO	2
2.1 Ubicación y accesibilidad	2
2.2 Clima y precipitaciones pluviales	4
3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	6
3.1 Geomorfología	6
3.2 Litología y depósitos superficiales	7
4. GEODINÁMICA DEL FLUJO DE DETRITOS DEL 10 DE MARZO DEL 2012	11
4.1 Características de la microcuenca San Antonio	11
4.2 Origen del flujo de detritos del 10 de marzo del 2012	14
4.2.1 Tipología y dinámica del movimiento en masa	17
4.2.2 Depósito final del flujo de detritos	21
4.3 Efectos secundarios	23
4.4 Otros procesos identificados	27
5. CONDICIONES ACTUALES EN LA QUEBRADA SAN ANTONIO Y MEDIDAS CORRECTIVAS	27
5.1 Medidas de control para erosión fluvial	28
5.2 Medidas de control para zonas de flujos y cárcavas	29
5.3 Obras de drenaje en redes viales	33
6. CONCLUSIONES	34
7. RECOMENDACIONES	35
REFERENCIAS	36

EVALUACIÓN GEOLÓGICA-GEODINÁMICA DEL HUAICO DEL 10/03/2012 EN LA QUEBRADA SAN ANTONIO

Distrito San Pedro de Casta-Provincia Huarochirí – Región Lima

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La Jefa del Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgo de Desastres – CENEPRED, mediante Oficio N° 221-2012-CENEPRED, se dirigió a la Presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicitando la designación de profesionales para que identifique el peligro geológico que podría afectar las estructuras del puente Verde y viviendas aledañas a la comunidad Huinco, distrito de San Pedro de Casta, provincia de Huarochirí en la región Lima. El Director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) del INGGEMMET, designó a las ingenieras Griselda Luque y Malena Rosado, para realizar una inspección técnica por peligros geológicos en el mencionado lugar.

El trabajo de campo se realizó los días 29 y 30 de agosto; contándose con la participación del Sr. Guderian Camara S., gobernador del distrito de San Pedro de Casta.

El presente informe contiene documentación obtenida en campo, la revisión de información geológica y cartográfica existente (boletines técnicos, topografía e imágenes satelitales), relatos y versiones de los pobladores, de los hechos sucedidos, así como de la información disponible en trabajos realizados anteriormente en el área de estudio.

Los resultados del estudio geológico-geodinámico en mención se presentan debidamente ilustrados con fotografías y mapas; se describe el origen del evento geológico, sus efectos y el grado de riesgo en la zona. Se emiten conclusiones y recomendaciones que el municipio de San Pedro de Casta, deberá tener en cuenta para la prevención de futuros eventos geodinámicos similares en el área. El informe se pone a consideración de las autoridades del (CENEPRED), autoridades regionales y locales con injerencia en el ámbito de la Municipalidad Distrital San Pedro de Casta.

Estudios anteriores en la región Lima con que se contó para esta evaluación, fueron efectuados por INGGEMMET en 1981 (Informe Técnico 4380: Condiciones de Seguridad de las Principales Obras de Ingeniería), donde se hace mención que ésta zona del valle del río Santa Eulalia, así como otras, principalmente aguas arriba, son de un alto peligro geológico de huaicos, derrumbes, y erosión en cárcavas, especialmente en Huinco. Históricamente en el área afectada se tiene el reporte de un huaico según versiones de lugareños ocurrido el año 1960 (aproximadamente), que también represó temporalmente el río Santa Eulalia.

1.2 Objetivos del estudio

El trabajo tuvo como objetivos:

- Analizar y evaluar los factores que originaron el movimiento en masa que afectó el poblado de 10 de marzo.
- Evaluar la seguridad física del área afectada y las estructuras del puente Verde.

1.3 Metodología de trabajo

El trabajo se dividió en tres fases:

Gabinete Pre-campo: Se revisó la información existente del área de estudio, como mapas topográficos, geológicos y de peligros, imágenes satelitales, etc.

Campo: Se realizó del 29 al 30 de agosto, donde se evaluó la geodinámica de la quebrada San Antonio. Se efectuó un cartografiado de peligros geológicos a escala 1:25,000, análisis del lugar de inicio del huaico, dinámica del flujo en la quebrada así como en la desembocadura en el río Santa Eulalia.

Gabinete Post-campo: Análisis de la información obtenida en campo, preparación de mapas y figuras y elaboración de informe.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1 Ubicación y accesibilidad

El sector de Huinco, afectado por el flujo de detritos que discurrió por la quebrada San Antonio, pertenece políticamente al distrito de San Pedro de Casta, provincia Huarochirí y región Lima (figura 1). Geográficamente se ubica en la margen izquierda del río Santa Eulalia. El área evaluada está comprendida entre las coordenadas UTM:
8695500 y 8700000 Norte
322700 y 327500 Este

La microcuenca San Antonio presenta altitudes que varían entre los 1750 m.s.n.m. en el río Santa Eulalia y 3900 m.s.n.m, en la divisoria de aguas. Cuenta con una superficie agrícola de aprox. 193,88 Has según la agencia agraria Santa Eulalia. Siendo sus principales cultivos de frutales: chirimoyo (112 Has) y paltos (51 Has) entre los meses de Enero a Junio.¹

La zona evaluada es accesible desde Lima por la Carretera Central hasta el Km 37 (Ricardo Palma) y de allí se toma el desvío por la carretera asfaltada hacia Santa Eulalia; aguas arriba se continúa por una trocha carrozable pasando por los poblados de Palle, Barba Blanca hasta el poblado de Huinco (aprox. 40 min. en auto desde Chosica). Para llegar cerca a las nacientes en donde se originó el huaico, se tiene que llegar al poblado San Pedro (45 min. desde Huinco).

¹ Diagnóstico Situacional de la agencia agraria de Santa Eulalia (2012). Gob. Reg. de Lima-Dir. Reg. Agricultura

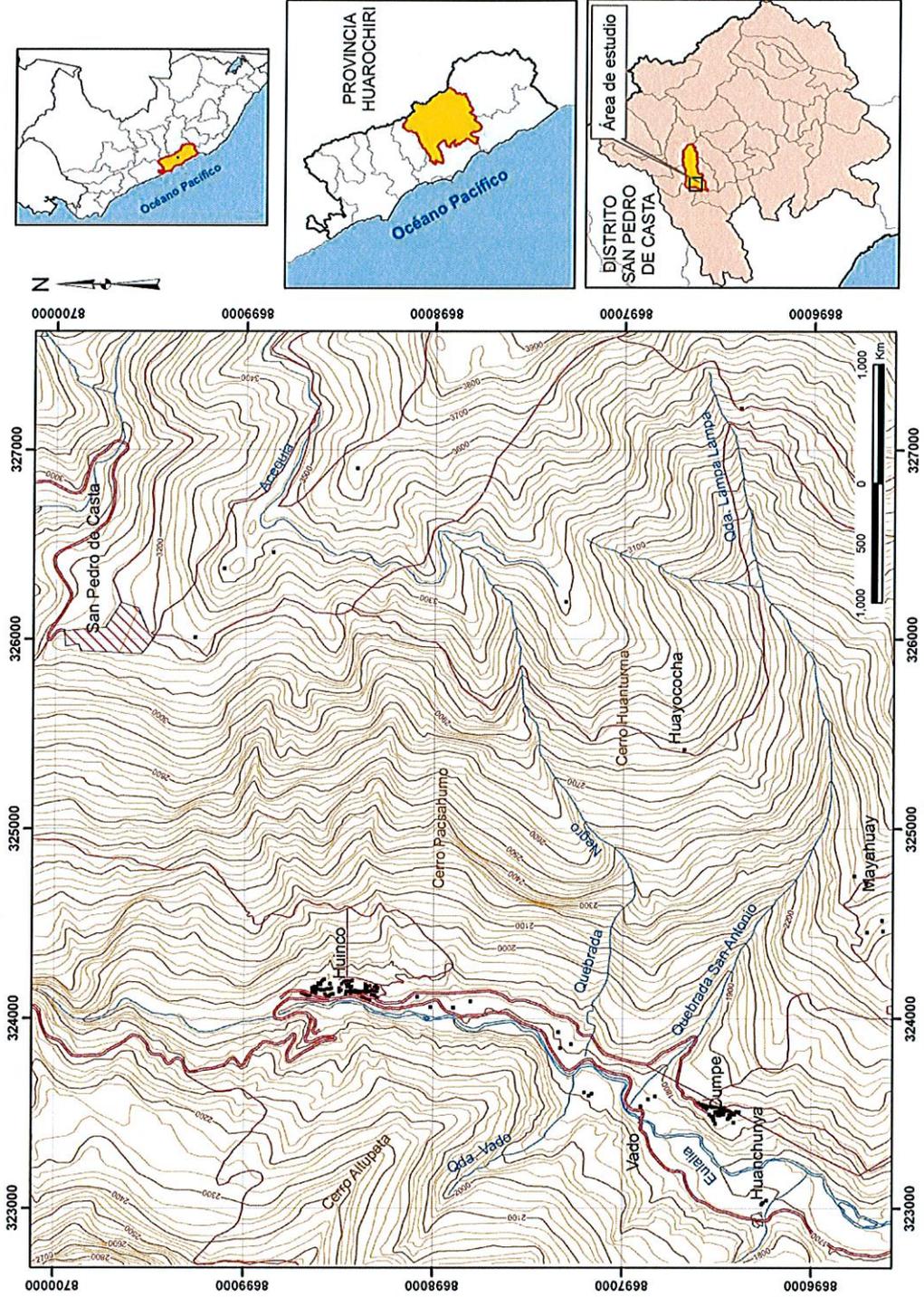


Figura 1: Ubicación del área de estudios

2.2 Clima y precipitaciones pluviales

El clima de Santa Eulalia se diferencia sustancialmente del clima costero y al de la puna, con los cuales limita hacia el este y oeste, respectivamente, se denomina clima de estepa, con escasas lluvias en invierno y altas precipitaciones en verano.

La zona de Huinco, de acuerdo al mapa de Isoyetas para el periodo lluvioso normal setiembre-Mayo (SENAMHI, 2002) presenta una precipitación entre 1000 a 1400mm, mientras que para el período en que se presentó el Fenómeno El Niño 1997/1998 lluvias entre 400-600 mm. (Figura 2).

Los datos a los que se tuvo disponibilidad dan cuenta que para el mes de marzo, entre el 01 y 31 de marzo, las lluvias alcanzaron 9, 55 y 9,6 mm diarios. El 10 de Marzo, día en que se generó el huaico, llovió tres días consecutivos (08, 09 y 10 de marzo) registrándose 0,7, 5,5 y 4,9 mm, respectivamente.

En la figura 3, se muestran las precipitaciones registradas en la estación San Antonio, al norte de Huinco, siendo los meses de febrero y marzo donde se registró las máximas precipitaciones. En febrero se registró una máxima precipitación el día 7 con 12 lt/m², mientras que en el mes de marzo, la más alta precipitación se registró el día 21, con 9,6 lt/m². (SENAMHI, 2012).

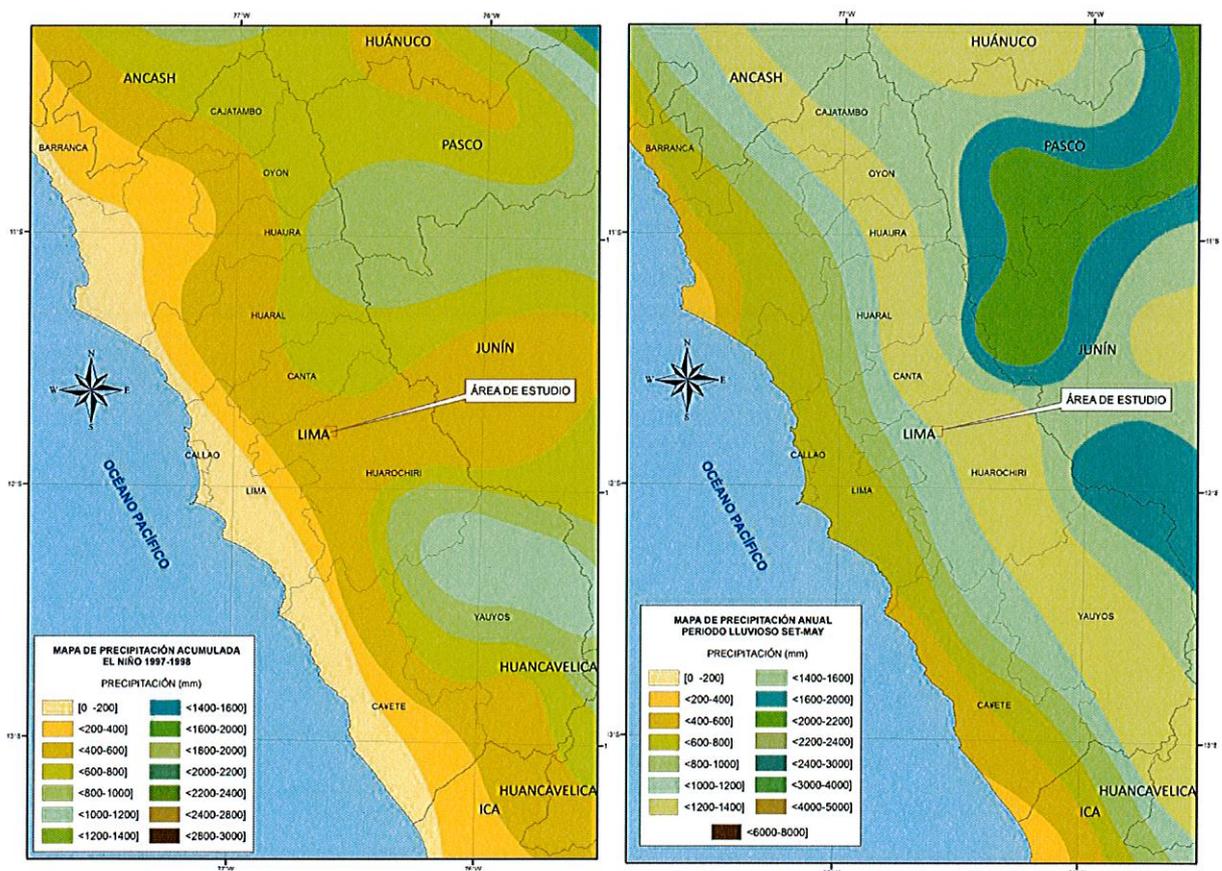
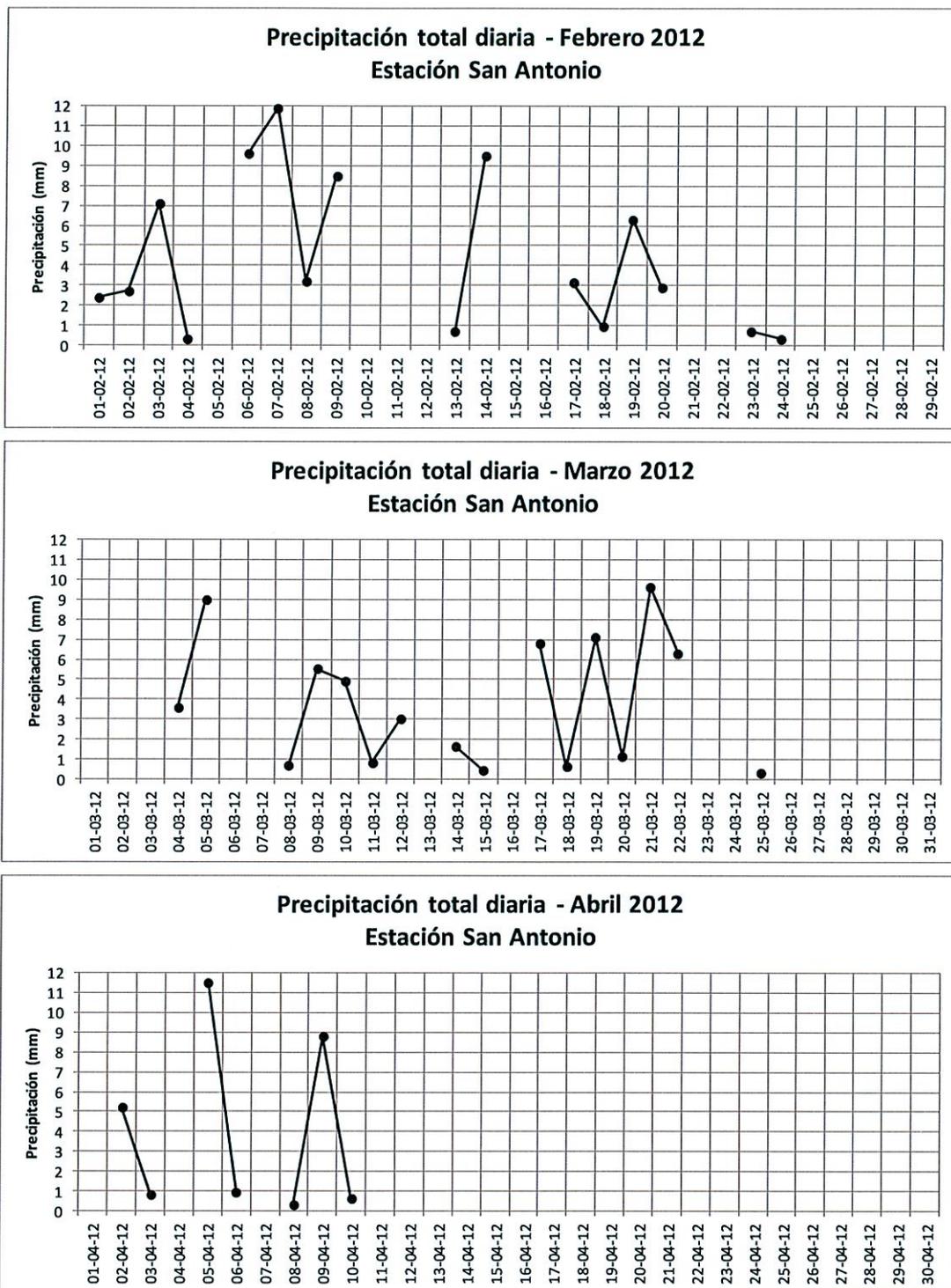


Figura 2: Mapas de isoyetas para el período lluvioso setiembre-mayo (izquierda) y con presencia del Fenómeno El Niño 1997-1998 (derecha). Fuente: SENAMHI, 2002.

Figura 3. Precipitaciones diarias de Febrero a Abril del 2012 en la estación San Antonio



Fuente: SENAMHI (2012). Datos meteorológicos descargados de la estación San Antonio. http://www.senamhi.gob.pe/include_mapas/_dat_esta_tipo.php?estaciones=155122

3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Geomorfología

Regionalmente el área de estudio, y en particular el valle de Santa Eulalia, margen derecha está dominada por una zona montañosa con laderas de moderada pendiente cuya litología es sedimentaria e intrusiva. En la margen izquierda dominan montañas de moderada a fuerte pendiente en rocas intrusivas, genera morfologías onduladas por erosión y meteorización sobre la cual se desarrollan zonas agrícolas.

Según la Guía Geoturística de Marcahuasi (Zavala, B., 2007).se han podido reconocer los siguientes sub-unidades geomorfológicas (figura 4):

- **Cauce inundable:** Angosto y sinuoso ocupado por el río Santa Eulalia y modificado en el periodo de avenidas. También se observan los cauces de las quebradas y ríos principales que desembocan el río Santa Eulalia.
- **Terraza:** Superficies adyacentes por encima del cauce, de reciente evolución, y remoción constantes; algunas son ocupadas por terrenos de cultivos. Podemos observar esta unidad principalmente en las márgenes del río Santa Eulalia.
- **Flujo y cono de deyección:** Se observan en la desembocadura de quebradas o chorreras (depósitos no canalizados en las vertientes del valle) hacia el río Santa Eulalia con pendientes suaves a moderadas.
- **Talus de detritos:** Formados por escombreras o canchales acumulados en las laderas o vertientes que predominan en el sector de Huinco.
- **Meseta volcánica:** Superficie plana compuesta por rocas piroclásticas, disectada principalmente por erosión glacial con culminaciones o frentes escarpados, con altitudes entre 3950 y 4050 m.s.n.m. Localmente presenta circos glaciares, acantilados escarpados y lagunas.
- **Laderas de montaña:** Corresponden a las estribaciones que van desde 1600 a 4800 m.s.n.m. que se levantan desde el valle de Santa Eulalia, con moderada a fuerte pendiente, compuestas por rocas intrusivas, volcánicas y volcánico-sedimentarias.
- **Planicie alta:** Superficie de erosión relativamente plana a ligeramente inclinada en roca.
- **Detritos glacio-fluviales:** Materiales que bordean las zonas montañosas que han sufrido un proceso de deglaciación en el Pleistoceno. Se observa esta geoforma en los alrededores de meseta de Marcahuasi.
- **Laderas aterrazadas en andenes:** Superficies escalonadas de andenería agrícola y frutales antigua y moderada en las laderas o vertientes, originadas por la acción antrópica.

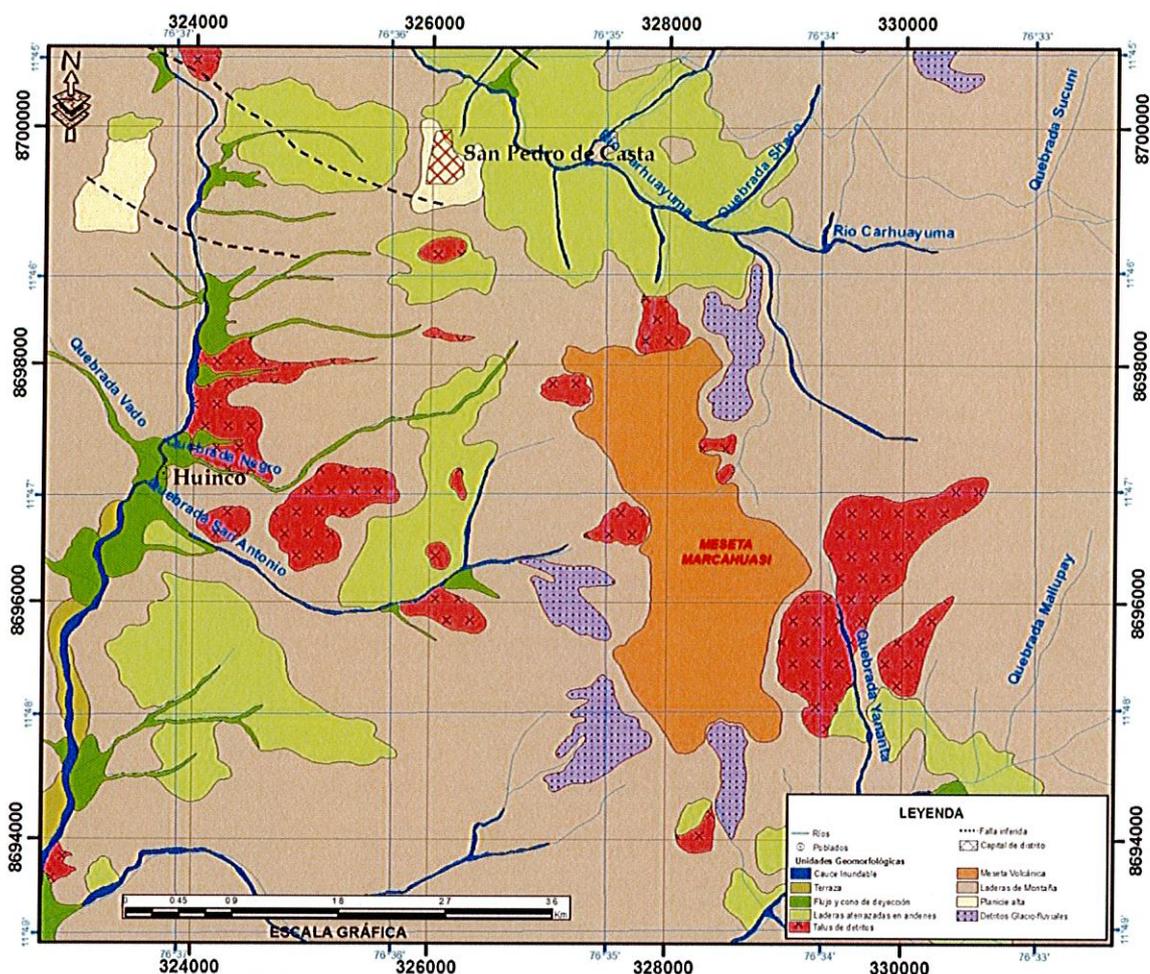


Figura 4. Mapa geomorfológico del sector de Huinco – San Pedro de Casta

3.2 Litología y depósitos superficiales

De acuerdo al mapa actualizado del cuadrángulo de Chosica (Zapata *et al.*, 2003), y de las observaciones en campo, el substrato rocoso que predomina en el área son rocas volcánicas del Grupo Rímac (figura 5). Los diferentes tipos de rocas que se observa en los alrededores de la quebrada San Antonio tienen una edad que oscilan entre el Jurásico al Cuaternario. A continuación se detalla la geología local de la zona:

- **Grupo Rímac (P-ri).** Aflora en el trayecto que asciende de San Pedro de Casta hacia la meseta de Marcahuasi hasta el sector Portachuelo. Constituido por depósitos de flujos piroclásticos de cenizas de coloraciones gris amarillentos; flujos de lava andesítica, color gris verdosos; y depósitos volcánicos gris violáceos. Fotos 1 y 2.
- **Tonalita Diorita (P-td).** Sus afloramientos de coloración gris clara, se pueden apreciar en la base del poblado de San Pedro de Casta, en la cuenca media y baja de la quebrada San Antonio y a lo largo del Valle de Santa Eulalia.

- **Andesita (Nm-an).** Sus afloramientos son reconocidos al este del poblado de San Pedro de Casta y se encuentran cortando a las rocas volcánicas del Grupo Rímac. Consisten en rocas porfíricas, gris verdosas.
- **Volcánico Marcahuasi (Nm-ma).** Sus afloramientos se encuentran conformando la meseta de Marcahuasi. Consisten en tres flujos piroclásticos de pómez y cenizas soldados, los cuales en conjunto tienen 280 m de espesor.
- **Depósito Aluviales (Qp-al).** Consiste en acumulaciones de arenas, limos, gravas y bloques subredondeados a redondeados, depositados en terrazas recientes y en los cauces de ríos y quebradas. Sus espesores varían entre los 5 a 50 m.
- **Depósitos Fluviales (Qh-f).** Arenas y gravas acumuladas en el cauce del río Santa Eulalia y tributarios principales. Foto 3.
- **Depósitos Coluviales (Qh-c).** Fragmentos angulosos de rocas en las laderas caídos por gravedad. Fotos 4 y 5.
- **Depósitos Coluviales/Deluviales (Qh-cd).** Acumulación en las laderas con matriz fina, removidos por gravedad y aguas pluviales, no canalizados.
- **Depósitos Proluviales (Qhpr) – (Qp-pr).** Acumulación de depósitos de huaicos en la desembocadura del río Santa Eulalia en forma de abanicos.
- **Depósitos Glacio-fluviales (Qp-gf).** Compuesto por materiales que bordean las zonas montañas que han sufrido un proceso de deglaciación durante el Pleistoceno.

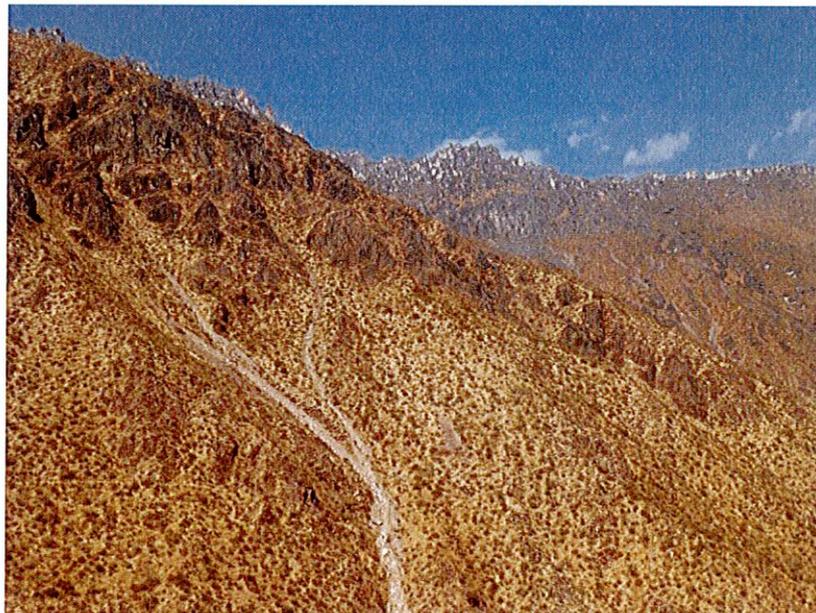


Foto 1. Vista de la cabecera de la quebrada San Antonio, se observa la meseta Marcahuasi, compuesta por rocas volcánicas (flujos piroclásticos y cenizas soldados), cubiertas por depósitos coluviales.



Foto 2. Afloramiento volcánico del Grupo Rímac, de color gris violáceo muy fracturado ligeramente alterado.

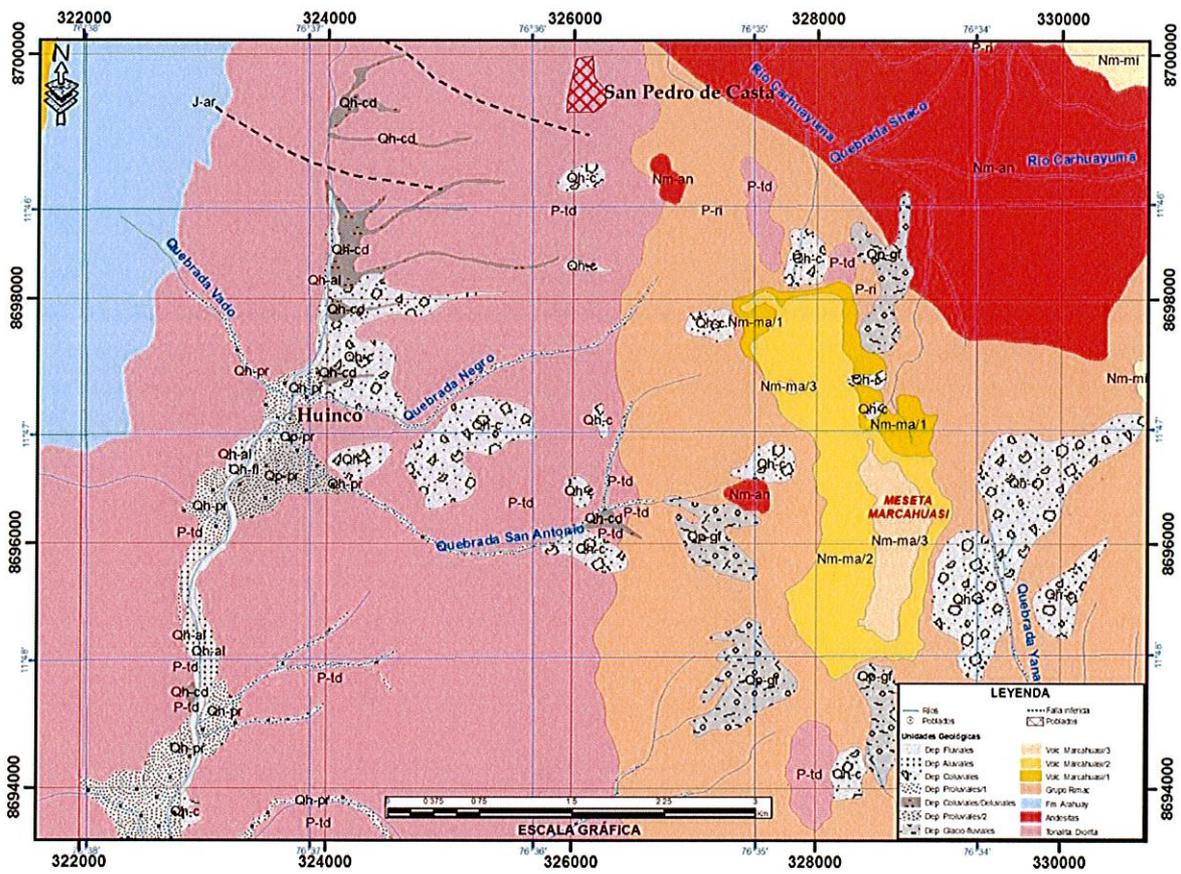


Figura 5. Mapa Geológico de Huinco – San Pedro de Casta

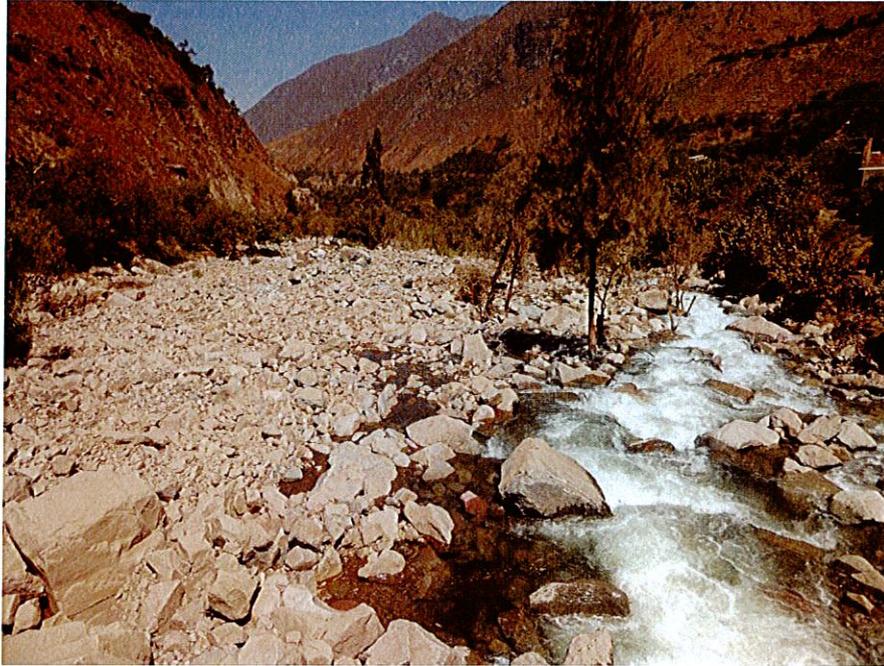


Foto 3. Vista del cauce del río Santa Eulalia donde se observa los depósitos fluviales en la margen izquierda del río. Límite de los sectores de Cumpe y Vado.



Foto 4. Depósito del flujo de detritos del 10 de marzo del 2012. El abanico formado fue de 45 m de ancho, altura de 1,5 m, con clastos predominantes de 15 cm de diámetro, en una matriz arenarcillosa.



Foto 5. Depósito del huaico del 10 de Marzo del 2012 en la margen derecha de la quebrada San Antonio. Se aprecian bloques de hasta 0,60 m de diámetro, de rocas intrusivas y volcánicas, clasto soportado, en matriz, areno-limosa. Altura del depósito aprox. 4 m.

4. GEODINÁMICA DEL FLUJO DE DETRITOS DEL 10 DE MARZO DEL 2012

4.1 Características de la microcuenca San Antonio

La microcuenca San Antonio, presenta una forma ancha en su cabecera y alargada en su sector medio e inferior. Se desarrolla entre los 1750 y 3900 m.s.n.m. Se origina en la laguna Cachu Cachu y las vertientes que descienden de la meseta Marcahuasi, confluyendo en la margen izquierda del río Santa Eulalia, sector Huinco, formando un abanico proluvial (huaico), con una pendiente promedio de 19°, una longitud de cauce de 4,70 km. Figura 6.

En la cuenca alta muestra características de un valle glaciar con vertientes pronunciadas. Muestra una cuenca de recepción amplia diferenciándose dos vertientes principales. El lado sureste que nace de los cerros Huantume y Huayacocha (quebradas Lacochoa, Lancataqui y Lampa Lampa) que confluyen a las aguas que descienden de las vertientes de la meseta Marcahuasi, donde nace la quebrada San Antonio.

En la cuenca media, muestra un valle fluvial con perfil en "V"; toma la denominación de San Antonio. Presenta vertientes de laderas pronunciadas, cicatrices de derrumbes

antiguos y canchales de detritos en ambas márgenes de la quebrada San Antonio (foto 6).

Siguiendo una dirección predominante este-oeste y de una manera zigzagueante origina un abanico proluvial en su desembocadura en el río Santa Eulalia. En este tramo final transcurre cortando terrazas aluviales antiguas, sector Cumpe.



Foto 6. Super elevaciones medidas en el cauce de la quebrada San Antonio en el sector medio-inferior, en ambas márgenes se puede apreciar el depósito del último huaico.

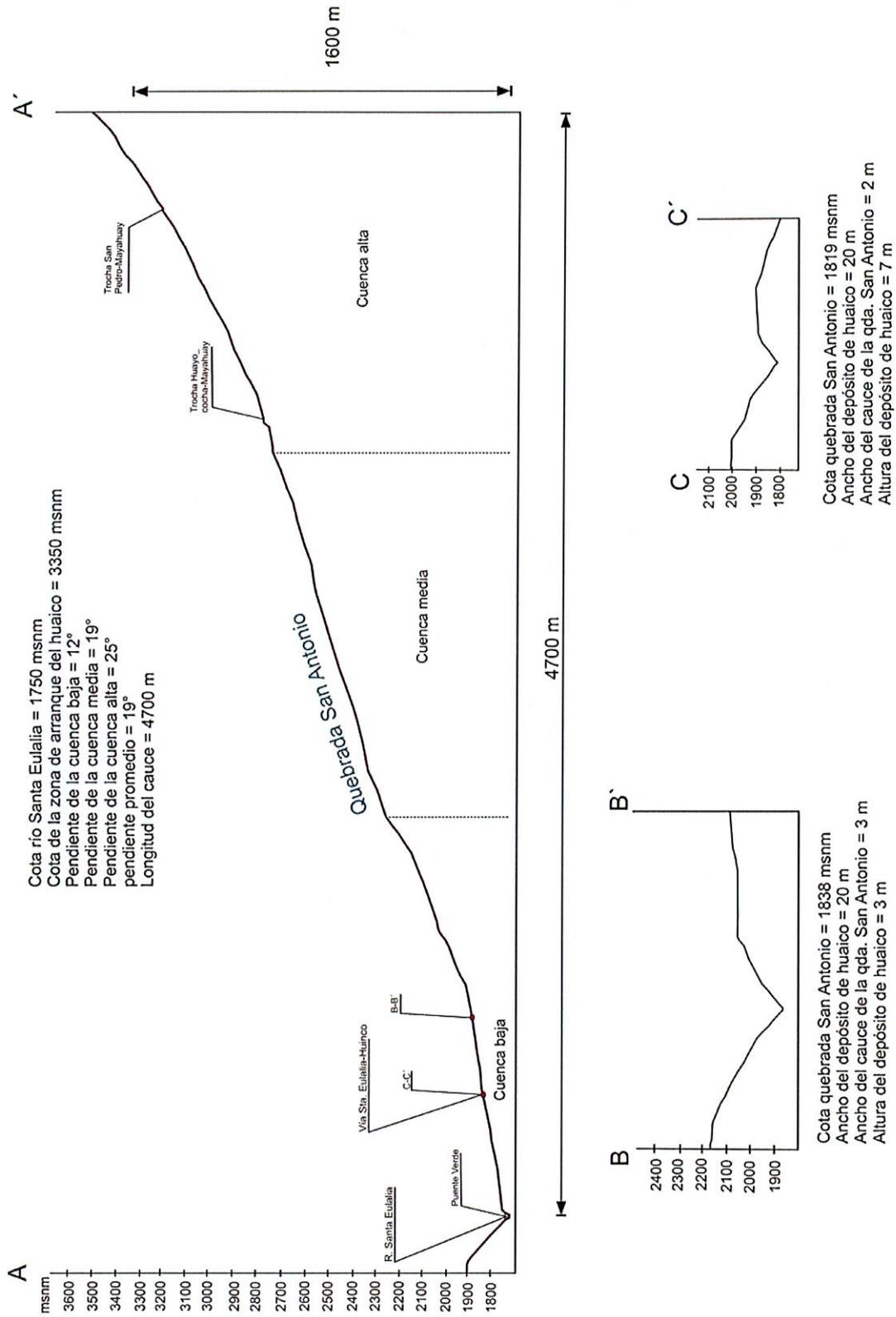


Figura 6. Perfil topográfico longitudinal en la quebrada San Antonio

4.2 Origen y daños del flujo de detritos del 10 de marzo del 2012

El evento ocurrido el 10 de marzo del 2012, a las 6:00 pm, se originó como resultado de intensas lluvias que se concentraron entre las comunidades de San Francisco de Chachlla y la comunidad San Pedro de Casta. El material fue arrastrado pendiente abajo por la quebrada San Antonio, tras dos días y medio aprox. de intensas precipitaciones pluviales según el registro de precipitaciones de la Estación Santa Eulalia del SENAMHI.

De acuerdo a las observaciones de campo, se originó de un episodio principal proveniente de dos vertientes glaciofluviales del cerro Marcahuasi: Lacochoa y Lancataqui; en el sector de Suncane, la zona principal que originó el huaico. Fotos 7, 8, 9,10 y 11.

Se generó un flujo de detritos (huaico) muy rápido de detritos saturados según la escala de velocidades (Cruden y Varnes, 1996) como se puede apreciar en la tabla 1, a lo largo del cauce de la quebrada San Antonio con pendiente promedio de 19°, el cual fue incorporando gran cantidad de material saturado en su trayectoria para finalmente depositarse en un abanico de detritos, su depósito genera un canal en forma de U. Los flujos de detritos desarrollan pulsos usualmente con acumulación de bloques en el frente de onda. Como resultado del desarrollo de pulsos, los caudales pico pueden exceder en varios niveles de magnitud a los caudales pico de inundaciones grandes, esto hace que el flujo de detritos tenga un alto potencial destructivo.

En su recorrido por el cauce de la quebrada afectó varios terrenos de cultivo, represando momentáneamente en su desembocadura, al río Santa Eulalia donde formó una laguna. El desborde producto de las pulsaciones del flujo de detritos afectó terrenos de cultivo de Cumpe, canal de regadío y tuberías de agua potable del anexo Huanchunya, distrito de San Antonio. También afectó un puente denominado "Puente Verde", debilitando su estructura metálica y su muro de contención de aprox. 25 m.

Tabla 1. Escala de velocidades según Cruden y Varnes (1996)

Clases de velocidad	Descripción	Velocidad (mm/s)	Velocidad típica
7	Extremadamente rápido	5×10^3	5 m/s
6	Muy rápido	5×10^1	3 m/min
5	Rápido	5×10^{-1}	1,8 m/h
4	Moderada	5×10^{-3}	13 m/mes
3	Lenta	5×10^{-5}	1,6 m/año
2	Muy lenta	5×10^{-7}	16 mm/año
1	Extremadamente lenta		



Foto 7. Naciente del huaico en una de las quebradas tributarias que forma la quebrada San Antonio. Nótese la presencia de canchales de detritos en la margen derecha de la quebrada.



Foto 8. Vista de la quebrada Lacochoa una de las quebradas tributarias de la quebrada San Antonio. Con 13 m de ancho, corresponde a la primera vertiente en donde se originó el flujo de detritos,



Foto 9. Vista aguas abajo de la quebrada Lacochoa, cauce colmatado de material con pendiente moderada (25°) con cantos y bloques subangulosos a angulosos de 10 a 30 cm de diámetro.



Foto 10. Vista aguas arriba de la quebrada Lancataqui con 16 m de ancho, segunda vertiente en donde se generó el flujo de detritos. Obstruyó el camino de herradura San Pedro de Casta-Mayahuay. Además se presentaron pequeños derrumbes en el talud superior del camino (D).



Foto 11. Vista aguas abajo de la quebrada Lancataqui. Nótese el material que aportó al cauce de la quebrada San Antonio, con bloques de hasta 1,5 m de diámetro.

4.2.1 Tipología y dinámica del movimiento en masa

De las observaciones geológicas in situ, mapeo a escala 1:25 000 (figura 7), georeferenciación y mediciones de campo, se pueden resumir las características del movimiento en masa:

Tipo de movimiento en masa: Las características del movimiento en masa tipifican a un flujo de detritos, que se inició en un material de origen glacio-fluvial conformado por arcillas, gravas, cantos y bloques (hasta de 1 m de diámetro).

El material muy saturado en una vertiente con pendiente entre 12° a 25° (promedio 19°), adyacente a zonas con depósitos de canchales (coluviales) suspendidos en las laderas, en ambas márgenes de la quebrada San Antonio, se desestabilizó y se desprendió bruscamente, generando el flujo de material detrítico sobresaturado .

El material descendió bruscamente y se canalizó por una cauce relativamente angosto (ancho promedio de 2 a 3 m, el cual lo rebasó y alcanzó alturas de 10 m.), arrancando además vegetación e incorporando nuevos bloques de roca durante su recorrido (fotos 12 y 13), hasta alcanzar el cauce principal de la quebrada San Antonio, que proviene de las vertientes superiores que descienden de la meseta Marcahuasi.

Paralelamente ocurrieron procesos similares en las vertientes contiguas, donde se registró arrastre de material, presencia de canchales de detritos en laderas, los cuales se unieron aguas abajo.

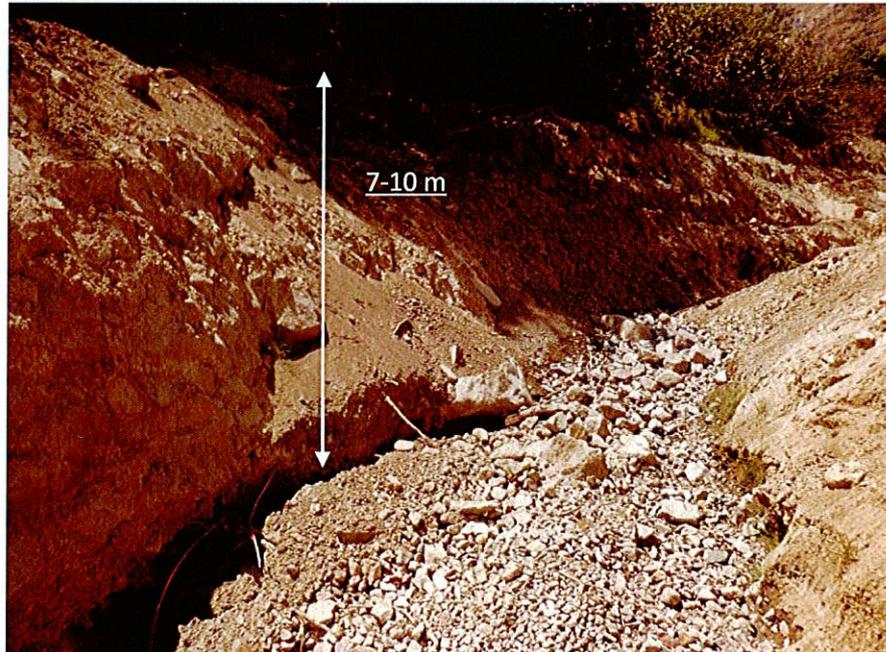
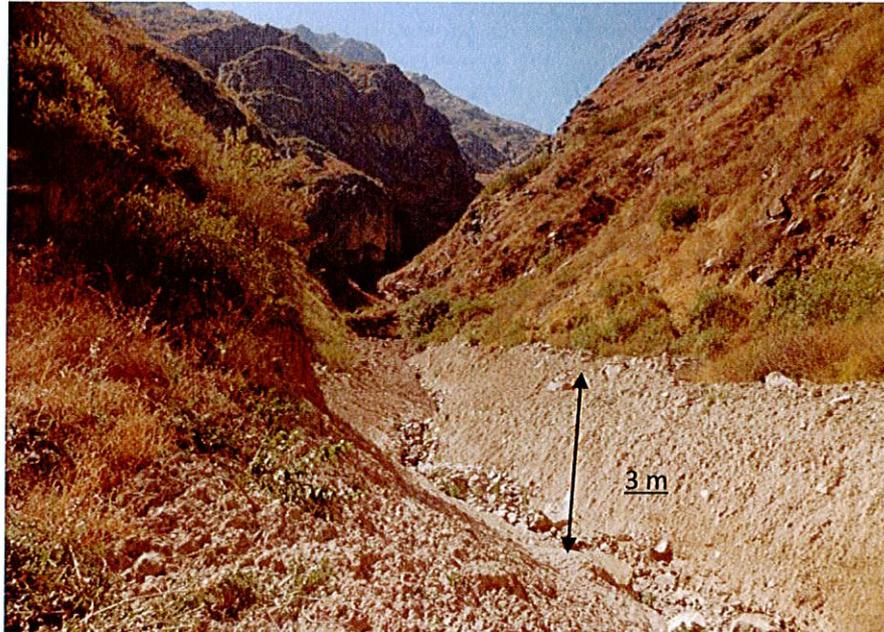


Foto 12. Vistas del cauce de la quebrada San Antonio, (arriba) Aguas arriba de la quebrada San Antonio, con un ancho del cauce de 1,5 m cuyo depósito tiene aprox. 20 m de ancho y 3 m de alto; (abajo) Aguas abajo, depósito con altura que alcanzó cerca de 10 m, ancho del cauce de 3 m aquí la erosión fue más pronunciada debido a la pendiente de la vertiente incorporando grandes bloques de material piroclástico, englobados en una matriz areno arcillosa. Arrasó además terrenos de cultivo de chirimoya.

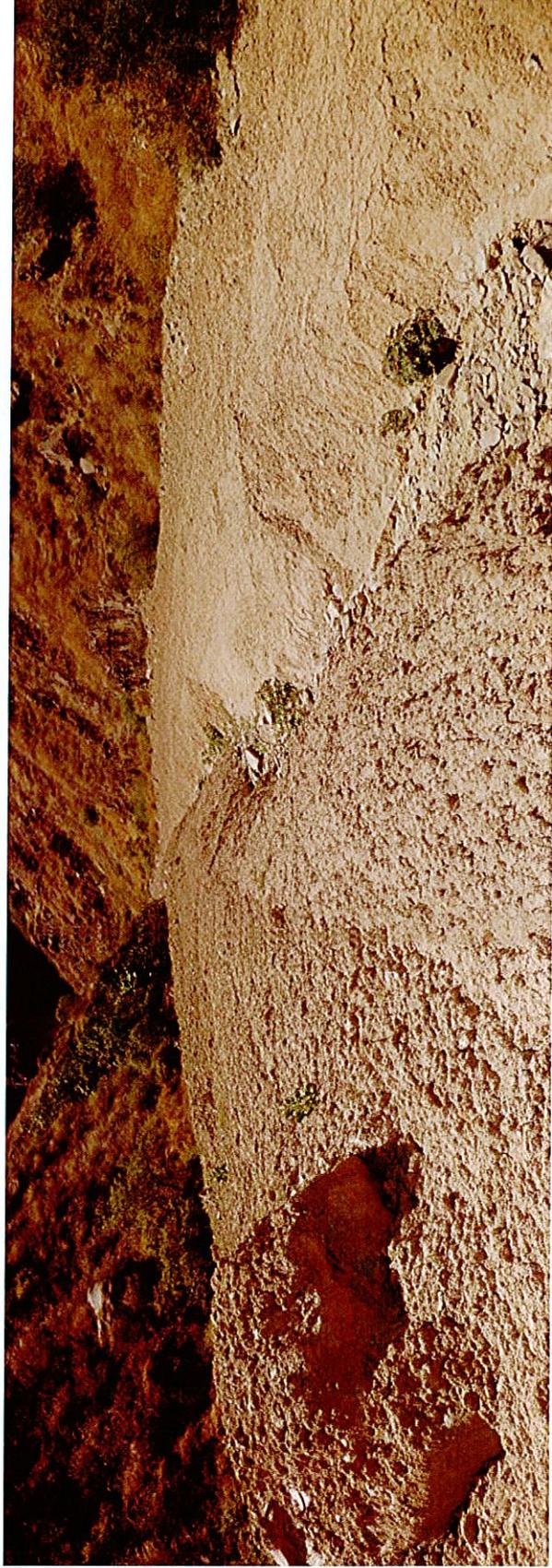


Foto 13. Vista aguas arriba del depósito del flujo de detritos, nótese los bloques de aprox. 1 m de diámetro que arrastró en su recorrido englobado en material gravoso con matriz areno limosa (margen derecha de la quebrada San Antonio).

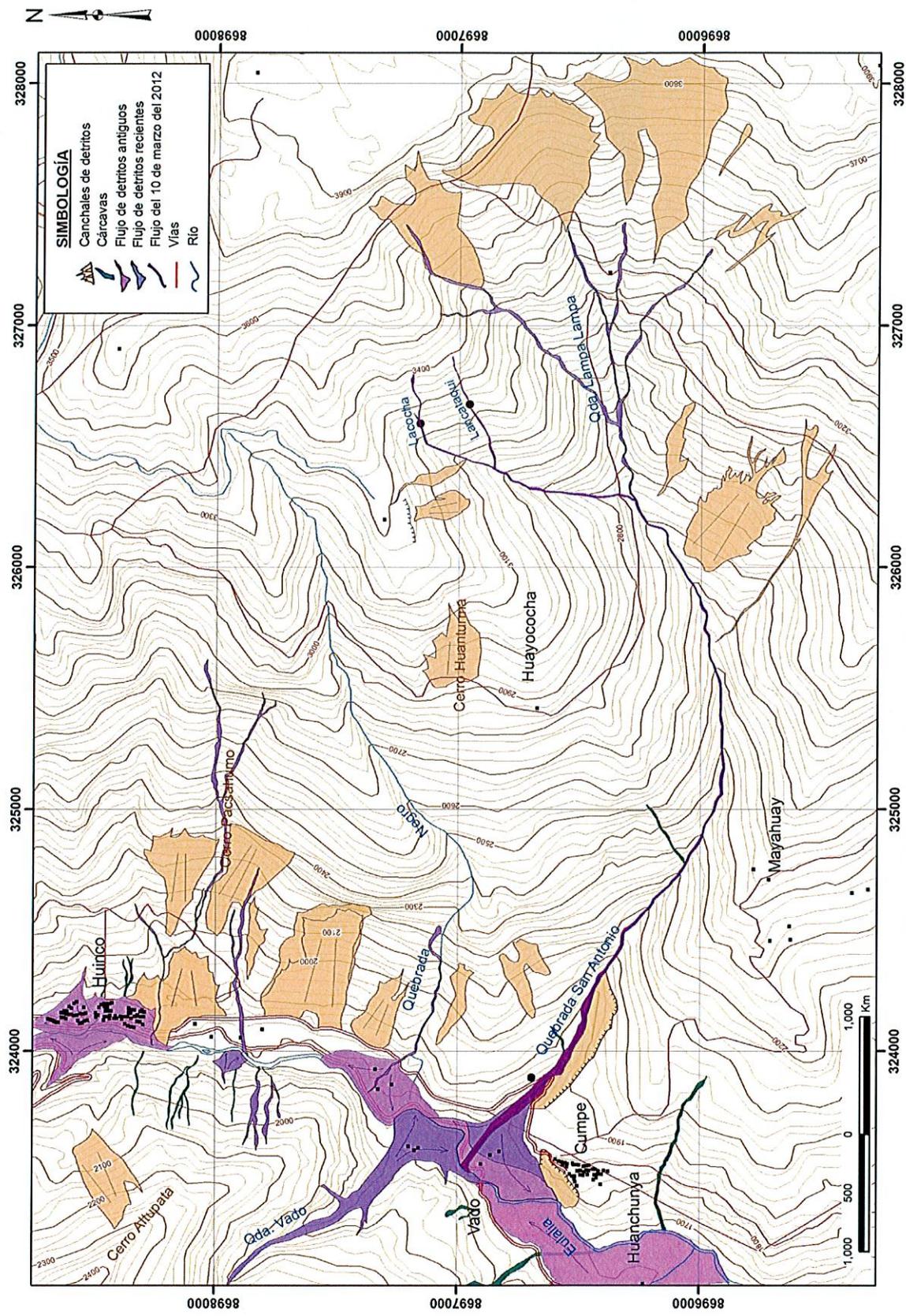


Figura 7. Mapa de peligros geológicos en el área evaluada.

4.2.2 Depósito final del flujo de detritos

El flujo alcanzó una gran velocidad y una altura promedio en su recorrido entre 3 a 10 m. Al abrirse en su tramo final al río Santa Eulalia, el material del flujo alcanzó una altura promedio de 7-10 m en la parte central, pudiéndose apreciar bloques de roca de hasta 1,5 m de diámetro, así como huellas del lodo en algunos troncos de árboles y muros, existentes en el abanico anterior al flujo (fotos 14 y 15).



Foto 14. Nótese la marca del flujo en un muro, en la margen izquierda de la quebrada San Antonio, inicio de apertura del abanico proluvial cerca al corte de la trocha carrozable Cumpe-Huinco.

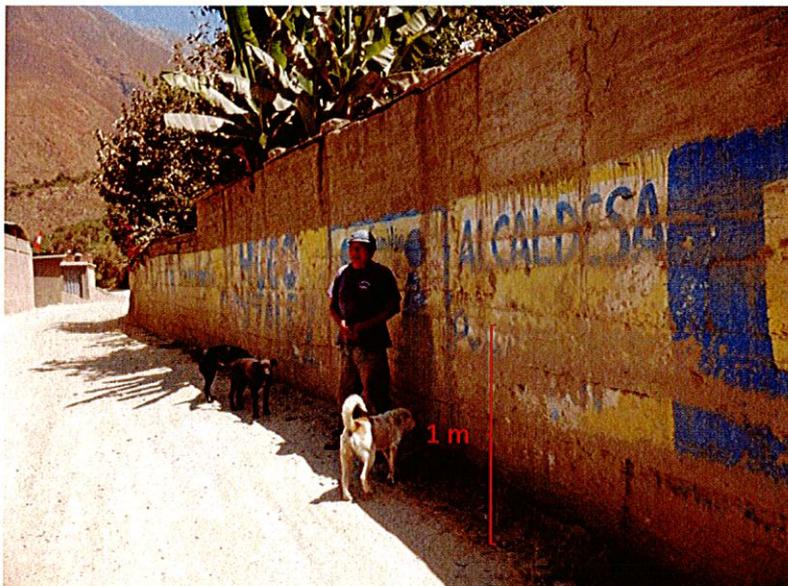


Foto 15. Vivienda del poblado de Vado que se encuentra frente a la quebrada San Antonio (margen derecha del río Santa Eulalia). Luego del represamiento, las aguas se desbordaron alcanzando hasta 1 m de alto desde el nivel del puente que se encuentra a 6 m, es decir 7 m en total, respecto al cauce del río Santa Eulalia.

El flujo se extendió hacia ambos lados del abanico anterior, hasta chocar con las aguas del río Santa Eulalia. Frente al abanico proluvial se ubican viviendas del poblado de Vado, las cuales fueron afectadas producto del desborde de la laguna de represamiento momentáneo generado por el flujo de detritos. En este sector se concentró una mayor acumulación de grandes bloques de rocas (fotos 16 y 17). El material que bajó inicialmente con grandes bloques cubrió la parte central del abanico, y lo que descendía detrás se esparció hacia los lados, afectando terrenos de cultivo en Huinco y Cumpe.

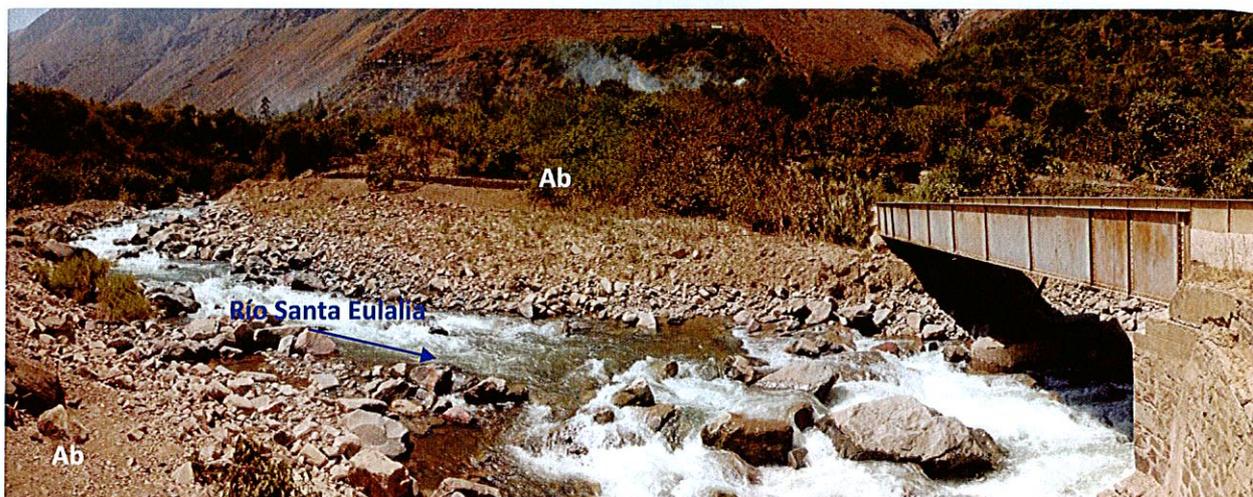


Foto 16. Vista panorámica del valle en el sector de Cumpe, donde se observa un abanico antiguo, por encima se puede diferenciar el depósito reciente (Ab) del flujo de detritos del 10 de marzo del 2012, de color más claro, el cual represó al río Santa Eulalia por 3 horas, también se observa el desvío del cauce del río.

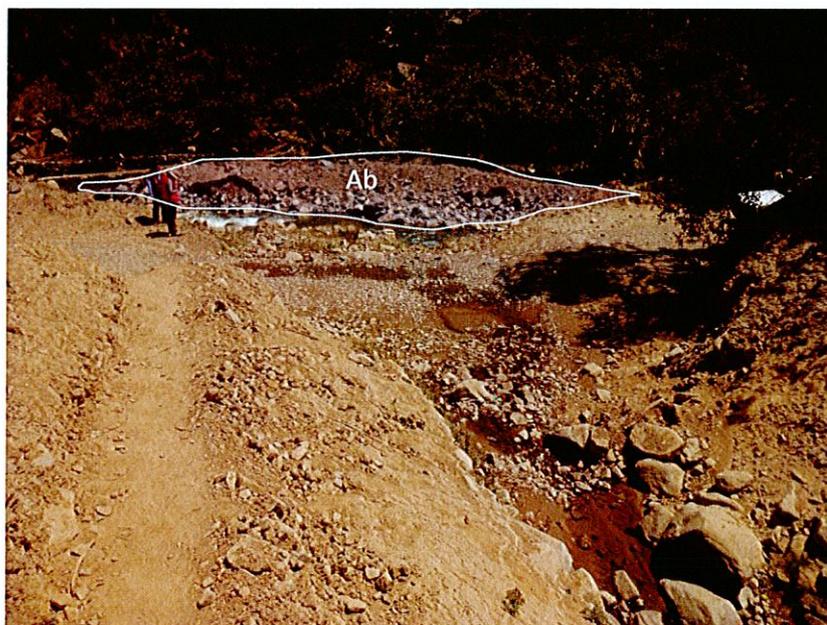


Foto 17. Vista aguas abajo del depósito del flujo de detritos, en la margen izquierda del río Santa Eulalia; aún se puede apreciar el depósito del flujo de detritos (Ab) en la otra margen del río Santa Eulalia, el cual represó temporalmente por 2 a 3 horas aprox.

4.3 Efectos secundarios

El flujo de detritos produjo erosión a lo largo del cauce de la quebrada San Antonio afectando en la cuenca media-inferior, la zona de captación de agua para riego de Huinco.



Foto 18. Primer tramo de 45 m de trocha carrozable Santa Eulalia-Cumpe-Huinco, donde se había colocado una alcantarilla, insuficiente para el paso de un flujo de detritos.



Foto 19. Segundo tramo de 52 m de trocha carrozable (Vado-Huinco) afectado por el flujo de detritos.

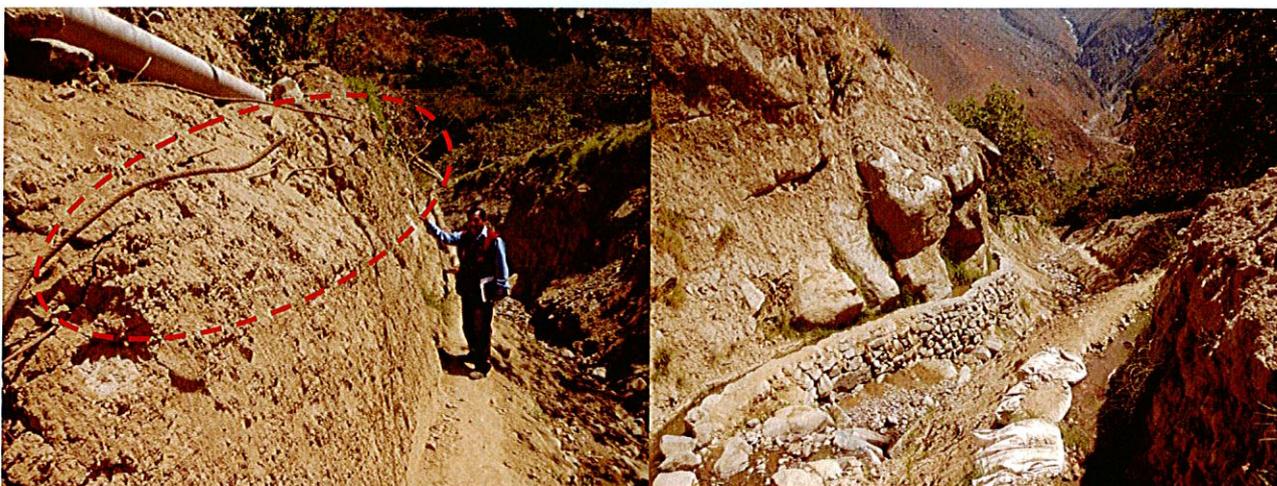


Foto 20. Aún se puede apreciar algunas estructuras del canal antiguo que fue arrasado por el flujo (Izquierda). Tramo de canal reconstruido temporalmente (derecha).

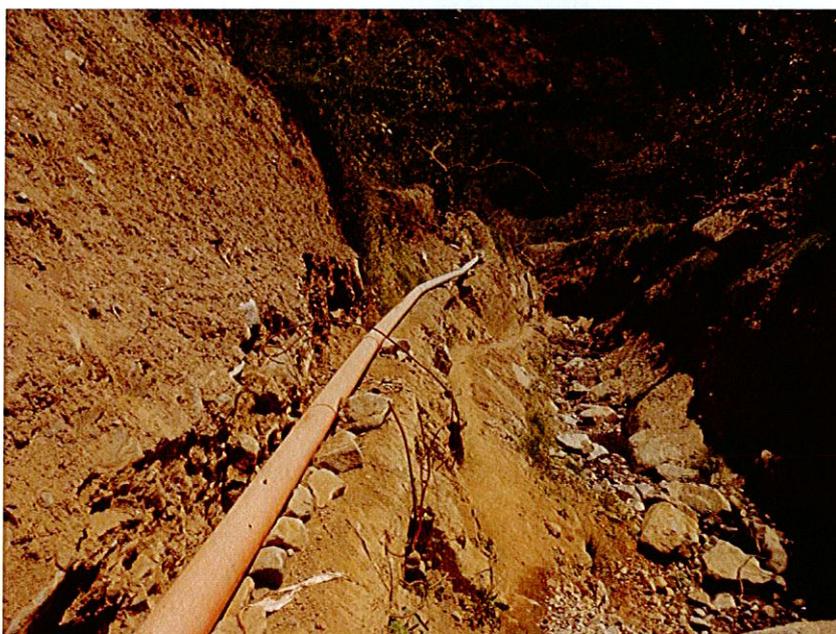


Foto 21. Actualmente se derivan de manera temporal, las aguas mediante una tubería de PVC, después de haberse destruido un tramo del canal.

En la parte final del huaico se produjo una colmatación del cauce del río Santa Eulalia, y a su vez una desviación de su cauce hacia la margen derecha, el cual represó por instantes al río Santa Eulalia, originando inundaciones y erosión fluvial en esta margen, afectando algunas viviendas, terrenos de cultivo, puente Verde y un Sistema de Alerta Temprana ante la crecida del río Santa Eulalia (fotos 22, 23, 24 y 25).

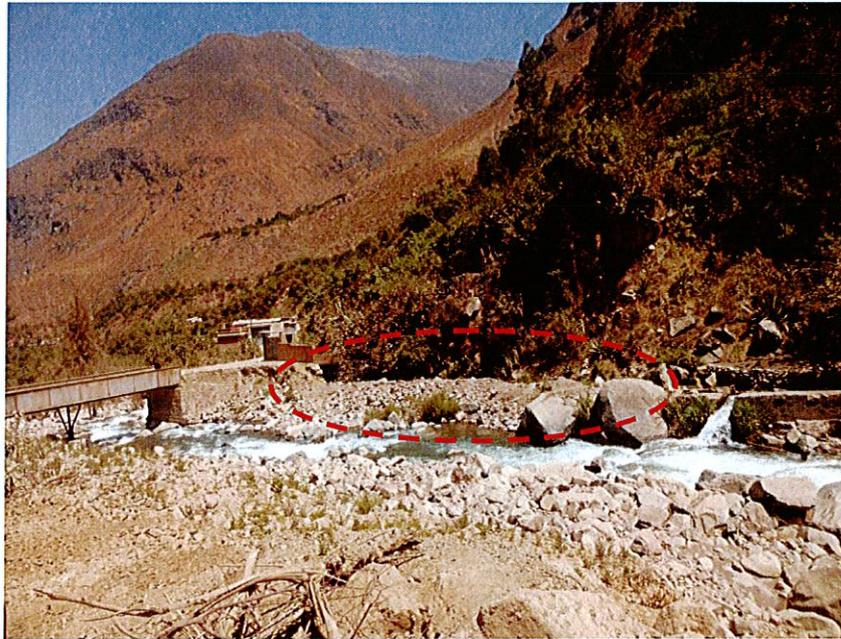


Foto 22. Sector donde se produjo el represamiento temporal, cuya ruptura posterior originó a su vez arranque o derrumbes de material en sus márgenes. Se llevó un tramo de canal y muro de enrocado en el sector delimitado por el círculo de color rojo.



Foto 23: Producto de la ruptura del represamiento originó la erosión y desgarre en la margen derecha del cauce del río Santa Eulalia.



Foto 24. El estribo central del puente Verde se vio afectado, dejando debilitada la estructura del puente con dimensiones 20 m x 3 m x 6 m.

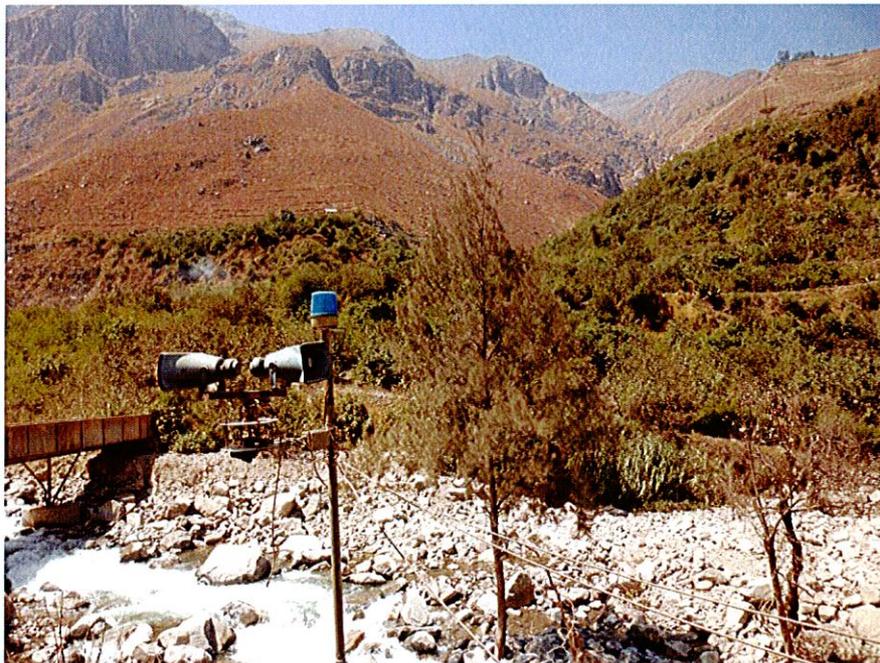


Foto 25. Se llevó una parte del sistema de alerta temprana SAT implementado por EDEGEL S.A.T, (sistema radio móvil) que no funcionó, ante la crecida del río Santa Eulalia. Este río es considerado muy torrencioso por la energía cinética de grandes caudales y que se producen de manera súbita e imprevista hacen vulnerables a las comunidades ubicadas en sus márgenes.

4.4 Otros procesos identificados

Otros procesos geodinámicos identificados en la microcuenca alta, se dieron puntualmente. En la zona de Mayahuay, sobre depósitos coluviales, parte alta de Huinco y cabecera de las quebradas San Antonio y Negro, produjeron pequeños derrumbes y erosión en cárcavas. En estos sectores han quedado algunas zonas inestables por canchales de detritos suspendidos en laderas. Ejemplos de estos procesos se muestran en la foto 26.

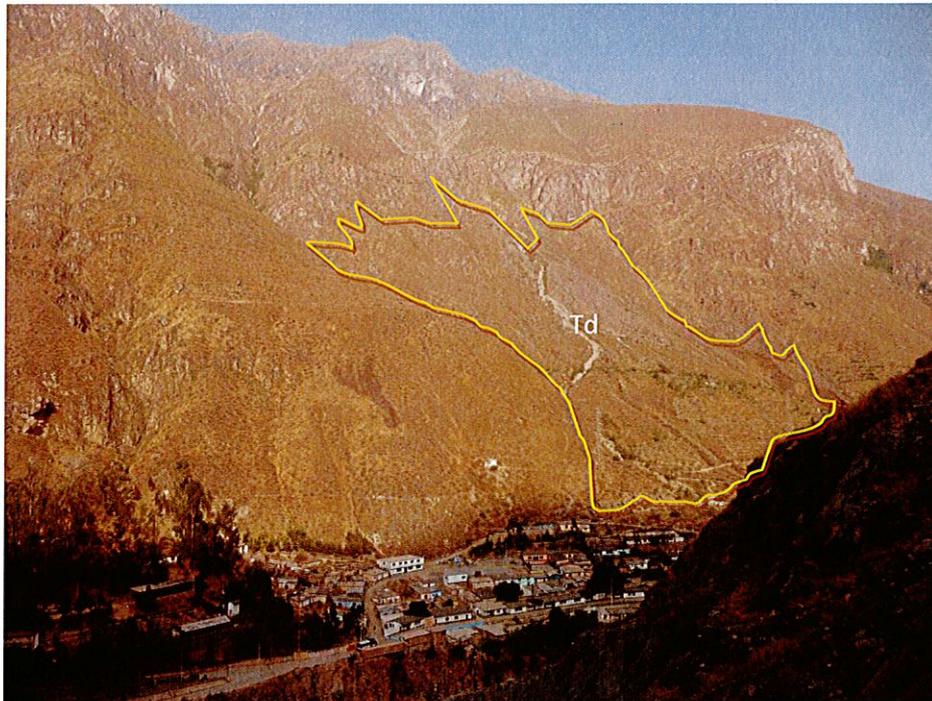


Foto 26. Presencia de talus de detritos (Td) suspendidos en las laderas del cerro Pacsahumo, por encima del poblado de Huinco.

5. CONDICIONES ACTUALES EN LA QUEBRADA SAN ANTONIO Y MEDIDAS CORRECTIVAS

De acuerdo a las características condicionantes existentes en la quebrada San Antonio (descritas en las páginas anteriores), hacen suponer la ocurrencia de flujos de detritos de manera recurrente. Esto podría acelerarse con la ocurrencia de lluvias intensas. Se dan algunas alternativas de solución de forma general para la zona evaluada; esto con la finalidad de minimizar las ocurrencias de flujos de detritos, producto de los derrumbes y presencia de canchales de detritos en la cabecera de la quebrada, entre otros. Así como también para evitar la generación de nuevas ocurrencias.

5.1 Medidas de control para erosión fluvial e inundaciones

Las medidas que se proponen, están orientados a minimizar (mitigar) los desbordes y erosiones que ocurren en la margen derecha del río Santa Eulalia por efecto de las avenidas de la quebrada San Antonio. Para la protección a nivel de cauce, se recomienda la construcción de gaviones o enrocados, por su fácil construcción, además de ser más económicos que las que emplean soluciones rígidas o semirrígida (relación vida útil vs. Costo total favorable). Para el control físico del avance de la erosión se propone un conjunto de medidas, principalmente de orden artesanal, entre las obras de defensa ribereña que cabe destacar son: los gaviones, enrocados y muros, como se muestra en las figuras 08 y 09 y fotos 27 y 28.

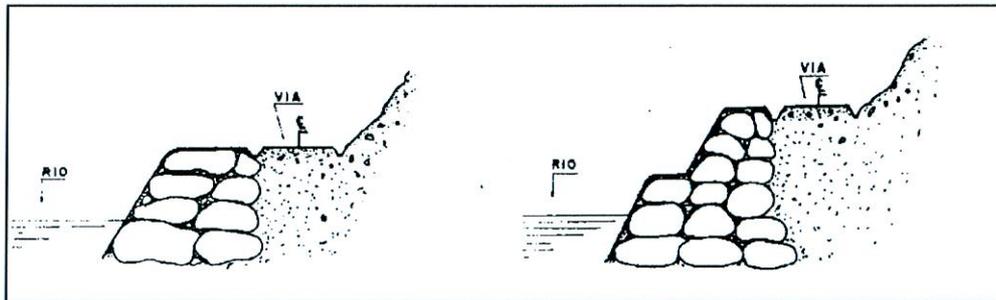


Figura 08. Uso de enrocados para protección de riberas.

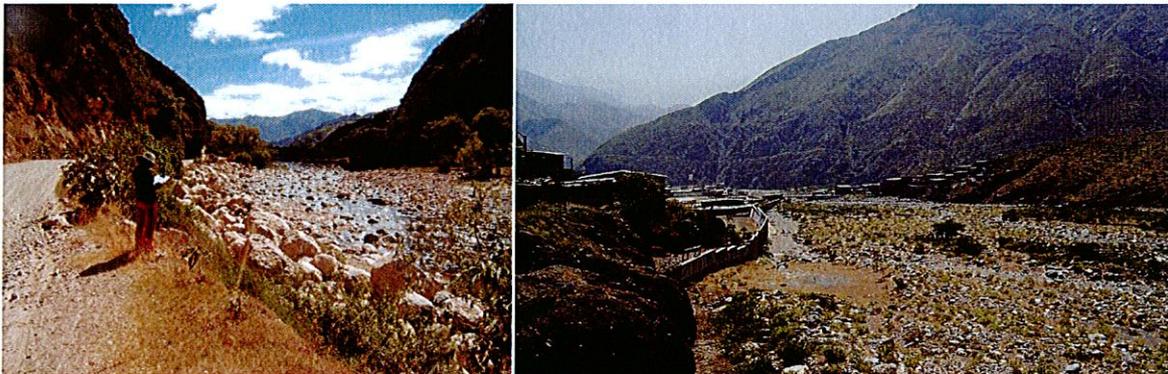


Foto 27. Ejemplo de uso de enrocados para protección de la plataforma de carretera (izquierda). En muchos casos esto debe estar acompañado de un levantamiento de la rasante de la carretera. A la derecha, protección de ribera con muros contra la erosión fluvial e inundación.



Figura 09. Uso de gaviones en obras de protección de laderas o erosión fluvial.

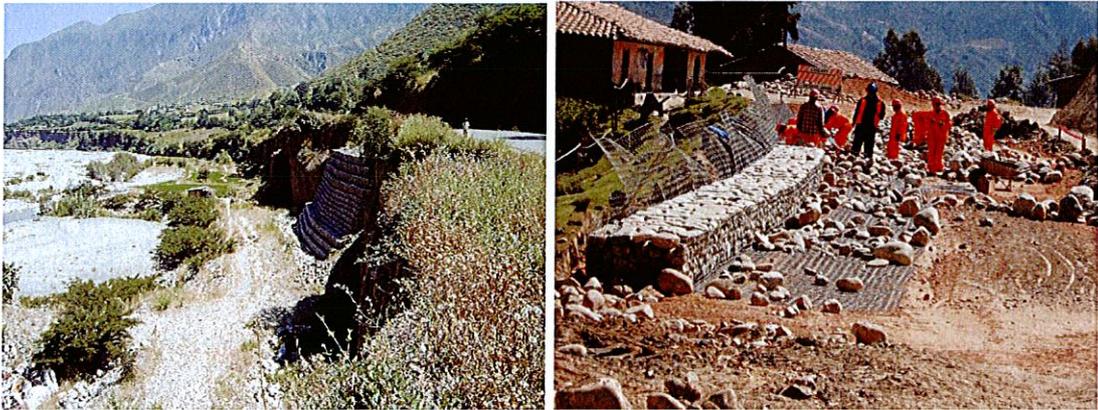


Foto 28. Ejemplos de construcción de muro de gaviones para protección de talud inferior de carretera.

5.2 Medidas de control para zonas de flujos y cárcavas

Para el control físico del avance de cárcavas se propone un conjunto de medidas, como realizar trabajos de reforestación de laderas (cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ellas) con fines de estabilización.

El desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (Figuras 10, 11, 12 y 13), resultan muy apropiados.

Las erosiones en cárcavas generan abundantes materiales sueltos que son llevados a los cauces de las quebradas. Muchos de estos cauces tienen suficiente material como para la generación de flujos (como en el caso de la quebrada San Antonio), para lo cual se proponen los disipadores de energía e implementación de un SAT (Foto 29 y figura 14).

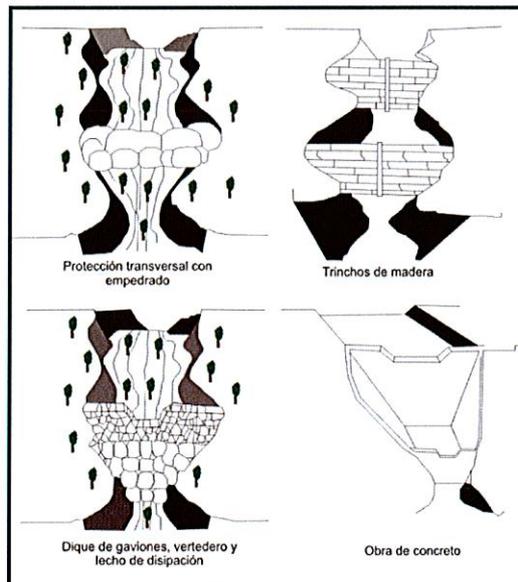


Figura 10. Obras hidráulicas transversales para control de erosión en cárcavas.

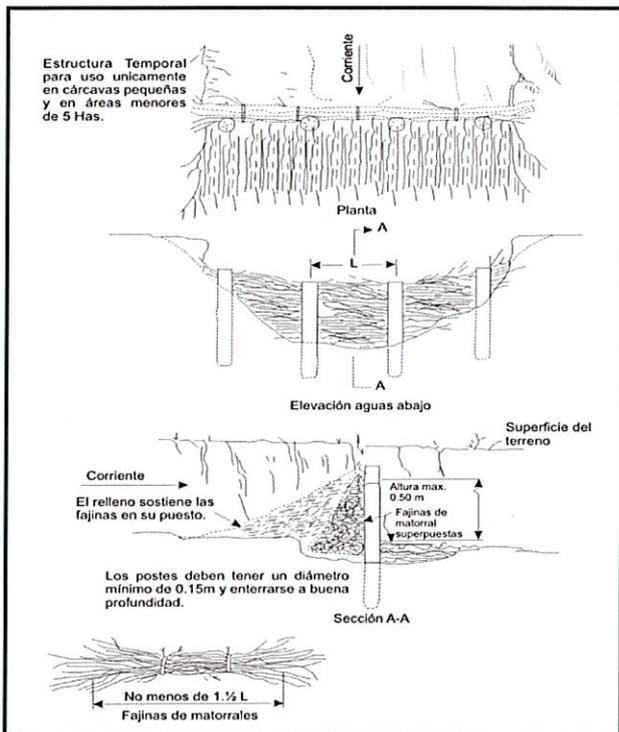


Figura 11. Trincho de matorral (tipo una hilera de postes). Adaptado de Valderrama et al. (1964).

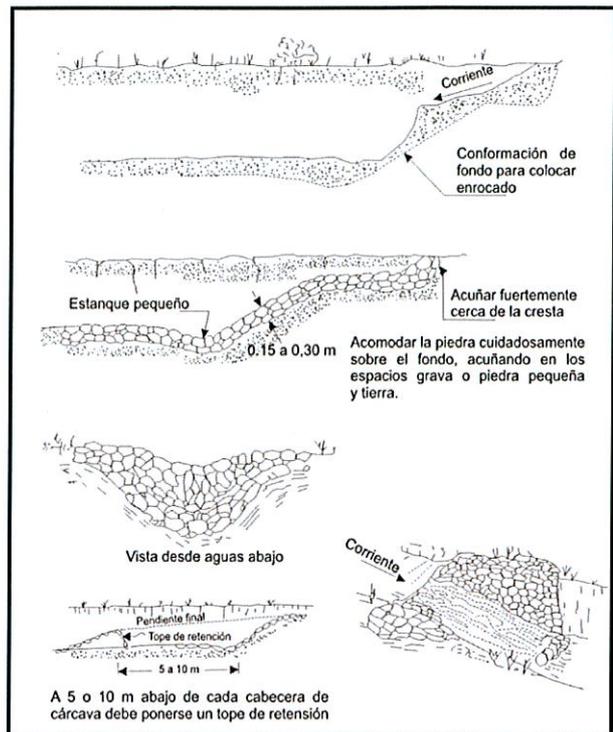


Figura 12. Trincho de piedra para cabecera de cárcava en zona de mina. Adaptado de Valderrama et al. (1964).

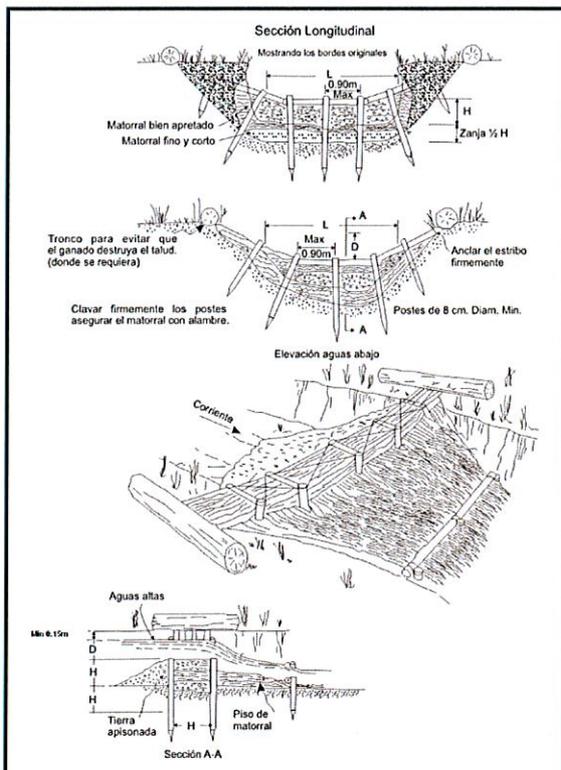


Figura 13. Trincho de matorral tipo doble hilera de postes. Adaptado de Valderrama et al. (1964).



Foto 29. Construcción de disipadores de energía de las corrientes concentradas en el cauce de la quebrada, mediante diques transversales (enrocado) y canalización del cauce con muros escalonados utilizando bloques de rocas para mitigar los efectos ante la ocurrencia de un flujo de detritos.

Estación de monitoreo de flujo de detritos (huaycos) de Dackeng

En noviembre del 2000, el tifón Xangsang trajo 897 mm de precipitación (Oct. 27-Nov. 2, 2000) que desencadenó un flujo de detritos (huayco) y causó víctimas graves y pérdida de propiedades de las personas que vivan aguas abajo.

Cable sensor: Cuando el Cables sensor es roto por el flujo de detrito (huayco) una señal de advertencia es enviada a la central de operaciones de emergencia.

Cámara CCD: La cámara CCD sirve para monitorear la condición del flujo en el canal.

Centro de adquisición de datos: Todos los datos de observación de campo se integran, y registran en el centro de adquisición de datos a partir del cual el sistema de vigilancia puede ser controlado y operado de forma remota a través de internet.

Pluviómetro: Es usado para medir la precipitación de advertencia por flujo de detritos.

Sensor meteorológico: Los instrumentos meteorológicos incluidos en esta estación son: sensor de humedad y temperatura, sensor de dirección y velocidad del viento, sensor de irradiación solar y sensor de presión atmosférica.

Sensor de contenido de agua en el suelo: El sensor es utilizado para analizar la relación entre la lluvia y la infiltración.

Satélite: El campo de datos de flujos de detritos recogidos por los diferentes sensores de observación puede ser transmitido instantáneamente a través del satélite al centro de operaciones de emergencia.

Geófono: La vibración del suelo causada por el flujo de detritos es medida y registrada en el geófono.

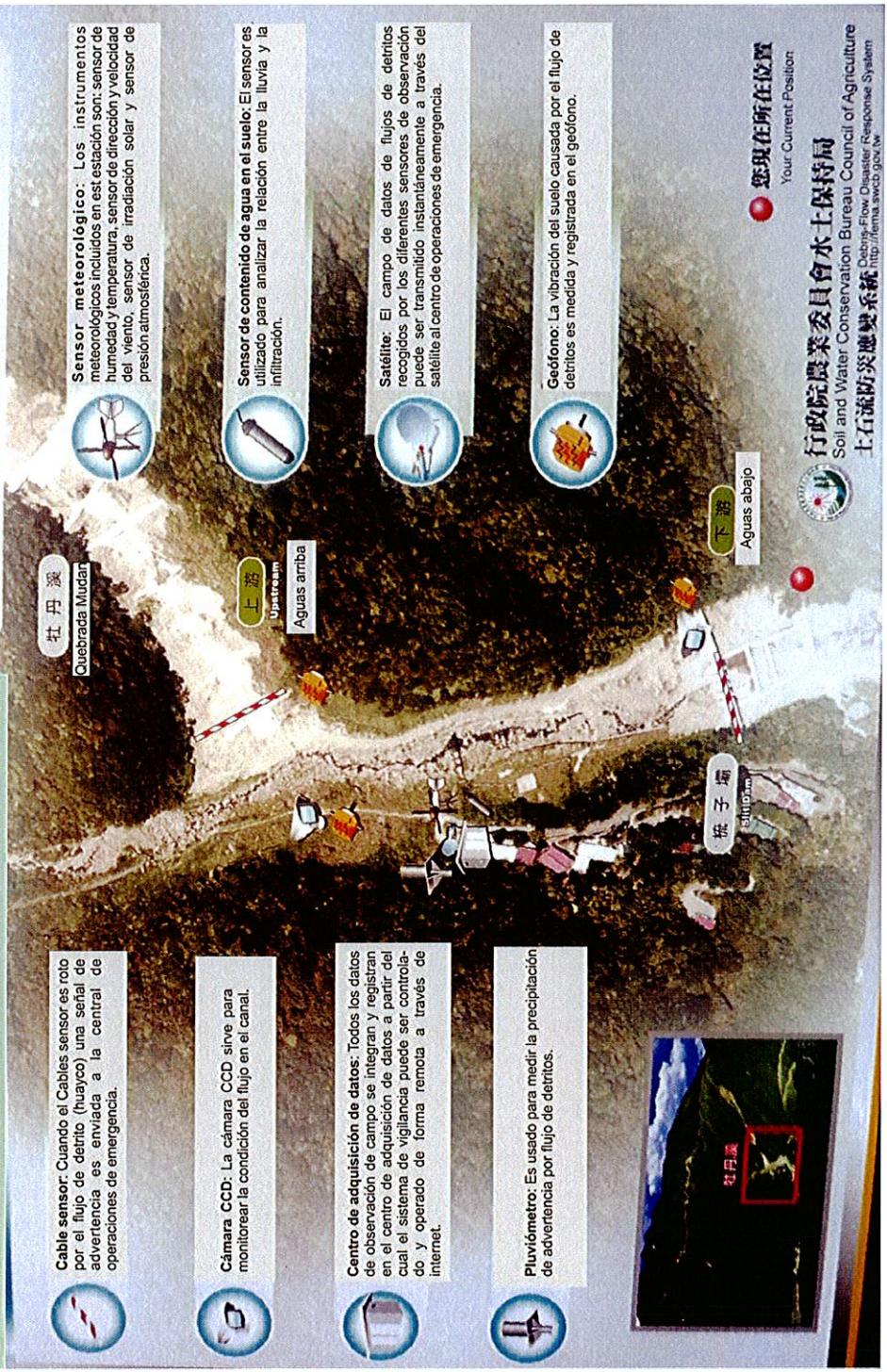


Figura 14. Modelo de implementación de un sistema de alerta temprana (Ejemplo tomado de Taiwan).

5.3 Obras de drenaje en redes viales

Muchas de las quebradas, torrenteras o chorreras que generan huaicos periódicos en el área de estudio, en función de las características geodinámicas y topográficas de la quebrada, pueden ser controladas en las carreteras mediante badenes de concreto o mampostería de piedra, alcantarillas, pontones o puentes. En ambos casos estas obras deben ser acompañadas de obras de encauzamiento y limpieza del cauce de quebrada aguas arriba, y obras de defensa contra erosión (enrocados, gaviones o muros de concreto). A continuación se presenta algunos ejemplos de los que se puede seguir:

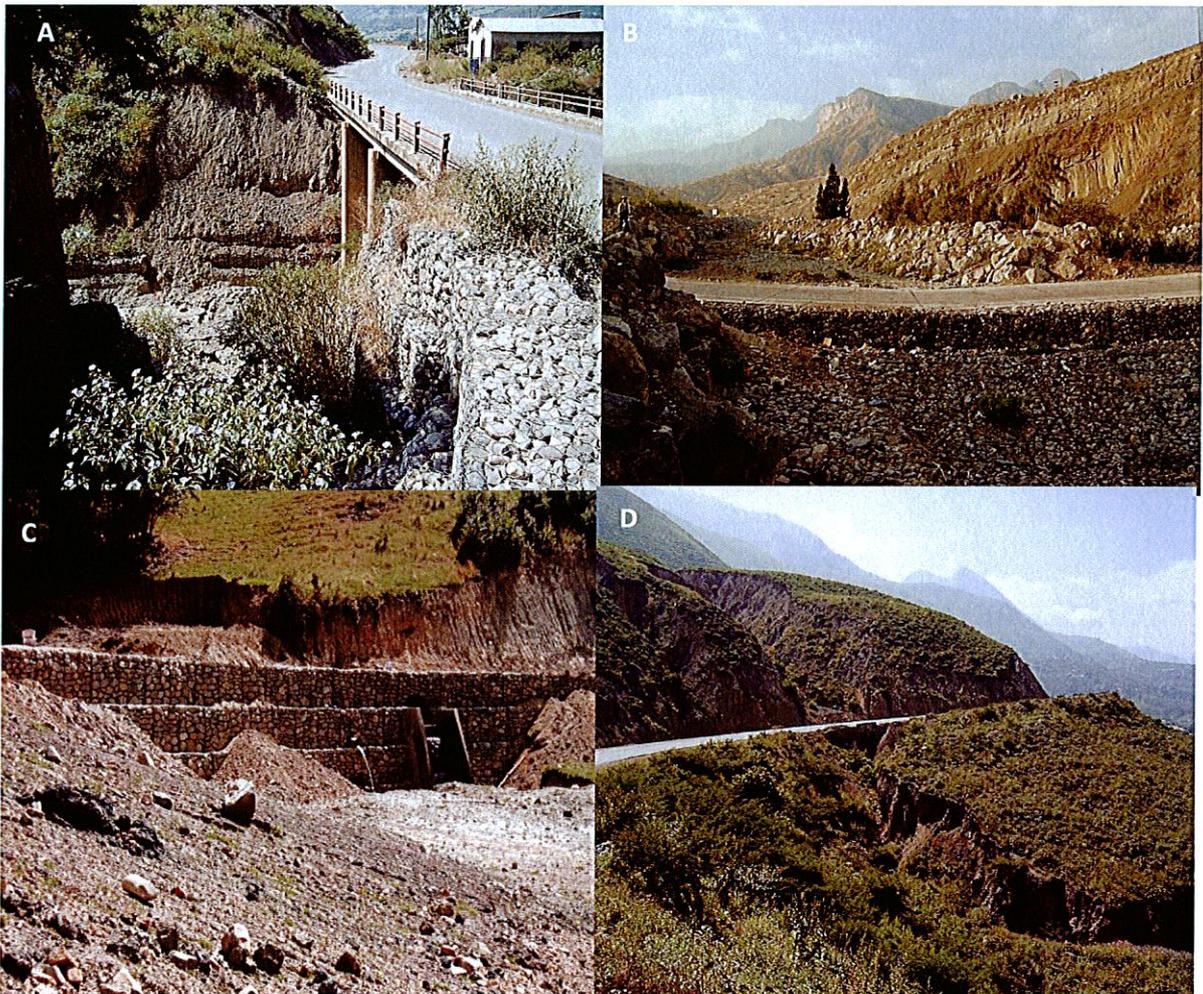


Foto 30. (A) Alternativas de solución para redes viales como: badenes, alcantarillas y puentes. Además se distingue encauzamiento de quebrada (B), colmatación de cauce y disminución del tirante del puente o alcantarilla (C) y la falta de forestación en las microcuencas de quebradas que periódicamente traen huaycos (D).

6. CONCLUSIONES

- El 10 de marzo de 2012, se originó un flujo de detritos (huaico) como resultado de intensas lluvias que se concentraron entre las comunidades de San Francisco de Chachlla y la comunidad San Pedro de Casta. El material fue arrastrado pendiente abajo por la quebrada San Antonio, tras dos días y medio aprox. de intensas precipitaciones pluviales según el registro de precipitaciones de la Estación Santa Eulalia del SENAMHI.
- Según el registro de precipitaciones de la estación San Antonio del SENAMHI, los días 8, 9 y 10, de marzo antes de la ocurrencia y el mismo día del huaico, se registraron 0,7, 5,5 y 4,9 mm respectivamente).
- El substrato en la zona evaluada, se encuentra conformado por flujos andesíticos volcánicas, los cuales se encuentran muy fracturados y alterados. Intrusivos (tonalitas) en la parte media de la microcuenca; depósitos superficiales de tipo coluvial y glacio-fluvial. El material donde se originó el flujo es un depósito glaciar formado por gravas medianamente consolidadas con matriz arcillo-limoso de alta plasticidad, con presencia de grandes bloques y cantos subangulosos de rocas volcánicas, muy fracturadas y alteradas, pertenecientes al Grupo Rímac.
- De acuerdo a las observaciones de campo, el flujo se originó de dos vertientes glaciofluviales del cerro Marcahuasi: Lacochoa y Lancataqui tributarios de la quebrada San Antonio; en el sector de Suncane. Se trató de un flujo de detritos saturado muy rápido, a lo largo del cauce de la quebrada San Antonio con pendiente promedio de 19°, el cual fue incorporando gran cantidad de material saturado en su trayectoria para finalmente depositarse en un abanico de detritos. Su depósito generó un canal en forma de U.
- En su recorrido por el cauce de la quebrada, el flujo de detritos afectó varios terrenos de cultivo, de ambas comunidades (Huinco y Cumpe), canal de regadío y tuberías de agua potable del anexo Huanchunya, distrito de San Antonio.
- El desnivel entre la zona de origen y la zona de depósito (1600 m), una pendiente promedio de 19° y las características del material (sobresaturado), propiciaron la ocurrencia de un flujo mediano de características muy violentas, con arrastre de grandes bloques suspendidos en una masa de lodo arcilloso. El flujo llegó en casi su totalidad al río Santa Eulalia, represándolo temporalmente.
- Como efectos secundarios del abanico formado en la margen derecha del río Santa Eulalia, se produjo un represamiento temporal cuya ruptura posterior originó a su vez arranque o derrumbes de material (erosión fluvial) e inundación en la margen derecha del río; esto afectó viviendas del sector Vado, erosionó un tramo de canal, debilitó la estructura metálica central del puente Verde, y su muro de contención de aprox. 25 m. Afectó además una parte del sistema de alerta temprana (SAT) implementado por EDEGEL ante crecidas o avenidas del río Santa Eulalia, el cual no funcionó. En este río, considerado como muy torrentoso por la energía cinética de grandes caudales

que se producen de manera súbita e imprevista, hacen vulnerables a las comunidades ubicadas en sus márgenes.

- La quebrada San Antonio, tiene características geodinámicas similares a muchas de las quebradas afluentes al río Santa Eulalia, donde se han generado flujos de detritos en el pasado. Por ello se considera una zona de flujos de detritos con recurrencia frecuente. Cabe mencionar además que el peligro aún existe es **LATENTE**, ya que en la parte alta de la quebrada se encuentran talus de detritos suspendidos en las laderas en ambas márgenes de la quebrada San Antonio, así como en la parte alta del poblado Huinco y también la presencia de cárcavas, . las cuales podrían generar nuevos flujos de detritos.

7. RECOMENDACIONES

- Declarar la zona afectada por el flujo de detritos del 10 de marzo del 2012, no apta para el desarrollo urbano alguno en la provincia de Huarochiri.
- Realizar trabajos de descolmatación del cauce del río Santa Eulalia, los cuales permitirán que este retorne a su curso original, evitando los procesos de erosión fluvial; esto se debe complementar con la construcción de defensas ribereñas con muros de gaviones o concreto, a lo largo de toda la zona afectada, en la margen derecha del río Santa Eulalia (aprox. 120 m).
- Como medida de mitigación ante futuros huaicos en la quebrada San Antonio, se deberán construir diques transversales o disipadores en el cauce de la quebrada, los cuales servirán para disipar la energía de estos eventos.
- Dada la importancia del puente Verde debido al paso de vehículos para transportar los productos cultivados y ser el único tránsito de acceso entre Vado y Huinco, este se debe cambiar, ya que sus estructuras se encuentran debilitadas.
- Considerando los efectos del huaico, debería volverse a implementar un sistema de alerta temprana (SAT) más eficiente y automatizado en la quebrada San Antonio. Esto permitirá alertar con anticipación la ocurrencia de futuros flujos de detritos o huaicos en esta quebrada, que pudieran afectar los sectores de Huinco, Cumpe y Vado y poblados que se encuentran aguas abajo.
- Implementar y promover una cultura de prevención de desastres, mediante charlas y talleres de sensibilización ante peligros geológicos, en los diferentes niveles de la población afectada y alrededores.


GRISELDA OFELIA LUQUE POMA
ING. GEOLOGO GEOTECNICO
CIP 125429

REFERENCIAS

- Cruden, D.M. & Varnes, D.J. (1966). Landslide types and process, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washinton D. C., National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36-75.
- Gobierno Regional de Lima-Dirección Regional de Agricultura (2012). Diagnóstico Situacional de la Agencia Agraria Santa Eulalia, 11 p.
- Dirección de Geotecnia (1981). Condiciones de Seguridad de las Principales Obras de Ingeniería. INGEMMET. 118 p.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Censos Nacionales 2007, XI de Población Y VI de Vivienda. Sistema de Consulta de Principales Indicadores Demográficos, Sociales y Económicos. Enlace web:
<http://censos.inei.gob.pe/Censos2007/IndDem/?id=ResultadosCensales>
- Palacios, O.; Caldas, J.; Vela, Ch. (1992). Geología de los cuadrángulos de Lima (25-i), Lurín (25-j), Chancay (24-i) y Chosica (24-j). INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 43, 163 p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas – PMA: GCA (2007). Movimientos en masa en la región andina: Una guía para la evaluación de amenazas.
- Zavala, B. (2007). Marcahuasi, Geoparque Nacional: Guía Geoturística. INGEMMET. Boletín. Serie I: Patrimonio y Geoturismo, n. 2, 85 p.