

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

DIRECCION DE GEOLOGIA REGIONAL

INFORME TECNICO

**GEOLOGÍA Y GEODINÁMICA EN LAS QUEBRADAS CCALLA
RAYAN Y PINCHIMAYOC : ALUVIÓN DEL 28 DE FEBRERO Y 1 DE
MARZO DEL 2010 QUE AFECTÓ TARAY-CUSCO**

Por:

Victor Carlotto

José Cárdenas
Hector Huaisara
Briant García
Igor Astete

Ronald Concha
Boris Del Castillo
Vilma Cano
Jaqueline Villafuerte

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
ANTONIO ABAD DEL CUSCO



Junio 2010
LIMA - PERÚ

1. INTRODUCCIÓN

Los días 28 de febrero y 1 de marzo del 2010; en las quebradas Ccalla Rayan y Pinchimayocc del distrito de Taray, provincia de Calca, se desencadenaron una serie de fenómenos geodinámicos de movimientos en masa, debido principalmente a las intensas precipitaciones pluviales.

El aluvión que afectó al poblado de Taray se inició el día 28 de febrero a las 23:00 horas y continuó de manera incesante durante toda la noche, hasta la mañana del 1 de marzo. Este aluvión descendió a manera de oleadas produciendo múltiples daños a lo largo de su recorrido y afectando a gran parte de la población de Taray.

Los primeros días de marzo y abril un equipo de geólogos del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico-INGEMMET y de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco-UNSAAC realizaron el diagnóstico y evaluación de este fenómeno, logrando identificar las causas que lo originaron y a partir del cual se proponen algunas recomendaciones.

1.1. Ubicación

Las quebradas Ccalla Rayan y Pinchimayocc se localizan en el distrito de Taray, provincia de Calca y Región Cusco (Fig. 1). La quebrada Ccalla Rayan tiene una dirección noroeste-sureste y nace a una altitud de 3900 msnm. Esta quebrada vierte sus aguas a la quebrada Pinchimayocc que tiene una dirección noreste-suroeste y pasa por el poblado de Taray que se encuentra a 2980 msnm, antes de llegar al río Vilcanota que se halla a 2960 msnm (Fig. 2).

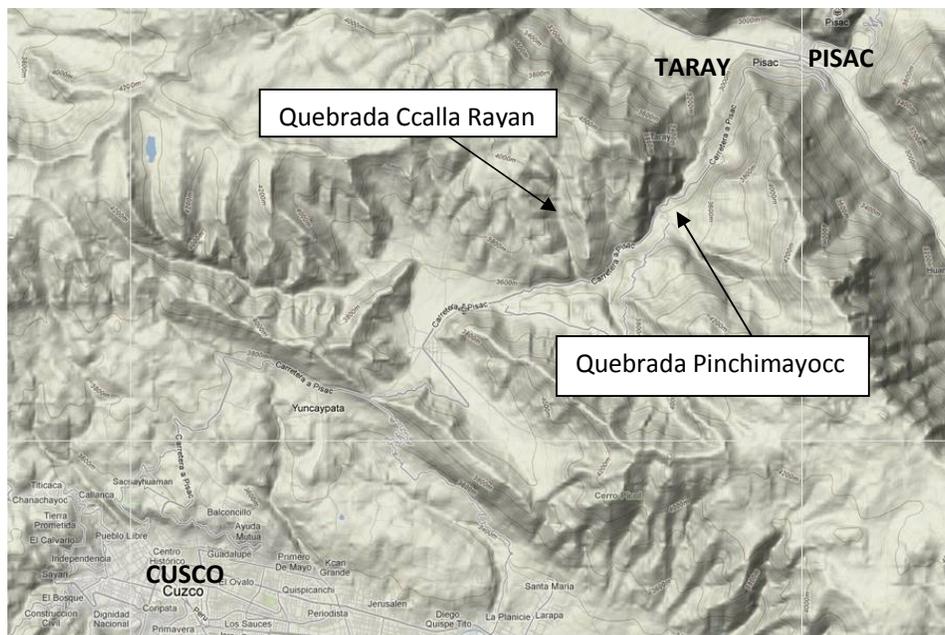


Fig. 1: Mapa de ubicación del poblado de Taray.

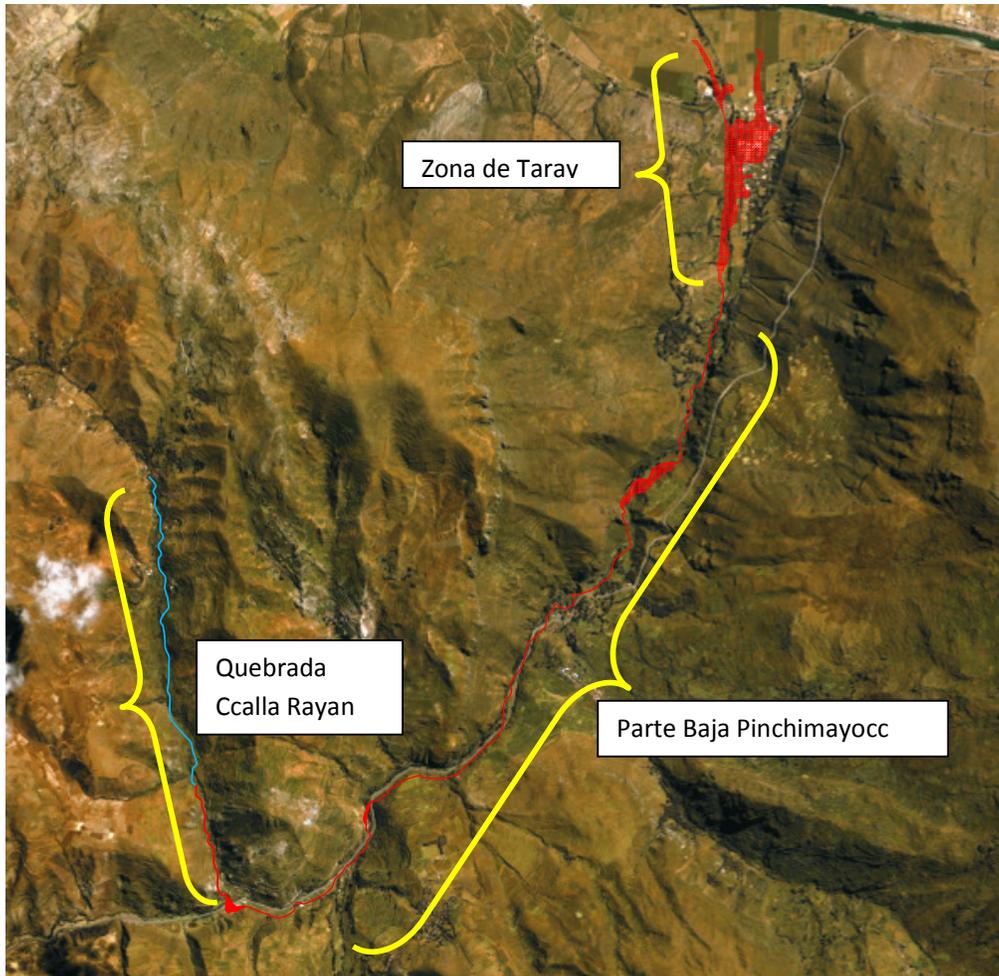


Fig. 2: Ubicación de las quebradas Ccalla Rayan y Pinchimayocc al sur del poblado de Taray. En rojo zonas afectadas por el aluvión. Además se muestran las 3 zonas de estudio en amarillo.

1.2. Clima

La zona de estudio se localiza entre los 3850 y 3000 msnm, presentando un clima templado característico de los valles interandinos de los Andes con un promedio de temperaturas de 20°C en el día y 10°C en las noches. La temperatura anual fluctúa entre 11° y 16°, con máximas de 22° a 29° (verano) y mínimas de 7° a 4° (invierno), presentando una estación seca que va de abril a agosto, y otra con precipitaciones pluviales incipientes entre septiembre y diciembre y finalmente, tres meses con mucha lluvia, es decir de enero a marzo siendo el promedio máximo de precipitación anual 670 mm y el promedio mínimo de 226 mm.

1.3. Objetivos

El objetivo del presente trabajo es estudiar la geología y la geodinámica externa de los movimientos en masa ocurridos durante el periodo de lluvias que se dieron entre los meses de febrero y marzo del 2010 en el distrito de Taray y en la cuenca de aportes, con la finalidad de evaluar este fenómeno, lograr identificar las causas que lo originaron, para finalmente proponer las recomendaciones necesarias.

2. GEOMORFOLOGÍA

Desde el punto de vista regional Taray y la zona afectada por los fenómenos geológicos se localizan al límite entre el Altiplano y la Cordillera Oriental (Fig. 3). Al norte la Cordillera Oriental es una zona morfoestructural con relieves abruptos que pasan los 5000 msnm, y al sur, el Altiplano tiene relieves no menos importantes. Este límite está dado, en parte por el Valle del Vilcanota. Localmente, se han reconocido varias unidades (Fig. 4):

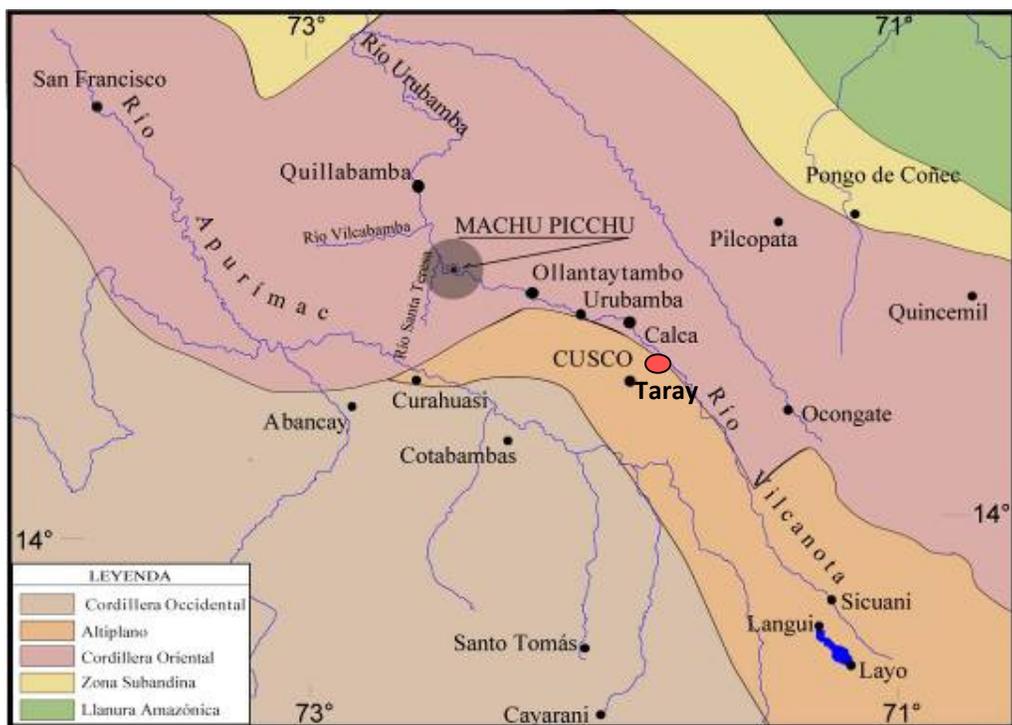


Fig. 3: Mapa geomorfológico regional.

Valle del Vilcanota

Es un valle interandino que corta longitudinalmente las Montañas de Pachatusan al sur y las Montañas de Vilcanota al norte (Fig. 4). Este valle tiene un ancho aproximado de 700 m frente a Taray a una altitud de 2960 msnm. Tiene terrazas fluviales amplias donde los incas han aprovechado el terreno, haciendo muros y canalizando el río Vilcanota. La quebrada Pinchimayoc-Taray es un afluente del Vilcanota.

Montañas del Pachatusan

Son cumbres montañosas que se alinean en dirección NO-SE. Presenta relieves abruptos que llegan a los 4800 msnm, sin embargo hacia Taray van disminuyendo, donde además es cortado transversalmente por la quebrada Pinchimayoc (Fig. 4). En este caso forma laderas bastante empinadas, en ambos márgenes, donde se aprecian grandes deslizamientos antiguos y pequeños deslizamientos recientes, los que están en relación con la profundización del cauce en la quebrada. Las rocas que forman las Montañas del Pachatusan son principalmente sedimentarias y volcánicas del Grupo Mitu y calizas del Grupo Copacabana.

Montañas del Cusco

Se ubican al sur de las Montañas de Pachatusan y al norte de la Meseta de Sacsayhuaman. Forman relieves un poco más bajos que las Montañas del Pachatusan, con promedio que van de 3800 a 4000 msnm. Están constituidas por areniscas y lutitas de las Capas Rojas de Grupo San Jerónimo, rocas que son buenos acuíferos. Es en estas montañas donde nace la quebrada Pinchimayocc-Taray.

Quebrada Pinchimayocc-Taray

Nace en las Montañas del Cusco a una altitud de 4270 msnm, y desemboca en el río Vilcanota a una altitud de 2960 msnm. Tiene una longitud aproximada de 17.50 km, y una amplia área de recepción de aguas pluviales; tiene varios afluentes como es la quebrada Calla Rayan por ejemplo. El Poblado de Taray se sitúa cerca de la desembocadura de un cono aluvial formado por aluviones antiguos. Estas características de la cuenca del Pinchimayocc han sido un factor que ha condicionado los efectos causados por las lluvias los meses de febrero y marzo del 2010, ya que hubo una gran captación de aguas por las intensas lluvias, formando deslizamientos y huaycos que hicieron estragos y afectaron a las obras civiles y a la población de Taray, principalmente.

Esta quebrada se divide en 3 partes para su mejor estudio (Fig. 4):

Parte alta: Se halla entre 4270 y 3690 msnm, tiene una pendiente moderada, cuyo ancho promedio es de 25 m. En la quebrada existen sedimentos arenosos y gravosos sobre un substrato de areniscas. La roca es relativamente estable por lo tanto no hubo daños considerables.

Parte media: Es la más ancha con 762 m de promedio, donde está situado el poblado de Corao, Tiene una pendiente baja, aquí, se observaron problemas de inundaciones debido al desborde del río. En esta parte media se tiene la Planicie de Corao que muestra un relieve algo plano y es producto de la intersección de varias quebradas confluentes al Pinchimayocc. Se localiza a una altitud media de 3550 msnm y el relleno sedimentario corresponde a gravas y arenas fluviales.

Parte baja: Tiene una pendiente moderada a fuerte, incluso con pequeñas cataratas cuyos saltos pasan los 50 m, pero el desnivel global es de más de 400 m. Las laderas son muy empinadas, y se observan grandes deslizamientos antiguos y también pequeños deslizamientos y derrumbes activos. Durante las lluvias de este año fue la zona más afectada incluyendo el poblado de Taray.

Uno de los principales tributarios del Pinchimayocc es la quebrada Ccalla Rayan que nace a una altitud de 3620 msnm, en el límite norte de las Montañas del Cusco. Desemboca a una altitud de 3540 msnm, tiene una pendiente de fuerte y un ancho promedio de cauce de río de 27 m. Esta es otra de las quebradas afectadas por las lluvias donde incluso la población de Yahuarmaqui fue reubicada porque las viviendas situadas cerca al cauce fueron inundadas.

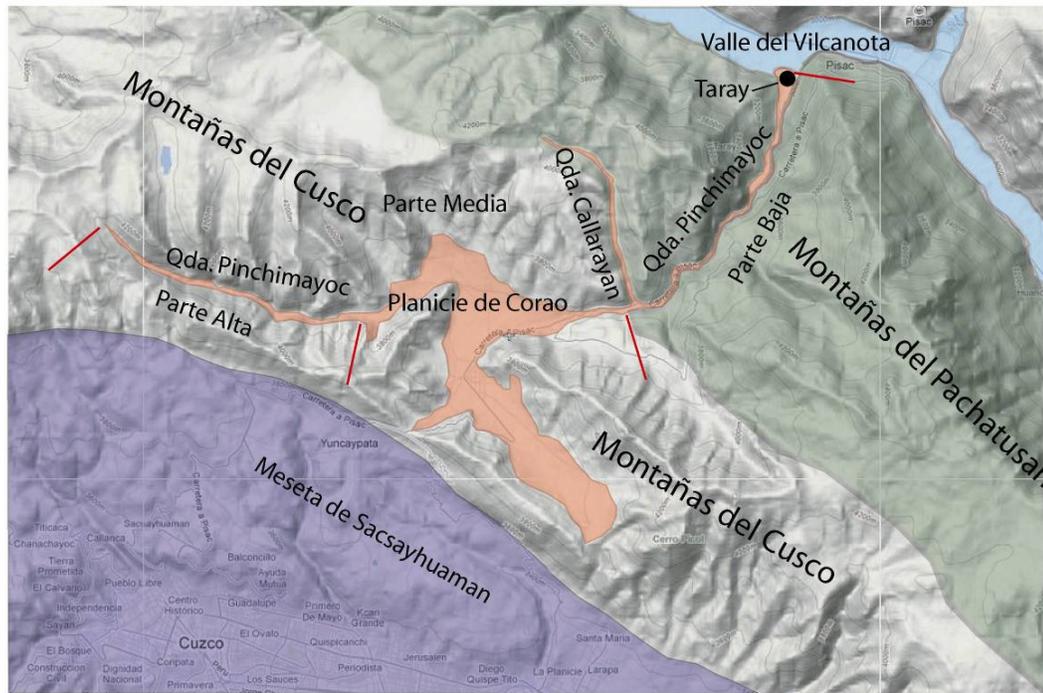


Fig. 4: Mapa geomorfológico local.

3. GEOLOGÍA

La geología de la zona de Taray (Fig. 5) está caracterizada por presentar afloramientos de rocas sedimentarias y volcánicas (Carlotto et al., 1996; Carlotto et al., 2005).

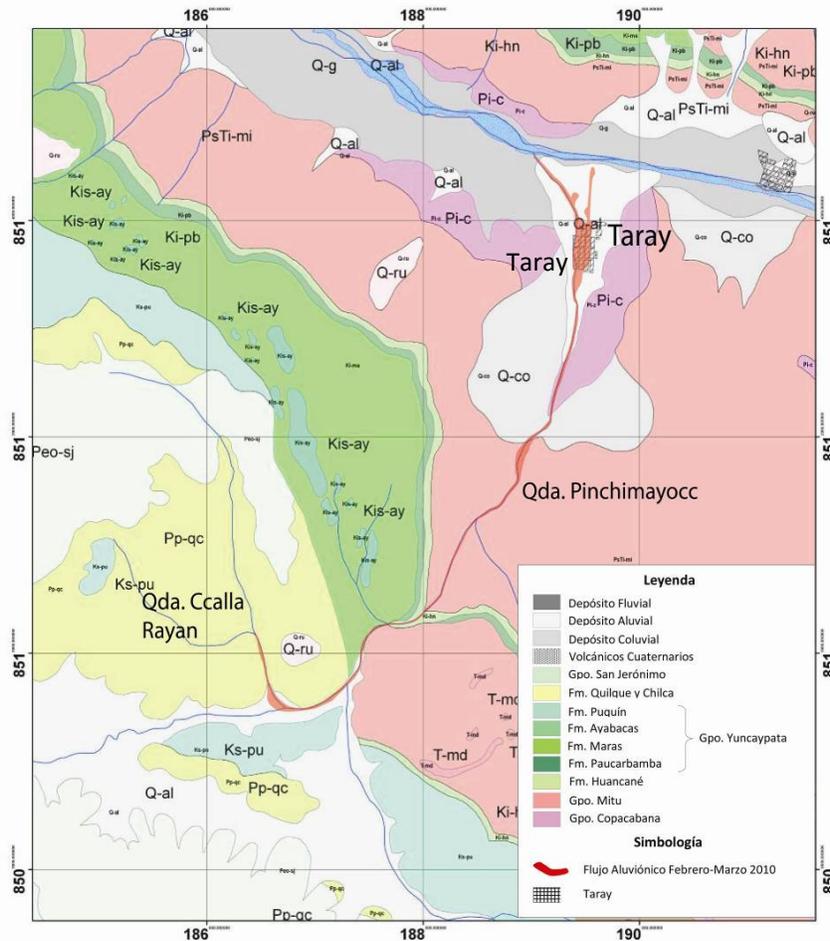


Fig. 5: Mapa geológico del área de estudio.

El **Grupo Copacabana** (Pérmico inferior) aflora en las inmediaciones de Taray, se trata de calizas y lutitas negras (300 m), conteniendo restos fósiles. Sin embargo, se tiene rocas volcánicas del tipo basalto (sills) intercalado con las calizas. Desde el punto de vista aplicado estas rocas son relativamente estables. Las calizas pueden servir para la obtención de cal o como material de construcción.

El **Grupo Mitu** (Pérmico-Triásico) aflora encima del Grupo Copacabana en los cerros colindantes a Taray. Este grupo tiene un espesor de 600 m y está dividido en dos formaciones: Pisac y Pachatusán. La Formación Pisac está principalmente constituida por areniscas y conglomerados intercalados con rocas volcánicas. La Formación Pachatusan es volcánica, con andesitas y basaltos. Desde el punto de vista aplicado estas rocas son bastante duras y estables para las construcciones civiles (carreteras, puentes, presas). Sin embargo, en las laderas empinadas de la quebrada Pinchimayoc se aprecian grandes deslizamientos antiguos (Fig. 6). En general, si estas rocas se hallan bastantes duras y no alteradas, pueden constituir canteras de piedra de construcción.

La **Formación Huancané** (Cretácico inferior) aflora en los cerros Jatun Pucara y Sillacasa y se siguen en las laderas de la quebrada Pinchimayocc. Está conformada por areniscas cuarzosas blancas, bastante porosas y permeables. Estas características las hacen muy buenos acuíferos, aunque su poco espesor (150 m) es una desventaja.

El **Grupo Yuncaypata** (Cretácico medio-superior) ha sido dividido en 4 formaciones: Formación Paucarbamba, Formación Maras, Formación Ayavacas y Formación Puquín (Carlotto et al., 1992).

La Formación Paucarbamba aflora en el cerro Jatun Pucara, donde está constituida por lutitas y areniscas rojas. La Formación Maras está constituida por una mezcla de yesos, lutitas y lentes de calizas y se presentan de una manera caótica, aflora ampliamente en los alrededores del poblado y la quebrada Ccalla Rayan. Las calizas pertenecen a la Formación Ayavacas o Calizas Yuncaypata, las que se presentan en afloramientos aislados dentro la masa de lutitas y yesos de la Formación Maras. La Formación Puquín, aflora en el cerro Jatun Pucara y está compuesta esencialmente de lutitas negras y rojas, intercaladas con capas de yesos y localmente por capas de areniscas de origen fluvial.

El espesor total del Grupo Yuncaypata es difícil de calcular, pero se puede estimar entre 400 y 600 m. Las calizas pueden ser utilizadas como material de construcción o para producir cal. Las rocas de este grupo, en general son muy desfavorables como fundación a las obras civiles.

Las formaciones **Quilque** (Paleoceno inferior) y **Chilca** (Paleoceno superior) forman un solo conjunto compuesto de lutitas, areniscas, microconglomerados y conglomerados de color rojo, con un espesor variable entre 250 y más de 500 m. Afloran en parte de la quebrada Calla Rayan; Desde el punto de vista mecánico estas rocas son de muy baja resistencia, por lo que no se recomienda la realización de obras civiles, particularmente hidráulicas, ya que en presencia de agua estas rocas colapsan fácilmente.

El **Grupo San Jerónimo** (Eoceno medio-Oligoceno inferior) está conformado por las formaciones Kayra y Soncco. La Formación Kayra tiene un espesor de 3000 m, mientras que la Formación Soncco tiene 1500 m de espesor. Estas formaciones se presentan ampliamente al sur y norte de San Jerónimo. Están constituidas por areniscas intercaladas con lutitas rojas. Esta unidad es una de las más importantes, no solamente por la extensión de los afloramientos y el espesor de sedimentos, sino también porque constituye el principal acuífero de la cuenca. Además, son rocas muy favorables para las obras civiles.

Los **Volcánicos Cuaternarios** se presentan a manera de cuerpos pequeños a medianos. En la cuenca se distingue en la parte alta del cerro Rajchi. Se trata de coladas volcánicas de shoshonitas (andesitas). Son rocas de mucho interés económico, ya que son explotados como piedra de construcción en sus diferentes variedades.

Los **Depósitos Coluviales** se forman en zonas de ladera, resaltan los existentes al norte de los cerros Jatun Pucara y Sillacasa. Están conformados por una mezcla de limos y gravas. Estos depósitos incluyen a los deslizamientos antiguos y activos como las laderas de la quebrada Pinchimayocc (Fig. 6).

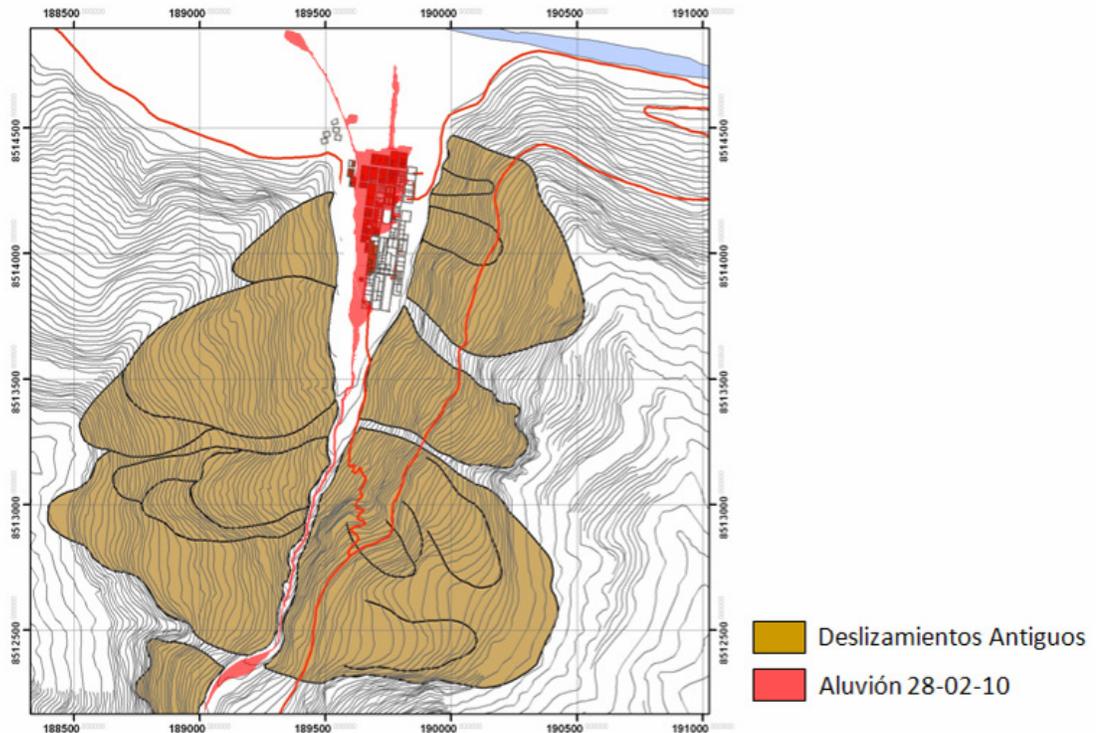


Fig. 6: Grandes deslizamientos antiguos a ambos márgenes en la parte baja de la quebrada Pinchimayoc.

Los **Depósitos Aluviales** corresponden a los conos o abanicos aluviales, que se hallan en la desembocadura de las quebradas principales, adyacentes al Valle del Vilcanota, en este caso en la desembocadura del Taray. Están constituidos por bloques y gravas y una matriz arenarcillosa. Estos abanicos muestran la actividad geodinámica pasada y presente de las quebradas, por lo que deben ser considerados como peligros para las poblaciones que están asentadas en estos lugares, como lo han demostrado las lluvias pasadas.

Los **Depósitos Fluviales** se presentan en las márgenes del río Vilcanota a manera de terrazas. Están conformados por bancos de gravas y arenas, formando terrazas. Las terrazas bajas constituyen zonas vulnerables, ya que durante las avenidas máximas, son afectadas por inundaciones y erosiones, por lo que no se deben construir viviendas, como lo ocurrido en Pisac con la destrucción de viviendas, terrenos de cultivo y puente.

4. GEODINÁMICA EXTERNA

El 28 de febrero alrededor de las 23:00 horas el poblado de Taray fue afectado por un aluvión, cuyas causas tienen que ver con las intensas lluvias, la cuenca de captación, y el poder erosivo de las aguas en quebradas con fuerte pendiente donde ocurrieron deslizamientos y erosiones asociados.

Los primeros daños que se apreciaron fueron en la Planicie de Corao, donde las intensas precipitaciones de la parte alta, aportaron mucho caudal al río Pinchimayocc y produjeron inundaciones por desborde de las aguas, dañando una parte del poblado de Corao, viviendas aledañas y sobre todo grandes áreas de cultivo. Este hecho tuvo implicancias directas en el desarrollo y comportamiento del aluvión que destruyó el poblado de Taray, ya que incrementó el contenido líquido de la masa, como se describirá a continuación.

Luego de inundar la planicie de Corao, las aguas que vienen de la parte alta de la quebrada Pinchimayocc, se sumaron a las que vinieron de la quebrada Ccalla Rayan, donde incluso se formó un aluvión en su desembocadura y que afectó a la comunidad campesina de Ccaccacolla (Foto 1).

Tras días de intensas precipitaciones se reportaron muchas inundaciones en la comunidad campesina de Yahuarmaqui en la parte media de la quebrada Ccalla Rayan (Foto 2) y un incremento significativo en el caudal del río Ccalla Rayan. Este aumento de caudal, sumado a los depósitos dejados por los derrumbes y deslizamientos de la parte baja desencadenó en un pequeño aluvión; que llegó a la confluencia con la quebrada Pinchimayocc a 3500 msnm afectando la ya mencionada comunidad de Ccaccacolla. Este aluvión tomó fuerza nuevamente al sumarse con las aguas que venían de la parte alta del Pinchimayocc, descendiendo con mucha fuerza por la fuerte pendiente, socavando ambos márgenes y provocando la reactivación de muchos deslizamientos y derrumbes que no solo afectaron seriamente la carretera Cusco-Pisac; sino que incrementaron el volumen del aluvión que a la postre destruiría terrenos de cultivo, muchas viviendas en el poblado de Taray (Foto 3) y cobraría la vida de ocho personas.

Los estudios realizados comprenden la cartografía y descripción de los fenómenos. Todos estos datos nos llevan a interpretar sobre las causas de los fenómenos, y por lo tanto, sirven para plantear las recomendaciones necesarias.

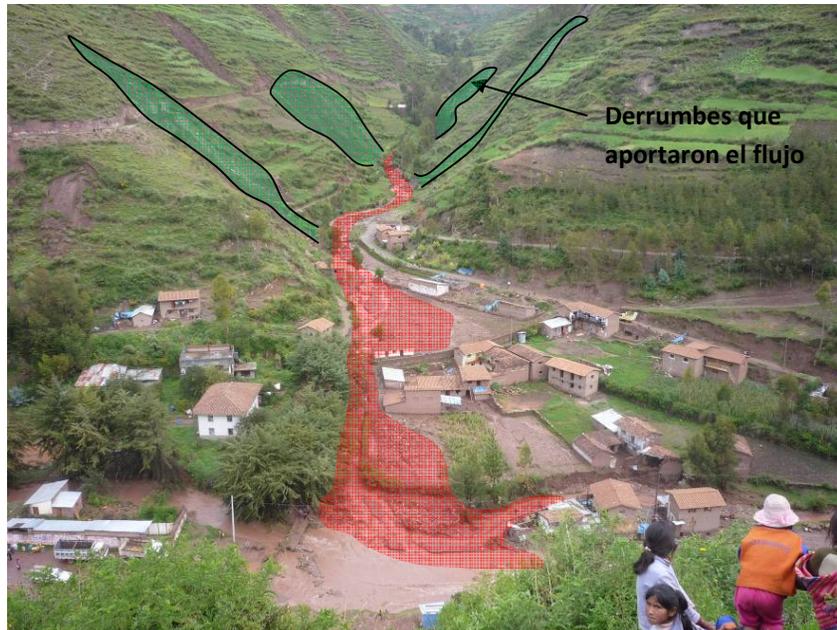


Foto 1: Comunidad Campesina de Ccaccacolla en la confluencia de las quebradas Ccalla Rayan y Pinchimayocc tras el aluvión del 28 de febrero.



Foto 2: Comunidad Campesina de Yahuarmaqui en la quebrada Ccalla Rayan.



Foto 3: Vista del poblado de Taray el 1 de marzo del 2010.

4.1. DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO OCURRIDO ENTRE LOS DÍAS 28/02/2010 Y 01/03/2010

QUEBRADA CCALLA RAYAN

La quebrada Ccalla Rayan (Fig. 2) tiene una longitud aproximada de 3.4 km y una pendiente de 15°, nace a una altitud de 3900 msnm y su confluencia con el Pinchimayocc es a 3525 msnm. Esta quebrada se ha dividido en dos tramos (Fig. 7) debido a que ha presentado diferentes características que se detalla a continuación:

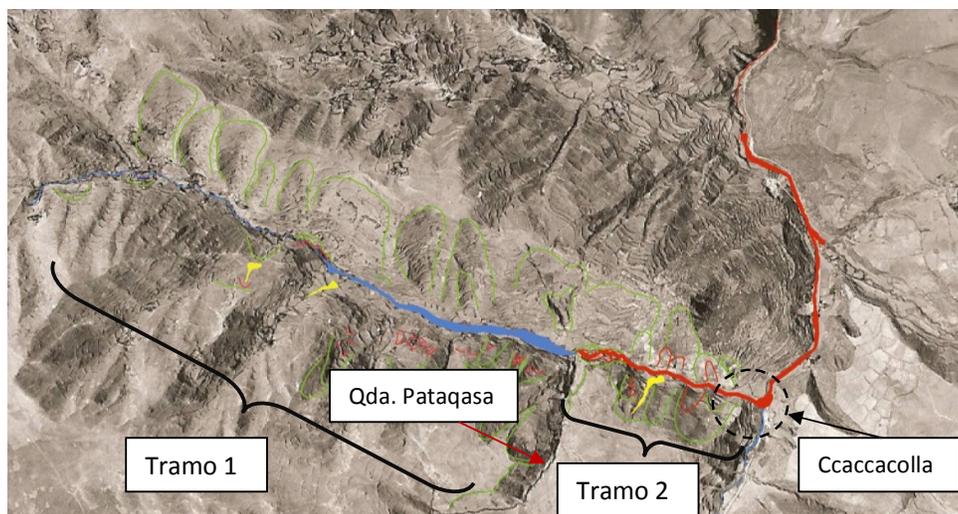


Fig. 7: Zona de Arranque dividida en dos tramos.

Tramo 1

Este tramo comprende desde la parte alta de la quebrada Ccalla Rayan hasta la confluencia con la quebrada Pataqasa (Fig. 7) que corresponde aproximadamente el límite de daños por inundación. En este tramo además de las zonas inundadas, se aprecian gaviones destruidos y viviendas muy dañadas. La causa principal es el desborde del riachuelo Ccalla Rayan en las comunidades de Yahuarmaqui (Foto 4) Tumacucho y Canchaqhuayco donde también se observó muchas áreas de cultivo afectadas. Debido a ello las personas afectadas tuvieron que ser evacuadas e instaladas temporalmente en campamentos ubicados en la parte alta de la microcuenca (Foto 5).

En las laderas y particularmente de la margen derecha se han determinado zonas con erosión superficial, reactivación de pequeños derrumbes y deslizamientos, esto debido a las intensas lluvias y las rocas deleznables como son las lutitas y limolitas, así como los cuaternarios coluviales.

Tramo 2

Se localiza entre la quebrada Pataqasa y la confluencia con el río Pinchimayocc (Foto 6, Fig. 8).



Fotos 4 y 5: Comunidad campesina de Yahuarmaqui que fue afectada por inundaciones (izquierda). Campamentos preventivos en la parte alta de la quebrada Ccalla Rayan (derecha).

Es en este tramo donde se han encontrado evidencias del aluvión. Las causas de este aluvión tendrían relación con el estrechamiento de la quebrada y el fuerte caudal de las aguas que vinieron con un fuerte componente de sedimentos producto de las erosiones de la parte alta. Es posible que algunos derrumbes hayan bloqueado el cauce generando un desembalse y en consecuencia un pequeño aluvión que afectó el poblado menor de Ccaccacolla, y luego desembocó en la quebrada Pinchimayocc.

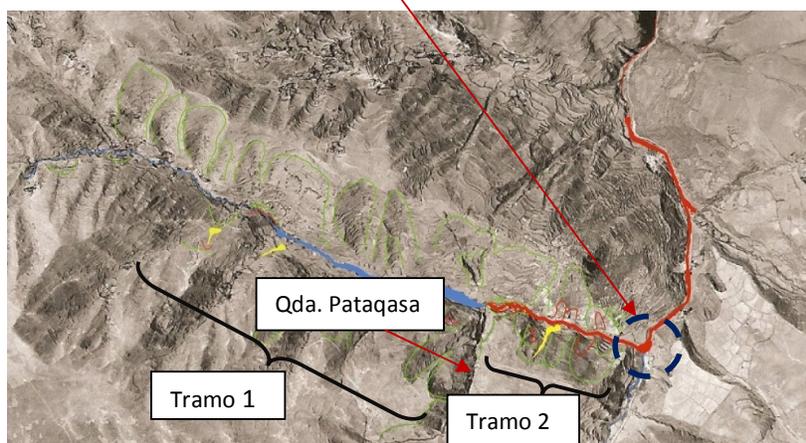


Foto 6 y Fig. 8: Vista del poblado de Ccaccacolla en el tramo 2 de la quebrada Ccalla Rayan el día 1 de marzo.

PARTE BAJA QUEBRADA PINCHIMAYOCC

Esta zona comienza en la confluencia de las quebradas Ccalla Rayan y Pinchimayoc y en este estudio (por la descripción) se considera hasta el inicio del cono aluvial donde se asienta el poblado de Taray (Fig. 2). La carretera Cusco-Pisac se encuentra en la margen derecha y es paralela a la quebrada Pinchimayoc. En esta zona se presentaron múltiples problemas geodinámicos producto del aluvión ocurrido la noche del 28 de febrero. El aluvión que vino del río Ccalla Rayan, sumado al alto caudal del Pinchimayoc produjeron una intensa erosión y socavamiento de laderas en ambas márgenes, activando y/o reactivando de esta manera muchos deslizamientos y derrumbes. Estos fenómenos afectaron partes de la plataforma de la carretera Cusco-Pisac (Fotos 7 y 8) obstruyendo el tránsito vehicular. No solo la carretera se vio afectada, sino también muchas viviendas ubicadas cerca a la quebrada, incluyendo la reserva ecológica Amma Kancha ubicada en la margen derecha (Fotos 9 y 10).



Fotos 7 y 8: Colapso e inundación de la carretera Cusco Pisac.



Fotos 9 y 10: Reserva Ecológica Amma Kancha que fué muy afectada principalmente por inundaciones el día 1 de marzo.

EL ALUVIÓN

Los reportes y observaciones en campo muestran un aluvión que bajó por la quebrada Pinchimayoc el día 28 de febrero y continuó durante la mañana del 1 de marzo, pero con menor intensidad. Este flujo se canalizó en la quebrada Pinchimayoc desde la confluencia con la quebrada Ccalla Rayan, teniendo un recorrido de más de 4 km de longitud hasta antes de llegar al poblado de Taray (Fig. 2).

Si consideramos la altitud del inicio del flujo en esta zona, poblado de Ccaccacolla, 3525 msnm y la parte baja de esta zona a 2960 msnm. Hay un desnivel de más de 450 m en solo 3.8 km haciendo una pendiente promedio de 11^º. Sin embargo, a lo largo del recorrido se ven diferentes segmentos con saltos o cataratas variables que tiene los 50 m de desnivel. Para una mejor descripción del aluvión se ha considerado 2 sectores:

Sector 1

Comprendido desde la confluencia de las quebradas Ccalla Rayan y Pinchimayocc hasta el poblado de Huancalle. Al inicio de este sector se observó, zonas inundadas y desbordes en la carretera (Foto 11) que además afectaron muchas viviendas y la reserva ecológica de Amma Kancha ya antes mencionada. Es posible que en las zonas encañonadas se hayan producido pequeños represamientos (Fig. 9) que originaron embalses y rápidos desembalses, lo cual aumentó el poder erosivo del flujo (Foto 12, 13 y 14) y el incremento cada vez mayor de material sólido en el cuerpo del aluvión.

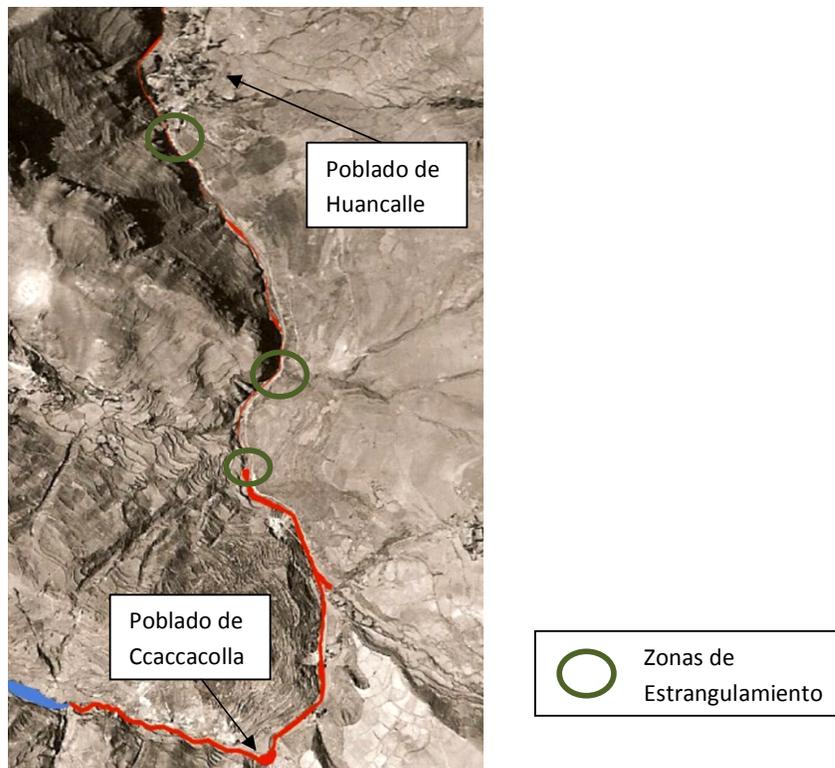


Fig. 9: Zonas de estrangulamiento en el tramo 1 de la zona de recorrido y aportes.



Foto 11: Inundaciones y desbordes en la carretera Cusco-Pisac el día 1 de marzo.



Fotos 12 y 13: Socavamiento intenso producto de un desembalse violento en una zona de estrangulamiento.



Foto 14: Colapso parcial de la plataforma de la carretera tras un intenso socavamiento lateral.

De acuerdo a nuestra evaluación en este sector y particularmente en la margen derecha del Pinchimayocc se observaron derrumbes y deslizamientos que afectaron el talud a la carretera; obstruyéndola en muchas zonas (Fotos 15 y 16). Las causas en este caso fueron las intensas lluvias que saturaron el material coluvial que en muchos casos son de derrumbes o reactivaciones pequeñas de deslizamientos antiguos.



Foto 15 y 16: Derrumbes en el talud de la carretera Cusco-Pisac.

Sector 2

Comprende la zona desde Huancalle hasta la parte alta del abanico aluvial donde se emplaza el poblado de Taray (Fig. 10). Este tramo se caracteriza por presentar un mayor desnivel debido a la mayor profundización de la quebrada. Aquí el comportamiento del aluvión fue continuo, erosionando y socavando las laderas (Fotos 17 y 18). El poblado de Huancalle se encuentra a aproximadamente 40 m por encima del río Pinchimayocc en la margen derecha; el socavamiento y la erosión que correspondientes a este tramo, activó deslizamientos en depósitos coluviales que se encontraban al pie del poblado de este poblado; hecho que repercutió en la estabilidad y seguridad, destruyendo la Capilla así como también muchas viviendas (Fotos 19, 20 y 21).



Fig. 10: Sector dos de la parte baja de la quebrada Pinchimayocc.



Fotos 17 y 18: Socavamiento y erosión en ambas márgenes, en la parte baja del poblado de Huancalle.



Fotos 19 y 20: Grietas en la carretera y en el poblado de Huancalle, que indican un movimiento de toda la ladera como consecuencia del socavamiento en la parte baja, así como también de la infiltración de agua tras las intensas lluvias.



Foto 21: Saltos de deslizamiento en el poblado de Huancalle.

En la parte baja de este sector, en la zona denominada Munahuara, que es una planicie formada por la acumulación de aluviones antiguos y que actualmente es utilizada para la siembra, se depositó una importante cantidad de material aluviónico, ya que esta parte actuó como un disipador de energía (Foto 22, 23 y 24); Sin embargo, parte del aluvión continuó por el cauce del río desbordando material, afectando y destruyendo parte de un Centro Educativo Experimental hasta llegar a Taray.



Fotos 22 y 23: Planicie en la parte media del tramo 2 que funcionó como un disipador de energía; reteniendo una importante cantidad de material que descendió por la quebrada Pinchimayocc.



Foto 24: Campos de cultivo afectados por el aluvión.



Fotos 25 y 26: Material depositado por el aluvión (bloques, grava, arena, limo, arcillas, troncos, etc.); viviendas de adobe muy afectadas, muchas de ellas colapsadas.



Fotos 27 y 28: Inundación la mañana del 1 de marzo que ocasionó el colapso de viviendas y la destrucción de campos de cultivo.

Sector 3: Poblado de Taray

El aluvión que descendió de la quebrada Pinchimayocc la noche del 28 de febrero y la mañana del 1 de marzo destruyó gran parte de las construcciones de la población de Taray. Este aluvión tuvo en un inicio el comportamiento de un flujo de lodo y detritos trayendo consigo además enormes bloques de roca y troncos (Fotos 26 y 27), para luego la mañana del 1 de marzo tener

una naturaleza más líquida que ocasionó inundaciones y el posterior colapso de las viviendas de adobe (Fotos 28 y 29).



Fig. 11: Recorrido del aluvión del 28 de febrero y 1 de marzo en el inicio del abanico aluvial antiguo de Taray.



Foto 29: Desbordes aluviónicos hacia la margen derecha, pasando el Punto 2.

A continuación se hace una descripción más detallada del aluvión en este sector.

El flujo de detritos de Taray emprendió en la parte más proximal del cono aluvial antiguo, donde se encontró con una barrera natural de materiales aluviales y roca en los extremos de la quebrada en el Punto 1 (Fig. 11). En este sector la masa involucra los materiales aluviales antiguos y fluviales, originado de esta manera un aluvión proximal que desborda hacia la margen derecha del canal. Aquí se observa gravas gruesas y bloques de rocas que llegan hasta el Punto

2 (Foto 29 y Fig. 11). Aproximadamente, en la parte proximal del aluvión existe un Centro Educativo Experimental que fue parcialmente destruido, así como sus terrenos de cultivo.



Fig. 12: Recorrido del aluvión del 28 de febrero y 1 de marzo en parte media del abanico aluvial de Taray; mostrando su apertura y canalización por la Av. Huáscar.

En el punto 2 el flujo siguió el cauce fluvial, donde la masa aluviónica nuevamente se desbordó hacia la margen derecha del cauce y se abrió en abanico hasta llegar a la prolongación de la avenida Huáscar (Fig. 12). Gran parte de la masa aluvial se depositó hasta la intersección de las avenidas 2 de Mayo y Huáscar, debido a que encontró barreras que son los límites urbanos de las viviendas y muros de adobe (Fotos 30 y 31). Sin embargo, a partir de este punto el flujo nuevamente se abrió inundando otras viviendas y destruyendo muchos campos de cultivo. Cabe destacar que la masa aluviónica en este sector se compone de gravas gruesas y finas.



Fotos 30 y 31: Recorrido del aluvión en la prolongación de la Av. Huáscar; se observa también campos de maizales destruidos.

En el punto 3 y 4 el flujo aluviónico superó las barreras e inundó hacia el norte y al este respectivamente. En el punto 3 la masa de lodo y detritos se desbordó en la intersección de las avenidas Huáscar y 2 de Mayo hacia el este, e inundó la parte central de la población de Taray

hasta llegar aproximadamente a las intersecciones de las Avenidas Arica y Huancayo en el extremo derecho del cono (Fig. 13), para luego continuar aproximadamente por la avenida Arica, hacia el norte hasta llegar a la Av. Rosario en el área urbana.

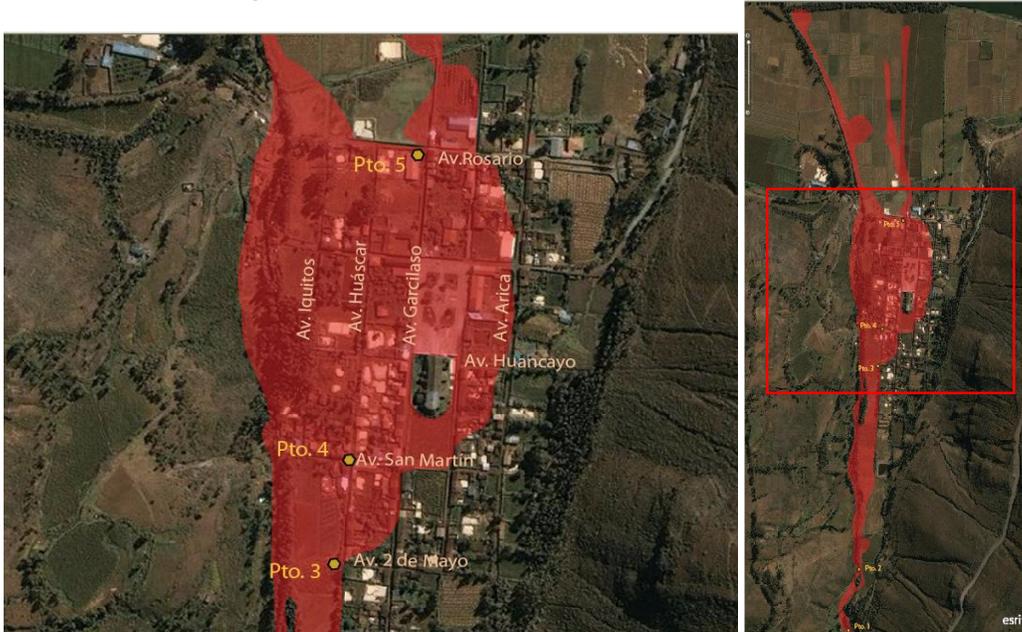


Fig. 13: Recorrido del aluvión del 28 de febrero y 1 de marzo al norte del abanico aluvial de Taray; mostrando su desplazamiento a lo largo de casi todo el poblado.

En el punto 4 continuó el aluvión, compuesto de gravas medias, fina, arena y limos y se canalizó mayormente por las avenidas Huáscar e Iquitos (Fig. 13). En este sector el flujo ocasionó la mayor destrucción de las viviendas antiguas de adobe y así mismo es donde se han registrado los decesos de pobladores (Fotos 32 y 33).



Fotos 32 y 33: Viviendas colapsadas debido al remojamiento de sus bases durante la inundación.

El límite aproximado del aluvión hacia el norte del poblado, es la avenida Rosario marcado como Punto 5 (Fig. 13), donde el flujo se canalizó por el actual cauce fluvial al oeste y por la prolongación de la avenida Garcilaso al este, invadiendo terrenos de cultivo hasta llegar al río Vilcanota. Cabe mencionar que en este sector el muro perimétrico del estadio funcionó a manera de muro de contención e hizo que el flujo se desplace por sus flancos.

CONCLUSIONES

Los fenómenos ocurridos el 28 de febrero y 1 de marzo del 2010 en las quebradas Pinchimayocc y Ccalla Rayan, corresponden a un movimiento en masa complejo, constituido por un conjunto de deslizamientos y derrumbes que se transformaron en un flujo aluviónico.

El aluvión que afectó al poblado de Taray se inició el día 28 de febrero a las 23:00 horas y continuó de manera incesante durante toda la mañana del 1 de marzo. Este aluvión descendió a manera de oleadas produciendo múltiples daños y afectando a gran parte de la población de Taray.

Las causas de los deslizamientos y derrumbes en la quebrada Ccalla Rayan tienen que ver con la fuerte pendiente, las características litológicas y sobre todo con las intensas lluvias, mayores a las normales y constituyen una de las más grandes de los últimos 50 a 100 años.

El aluvión de la quebrada Ccalla Rayan llegó a la quebrada Pinchimayocc y se transformó en un flujo mayor que erosionó las laderas, destruyó parte de la carretera Cusco-Pisac, viviendas y terrenos de cultivo, e incorporó mayor material al flujo para luego descender por toda la quebrada y afectar al poblado de Taray.

Los fenómenos que afectaron Taray, es decir un gran aluvión, si bien no son tan frecuentes, pero ahora se sabe que por los efectos del cambio climático se presentaran de manera cada vez más continua, por lo que se deben tomar decisiones en cuanto a la reubicación del pueblo.

Los problemas geodinámicos en el poblado de Huancalle tiene que ver además de la erosión del río en la parte baja de la quebrada, con la sobresaturación del suelo, ya que se asienta sobre un antiguo deslizamiento; es por este motivo que este poblado merece un estudio más detallado que involucre un sistema adecuado de evacuación de aguas pluviales.

RECOMENDACIONES

Se deberá realizar el tratamiento integral de la quebrada Pinchimayocc, incluyendo las cabeceras, así como de Ccalla Rayan que involucre reforestación de las partes altas, diques transversales para reducir el poder erosivo de las aguas, la construcción de muros de contención en áreas específicas de peligro por deslizamientos y derrumbes, así como también la construcción de gaviones de dimensiones adecuadas, de acuerdo a los cálculos hidrológicos, para evitar desbordes y rebalses.

Si se toma la decisión de la no reubicación del poblado de Taray, se deberá hacer un tratamiento especial del cauce del Pinchimayocc, así entre el Molino y la Escuela Experimental, que conste además de profundizar y ensanchar el cauce hasta la entrada al poblado, e incluso hasta su desembocadura en el Vilcanota. Esto podrá controlar los aluviones menores que se presentan frecuentemente en Taray, para de esta manera evitar y prevenir eventuales desbordes que inunden las viviendas aledañas. La canalización debe ser lo suficientemente ancha y no estar cubierta en ningún sector para evitar obstrucciones que incrementen los daños en eventuales aluviones.

Se debe reconstruir los tramos destruidos de la carretera Cusco-Pisac, así como también el reforzamiento y construcción de nuevos muros de contención más altos y reforzados para

contener aluviones en zonas estrechas del valle para evitar el socavamiento lateral producido por el río Pinchimayocc.

Igualmente se deben hacer trabajos de reforestación integral en la parte media y baja de la quebrada Ccalla Rayan esto evitará el desarrollo y activación de nuevos deslizamientos y con ello la ocurrencia de nuevos aluviones. Se recomienda en lo posible que la arborización sea con plantas nativas cuyas raíces ayuden a estabilizar el suelo.

Se debe considerar la posibilidad de construir sistemas de alerta temprana y preparación de población en caso de otros aluviones.

Todos los estudios y las intervenciones a realizarse deben estar dentro del Plan de Ordenamiento Territorial del distrito de Taray.

REFERENCIAS

- Carlotto, v., Jaillard, V., Mascle, G. (1992). Relación entre Sedimentación, Paleogeografía y Tectónica de la Región de Cusco (Sur del Perú) entre el Jurásico superior-Paleoceno. Boletín Sociedad Geológica del Perú, Volumen 83, p. 1-20.
- Carlotto, V., Gil, W., Cárdenas, J., & Chávez, R. (1996). Geología de los cuadrángulos de Urubamba y Calca. Hojas 27-r y 27-s. Inst. Geol. Min. Metal. Bol. Ser. A: Carta Geol. Nac., 65, 245 p.
- Carlotto, V., Jaillard, E., Carlier, G., Cárdenas, J., Cerpa, L., Flores, T., Latorre, O. & Ibarra, I. (2005). Las cuencas terciarias sinorogénicas en el Altiplano y la Cordillera Occidental del sur del Perú. In: Arce, J., ed. Alberto Giesecke Matto, Soc. Geol. Perú, Lima, Vol. Especial 6, 103-126.