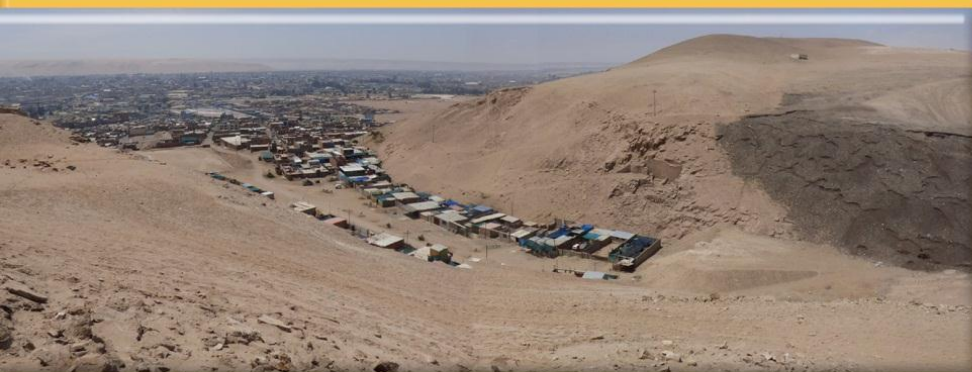


Informe Técnico Nº A6712

EVALUACIÓN GEOLÓGICA - GEODINÁMICA EN LA QUEBRADA DEL DIABLO

Región Tacna
Provincia Tacna
Distrito Alto de la Alianza
Paraje Quebrada del Diablo



POR:

GRISELDA LUQUE POMA
DULIO GÓMEZ VELÁSQUEZ

ABRIL 2016



SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET

INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

**EVALUACIÓN GEOLÓGICA-GEODINÁMICA EN LA QUEBRADA DEL DIABLO
(DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA, DEPARTAMENTO TACNA)**

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	ANTECEDENTES	1
1.2	OBJETIVO.....	1
II.	GENERALIDADES.....	2
2.1	UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.....	2
2.2	CLIMA Y PRECIPITACIONES PLUVIALES	3
III.	ASPECTOS GEOLÓGICOS, GEOMORFOLÓGICOS E INGENIERO GEOLÓGICOS	4
3.1	ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	4
3.2	ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	7
IV.	PELIGROS GEOLÓGICOS.....	8
V.	SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA	14
	CONCLUSIONES.....	16
	RECOMENDACIONES.....	17

EVALUACIÓN GEOLÓGICA-GEODINÁMICA EN LA QUEBRADA DEL DIABLO (DISTRITO ALTO DE LA ALIANZA, PROVINCIA TACNA, DEPARTAMENTO TACNA)

I. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET realiza trabajos para identificar, caracterizar, evaluar y diagnosticar las zonas, urbanas o rurales que podrían verse afectadas por procesos geológicos de diversa índole y magnitud. Estos estudios, concebidos principalmente como herramientas de apoyo para la planificación territorial y la gestión de riesgo de desastres, son publicados en boletines e informes técnicos.

Mediante el oficio N° 297-2015-SGGRD-GDU/MPT, la Sub Gerencia de Gestión de Riesgo de Desastres de la Municipalidad Provincial de Tacna solicitó al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), evaluar la situación en riesgo que presenta la quebrada del Diablo. El Director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) del INGEMMET, designó a los ingenieros Griselda Luque y Dulio Gómez, para la elaboración del informe geológico respectivo.

Los trabajos de inspección se realizaron con la presencia de representantes de la Sub Gerencia de Gestión de Riesgo de Desastres de la Municipalidad Provincial de Tacna.

El presente informe, contiene datos de las observaciones geológicas realizadas en campo y la información disponible de trabajos anteriores realizados en el área de estudio. Incluye texto, ilustraciones y fotografías del área, así como conclusiones y recomendaciones. Se pone a consideración de las autoridades del (CENEPRED), autoridades regionales y locales con injerencia en el ámbito de la Municipalidad Provincial de Tacna.

1.1 ANTECEDENTES

De la información disponible de trabajos realizados anteriormente en el área de estudio sobresalen:

- a) Estudio de Riesgos Geológicos del Perú Franja N° 1 (INGEMMET, 2000), donde se identifica y registra los peligros geológicos como huaycos, derrumbes, caídas, arenamientos, entre otros, que ocurren en la región Tacna y en la zona Quebrada del Diablo
- b) Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca (Wilson & García, 1962), en el cual describe la geología de la zona.
- c) El Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa del Perú, escala 1:1000 000 (INGEMMET, 2010), donde el área objetivo de esta evaluación se encuentra ubicada en una zona de baja a moderada susceptibilidad a movimientos en masa.

1.2 OBJETIVO

El objetivo de este documento es evaluar la quebrada Del Diablo, con referente a determinar los peligros geológicos que le afectan.

II. GENERALIDADES

2.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

El poblado La Florida se encuentra ubicado en el cauce de la quebrada Del Diablo. Perteneció al distrito Alto de la Alianza, provincia Tacna (figura 1); sus coordenadas UTM (WGS-84) son: 365995, 8009632, a una altitud de 626 m s.n.m.

El acceso al área de estudio se realiza por vía aérea y terrestre. La distancia desde la ciudad de Lima hasta la ciudad de Tacna es 1293 km por la carretera Panamericana Sur. Desde el ingreso a la ciudad de Tacna hasta la Asociación de Vivienda La Florida, se accede mediante la Av. Circunvalación Norte hasta la calle Los Lirios.

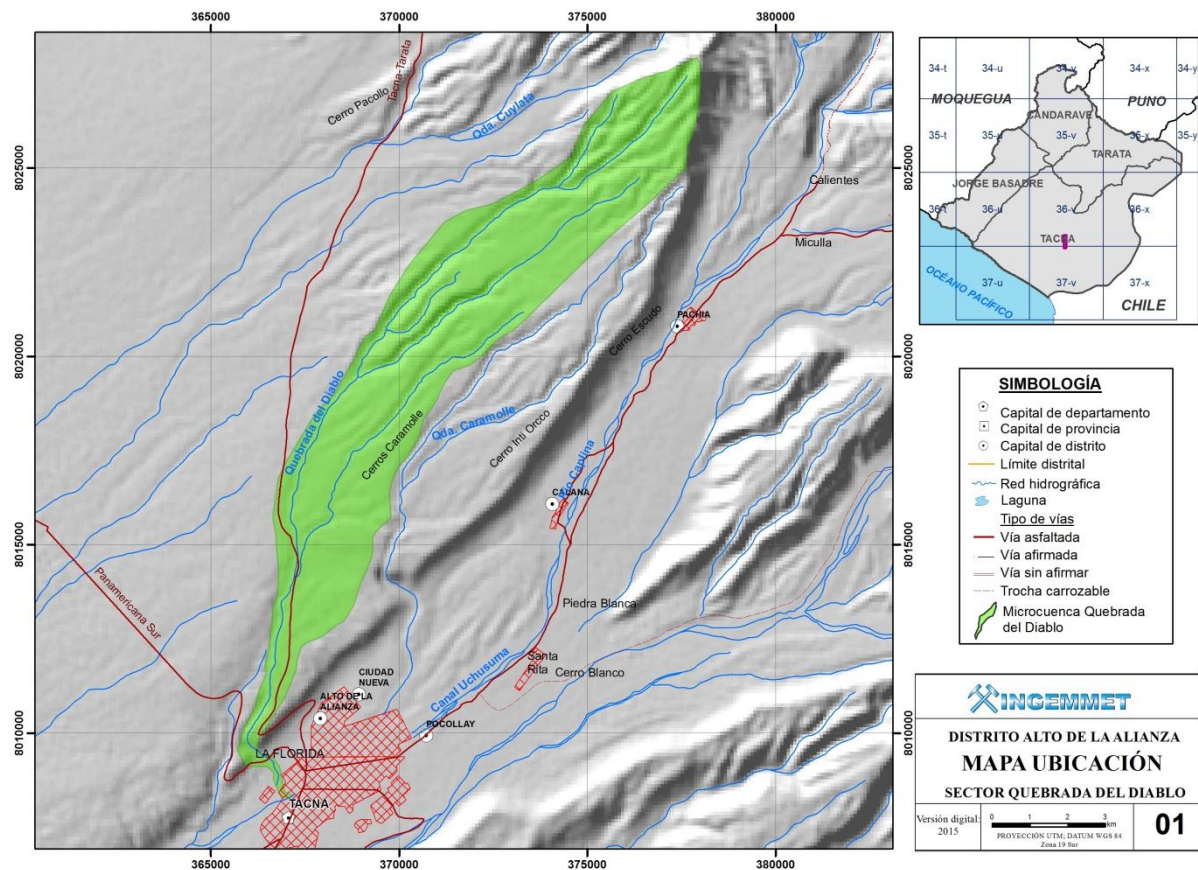


Figura 1. Mapa de ubicación de la microcuenca de la quebrada Del Diablo.

2.2 CLIMA Y PRECIPITACIONES PLUVIALES

La provincia de Tacna, tomando como referencia el mapa de Clasificación Climática del Perú (SENAMHI, 1988), corresponde a una zona de clima tipo árido, semicálido y húmedo, con carencia de lluvias en todas las estaciones del año como en localidades de La Yarada, Tacna, Sama Grande, entre otras.

Las precipitaciones en las localidades costeras son por lo general del tipo llovizna, persistentes en los meses de agosto a setiembre. Las localidades más expuestas a la brisa marina son propicias para la ocurrencia de lloviznas, las mismas que favorecen el crecimiento de plantas herbáceas (vegetación de lomas).

La Florida, de acuerdo al mapa de Isoyetas para el período lluvioso normal setiembre-Mayo (SENAMHI, 2002) presenta una precipitación entre 5 a 10 mm (figura 2).

En épocas normales, la temperatura media mensual es de 23°C. Las temperaturas máximas promedio mensual fluctúan entre los 19°C y los 27°C, y las mínimas entre los 9°C y los 17°C.

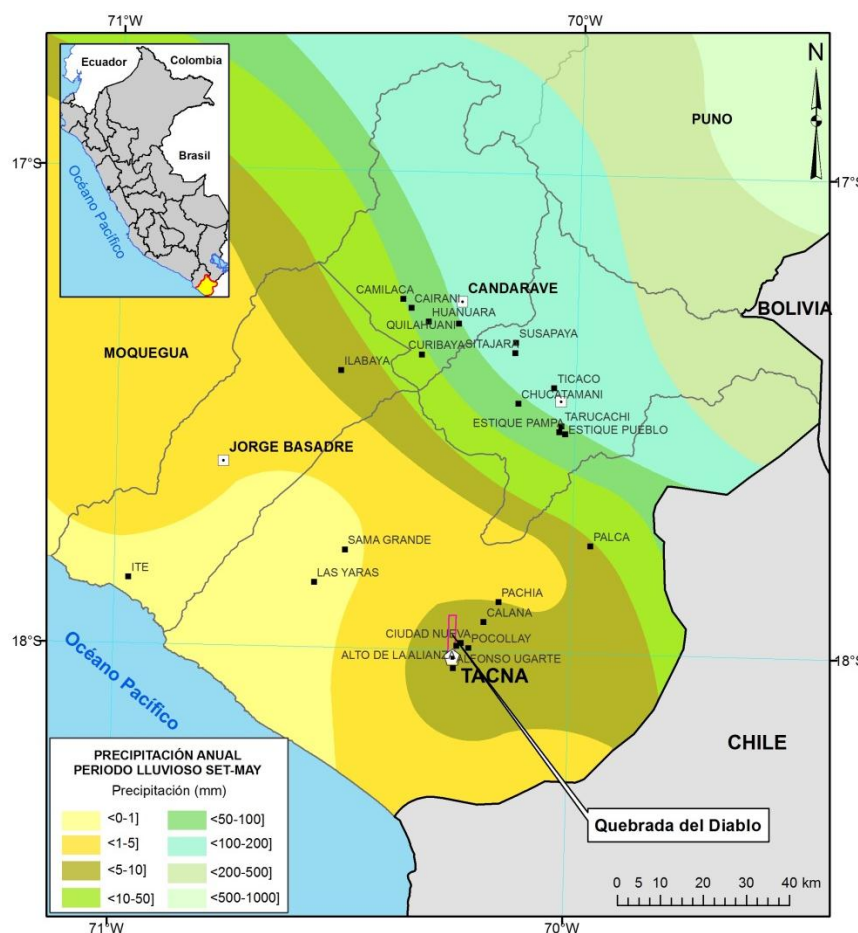


Figura 2. Isoyetas de precipitación para el período lluvioso setiembre-mayo. Fuente: SENAMHI, 2002.

III. ASPECTOS GEOLÓGICOS, GEOMORFOLÓGICOS E INGENIERO GEOLÓGICOS

3.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio, se desarrolló teniendo como base las Cartas Geológicas de los cuadrángulos de Pachía y Palca (Wilson & García, 1962); La Yarada, Tacna y Huaylillas (Wilson, 1963) y Pachía, Hoja 36-v, Cuadrante II-III, escala 1:50 000 (Acosta et al, 2011). De acuerdo a estos mapas, el substrato rocoso que predomina en el área corresponde a rocas volcánicas de la Formación Huaylillas y Millo (figura 3). Así como depósitos cuaternarios.

a) ESTRATIGRAFÍA

Las unidades geológicas que afloran en el área de estudio, corresponden a rocas volcánicas del Paleógeno-Neógeno y depósitos cuaternarios, diferenciándose las siguientes formaciones:

Formación Huaylillas (Nm-hu_s)

Los afloramientos de la Formación Huaylillas (Wilson & García, 1962) se hallan cubriendo gran parte de los cuadrángulos de Pachía y Palca. El espesor de estos depósitos es variable, desde unas decenas de metros hasta 250 m aproximadamente, del Mioceno inferior.

La mayor exposición de estos afloramientos en el área de estudio se presenta en ambos márgenes de la quebrada Del Diablo. Se encuentra suprayaciendo a la Formación Moquegua Superior (PN-mo_s) en discordancia paralela y consiste de areniscas arcósicas, canales conglomerádicos, yesos y niveles de ignimbritas (foto 1).



Foto 1. Ignimbritas de color pardo rojizo muy fracturado, presenta aberturas abiertas con rellenos de yeso en las juntas, en ambos márgenes de la quebrada del Diablo.

Formación Millo (NP-mi)

Compuesta por sucesiones de conglomerados polimícticos del Mioceno superior al Plioceno inferior. En el área de estudio se exponen en la parte baja de la microcuenca de la quebrada Del Diablo, en el fondo de la quebrada.

Los conglomerados de la Formación Millo afloran únicamente en la unidad geomorfológica denominada como Planicies Costaneras. Por lo tanto, los sedimentos correspondientes a la actividad dinámica del río Caplina pertenecen a los sedimentos de la Formación Millo, mientras que los procesos sedimentarios ocurridos más recientemente y hasta la actualidad los consideramos de edad Cuaternario, lógicamente sin poder determinar un límite claro entre ambas unidades estratigráficas.

Depósitos de cenizas volcánicas (Qh-vl)

Depósitos de cenizas y toba volcánico que forman un manto delgado discontinuo, encima de las terrazas y depósitos de piedemonte. Litológicamente la ceniza volcánica consiste en polvo suelto de color blanco o rosado con fragmentos de pómez blanca y cristalitas de cuarzo bipiramidal. Carecen de estratificación y se presentan como una masa homogénea sin estructura, pero a cierta distancia debajo de la superficie, el depósito se presenta más compacto y con la textura de un toba.

Depósito aluvial (Qh-al2)

Litológicamente está compuesto por conglomerados, arenas y arcillas inconsolidadas que se intercalan entre ellas irregularmente, cubren indistintamente a diversos afloramientos. Por lo general estos depósitos se forman por el transporte de material a través de las quebradas, depositándose temporalmente en las márgenes de los ríos en forma de terrazas, removibles por el curso actual del río.

Los aportes de material aluvial provienen generalmente desde el este o de las partes altas o estribaciones de la Cordillera Occidental. Estos depósitos conforman paquetes sedimentarios con dimensiones variables, cuyo espesor varía desde algunos metros hasta decenas de metros.

Los depósitos aluviales en el valle de Tacna, están cubriendo las quebradas Caramolle, El Diablo, compuestos por horizontes de arenas con limos de color marrón claro más o menos compactadas. Sobre este depósito se halla asentada la Asociación de Vivienda La Florida.

Depósitos antropogénicos (Q-an)

Dentro de este tipo de depósito están incluidos aquellos generados por el hombre y están formados por desmonte (escombros de viviendas y canteras abandonadas) y basurales (antiguo botadero municipal), a lo largo de la quebrada del Diablo. Cabe mencionar que la Asociación de Vivienda La Florida, se encuentra asentada en su totalidad sobre depósitos de desmonte, los cuales han rellenado parcialmente la quebrada. Foto 2.

3.2 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

En general, desde el punto de vista morfoestructural regional, el área de estudio corresponde a la Superficie Huaylillas que representa una importante unidad geomorfológica que obedece principalmente a criterio de geoformas y no a criterios de altitud o posición espacial. La superficie Huaylillas ha sido conservada en gran parte hasta la actualidad, probablemente, por la poca erosión registrada en la zona a consecuencia de las escasas lluvias registradas sobre esta zona desértica.

Se considera como superficie Huaylillas a la acumulación sucesiva de importantes espesores de tobas y flujos piroclásticos, disectadas por varios cursos de ríos y quebradas, presentes a lo largo de las cadenas montañosas y valles. Presenta un relieve ondulado y rugoso con pendientes que varían entre 7 y 10% con tendencia al suroeste (Wilson y García, 1962). Los valles más jóvenes formados por la acción hídrica erosionan estas tobas hasta lograr exhumar los paleorelieves que existían antes de la deposición de este gran evento volcánico.

A lo largo de la quebrada Del Diablo se puede diferenciar hasta cuatro niveles de relleno de desmonte los cuales se disponen en forma escalonada, con alturas hasta de 8 m aproximadamente y una pendiente menor a 5°



Foto 3. Asociación de Vivienda La Florida, donde se diferenciaron hasta cuatro niveles de rellenos (R1, R2, R3 y R4). Las viviendas fueron edificadas sobre estos depósitos y en pleno cauce de la quebrada Del Diablo; sobre el R4 se encuentra el antiguo botadero municipal de la ciudad de Tacna, en ambos márgenes de la quebrada se aprecia las tobas de la Formación Huaylillas (Sh).

IV. PELIGROS GEOLÓGICOS

Durante los trabajos de campo para el “Estudio de Peligros geológicos en la región Tacna” (Luque & Gómez, 2015), se identificaron movimientos en masa antiguos y activos. Los principales peligros geológicos inventariados en el área de evaluación son flujos, caídas y derrumbes (figura 4).

Es poco probable que se generen flujos, pues en la zona son escasas las lluvias. Sin embargo se tienen evidencias de flujos de lodo que discurrieron por la quebrada Del Diablo, tal como lo muestra los depósitos encontrados en su cauce, de presentarse afectaría a la Asociación de Vivienda La Florida, tramo de 15 m aprox. de la carretera Tacna-Tarata y granjas de aves.

Sin embargo los sismos son los procesos más destructivos que afectarían la zona de estudio. En el sismo del 2001 fueron afectadas varias viviendas (foto 4), debido a las malas técnicas constructivas en sus viviendas (autoconstrucción). También se tiene edificaciones sobre rellenos en las cuales no han debido construir. En caso de sismos se pueden generar caídas y derrumbes de las laderas inestables en los cerros La Cripta, que afectarían las viviendas ubicadas cerca del antiguo botadero municipal y debajo de depósitos coluviales.

En la parte inferior del cerro Intiorko se tienen antiguas caídas de rocas, donde también se han edificado viviendas. En las laderas se observan bloques suspendidos que pueden ceder ante un movimiento sísmico, por ello los moradores, han construido muros de contención y otras estructuras (pircas artesanales sin asesoramiento), que pueden ceder y caer cuesta abajo, lo cual afectaría las viviendas ubicadas en la parte inferior (foto 5). Estos últimos representan riesgos construidos por la misma población.



Foto 4. Viviendas de la Asociación de Vivienda La Florida afectada por el sismo del 2001, como se puede apreciar aún se aprecian los agrietamientos en las viviendas.



Foto 5. Caída de rocas en la Asociación de Vivienda Villa Intiorko, en caso de sismos las pircas y los bloques suspendidos en las laderas del cerro Intiorko pueden ceder y afectar a las viviendas que se encuentran en la parte inferior.

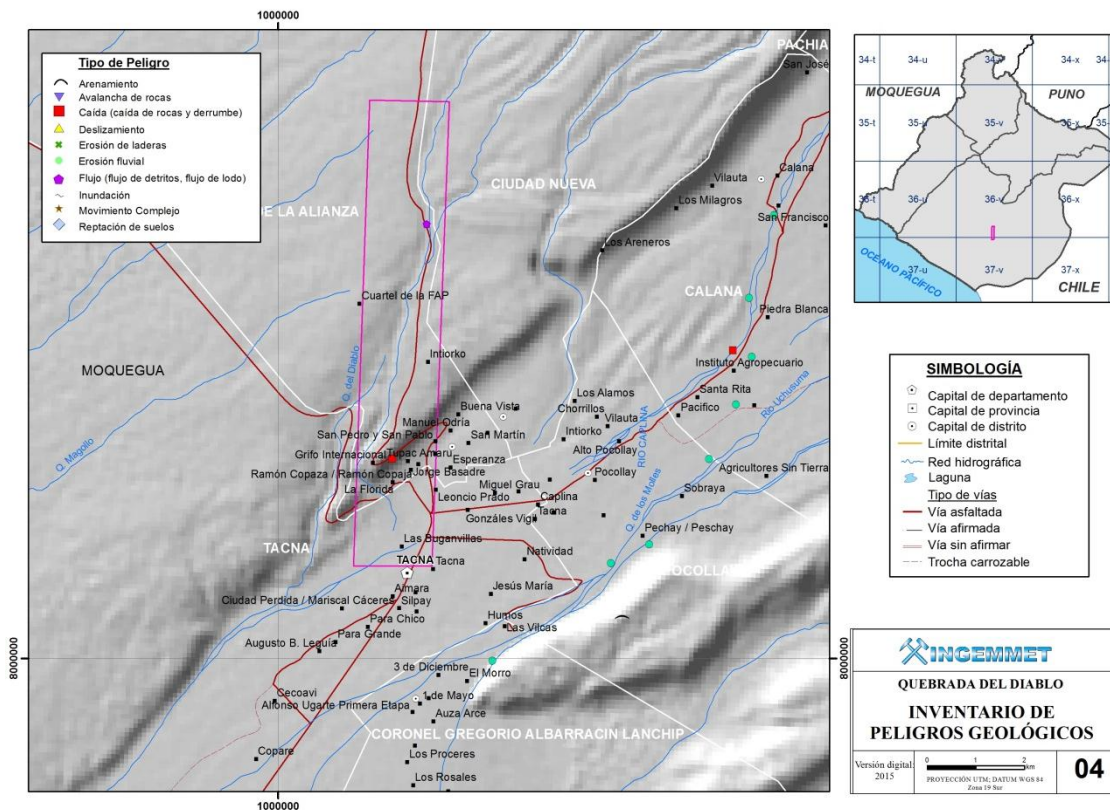


Figura 4. Peligros geológicos inventariados en el distrito Alto de la Alianza. Tomado del cartografiado del proyecto GA45A (Luque & Gomez, 2015).

En el distrito Alto de la Alianza, hasta el momento se inventarió ocho sectores con peligros geológicos, (figura 5), cuatro flujos de detritos, dos caídas de rocas, un proceso de erosión fluvial, y una zona afectada por erosión de laderas.



Figura 5. Inventario de peligros geológicos en el distrito de Alto de la Alianza

Entre los diferentes movimientos en masa identificados en las quebradas Del Diablo y Caramolle, entre otros, predominan los flujos de detritos (huaicos) y caída de rocas. En menor escala los procesos de erosión de ladera.

Flujos antiguos:

Cubren el fondo del valle en la quebrada Del Diablo. Su litología está compuesta por arenas soportadas en una matriz limosa. Sobre los depósitos de flujos antiguos se encuentra asentada la población de la Asociación de Vivienda La Florida.

A estos eventos se les denomina así porque durante su desplazamiento presentan un comportamiento semejante al de un fluido. Pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos. Pueden originarse a partir de otros procesos, como deslizamientos o desprendimientos de rocas (Varnes, 1978). Son capaces de transportar grandes volúmenes de fragmentos rocosos de diferentes tamaños y alcanzar grandes extensiones de recorrido, más aun si la pendiente es mayor.

Según Hungr & Evans (2004) los flujos se pueden clasificar de acuerdo al tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral (canalizado o no canalizado) y otras características que puedan hacerlos distinguibles. Por ejemplo se tienen flujos de detritos (huaycos), de lodo, avalanchas de detritos, de roca, etc.

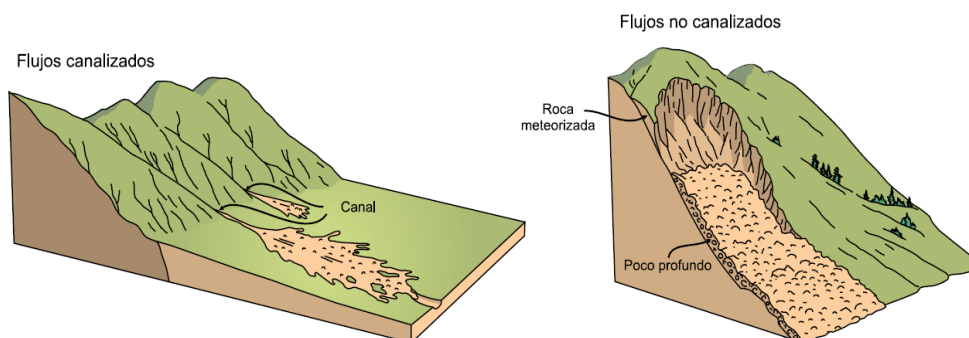


Figura 6. Esquema de flujos canalizados y no canalizados (Cruden y Varnes, 1996).

Normalmente Los flujos canalizados buscan retomar su lecho natural. El potencial destructivo de estos procesos está dominado por su velocidad y la altura alcanzada por el material arrastrado. Por ello estos eventos son muy violentos y tienen una gran cantidad de energía que destruye todo lo que encuentran a

su paso. Por tanto es muy importante una caracterización geológica detallada de los eventos, asociada al grado de peligro al que está expuesta un área determinada.

- En la quebrada Del Diablo

Las precipitaciones pluviales excepcionales son poco probables en este sector, pero se tienen evidencias de depósitos acumulados en el cauce de la quebrada producto de antiguos flujos. El cauce actual de la quebrada se encuentra obstruido en algunos tramos, por la ocupación del antiguo botadero municipal, canteras de ignimbritas abandonadas, o cruce de trochas y carreteras. Las laderas de la quebrada son inestables porque contiene material suelto. Todo ello compromete la seguridad física de la Asociación de Vivienda La Florida que se encuentra ubicada en pleno cauce.

Debido a la ausencia de obras que minimicen el efecto de un flujo de lodo o detritos ante un posible evento o avenida extrema, que se podría desplazar por la quebrada Del Diablo, incrementa la vulnerabilidad de la Asociación de Vivienda La Florida.



Figura 7. Vista aguas arriba de la quebrada Del Diablo obstruido por la construcción de viviendas, desmontes y botadero de basura (marcado con línea roja). La Florida se ubica asentado sobre el depósito antiguo de la quebrada Del Diablo.



Foto 6. Vista Panorámica de la quebrada Del Diablo, la Asociación de Vivienda La Florida, se encuentra sobre el cauce, en la margen izquierda presenta derrumbes y en la margen derecha, el antiguo botadero municipal de la ciudad de Tacna.



Foto 7. Caída de rocas en ambas márgenes de la quebrada Del Diablo aportan material al cauce de la quebrada.



Foto 8. Cauce de la quebrada Del Diablo obstruido por trocha de acceso a las granjas de aves en el cerro Alto de la Alianza.



Foto 9. Quebrada Del Diablo corta carretera Tacna-Tarata en cerros del Alto de la Alianza.

Derrumbes y caída de rocas

Son desprendimientos de masas de roca, suelo, detritos o combinaciones de estos materiales. Se originan a lo largo de varias superficies irregulares o anisotropías (discontinuidades o fracturas). Se generan en zonas de arranque irregulares, con desplome visible de material como una sola unidad, alcanzando dimensiones y longitudes variables desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros (Varnes, 1978).

El área de estudio es de alta susceptibilidad a la ocurrencia de derrumbes y caída de rocas, por las condiciones intrínsecas como rocas fracturadas, sistema de diaclasamiento de la roca a favor de la pendiente, material suelto en la ladera (inestable). Estas condiciones se aprecian en las laderas de los cerros La Cripta y en ambos márgenes de la quebrada Del Diablo. La ocurrencia de estos eventos podría afectar a las viviendas ubicadas al pie de los canchales de detritos. Foto 10.



Foto 10. Caída de rocas y derrumbes en forma de canchales de detritos arriba de viviendas de la Asociación de Vivienda La Florida, en la margen izquierda de la quebrada del Diablo.



Foto 11. Derrumbe en forma de canchales de detritos en el talud natural y de corte en la trocha de acceso a la Asociación de Vivienda Villa Cristo de la Paz, margen izquierda de la quebrada del Diablo.

V. SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA

El mapa de susceptibilidad a los movimientos del Perú (Fidel *et al*, 2010), elaborado en base a la superposición de factores intrínsecos (características de las rocas, pendiente y formas del relieve; cobertura vegetal y uso de suelo; y características de retención o flujo de agua subterráneas en las rocas), revela que el área de las cabeceras de la quebrada Del Diablo se encuentra en una zona de moderada susceptibilidad a la generación de movimientos en masa (figura 8). Se describen como laderas

con algunas zonas inestables, con pendientes medias, rocas fracturadas a muy fracturadas, donde han ocurrido o existe una alta posibilidad de que ocurran estos fenómenos.

Las laderas dentro de esta área están cerca de sus límites de estabilidad debido a la combinación de materiales débiles y de laderas más escarpadas (mayores a 25°). Aunque la mayoría de las laderas no presentan actualmente depósitos de movimientos en masa, puede que fallen localmente cuando estas sean modificadas. Localmente se pueden presentar derrumbes, desprendimientos de rocas y flujos (con lluvias excepcionales).

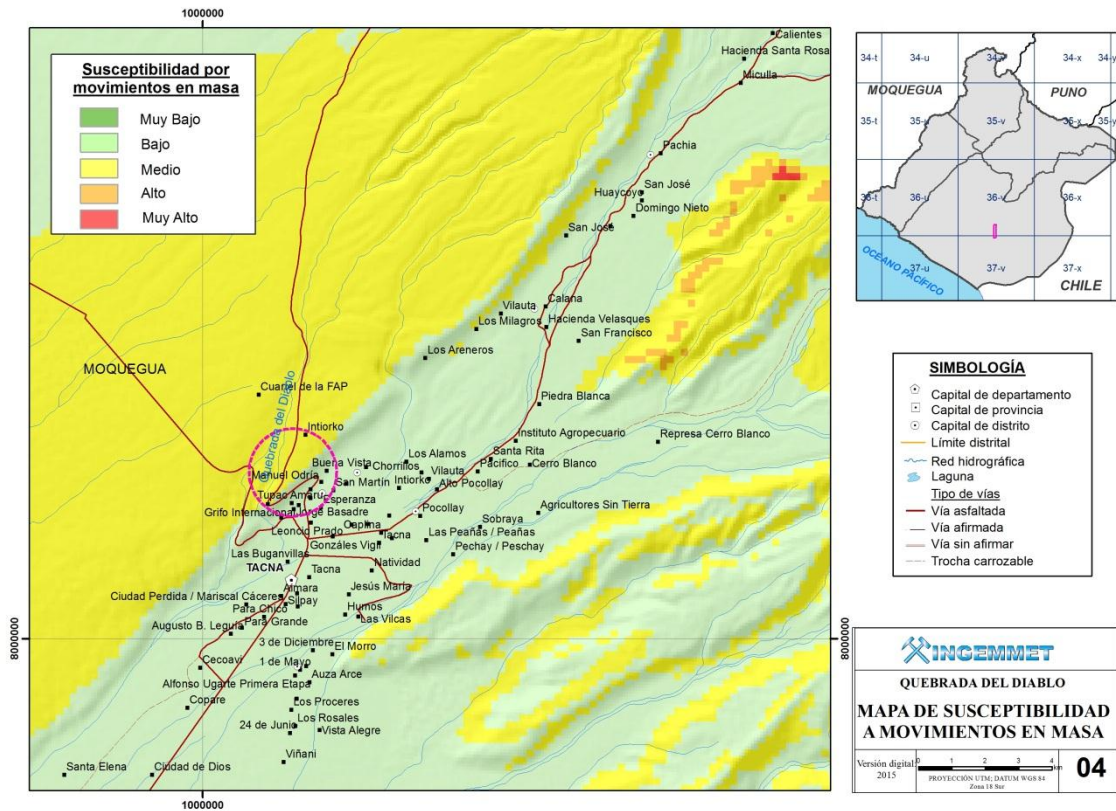


Figura 8. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del Perú, escala 1:1000 000 (INGEMMET, 2010).

CONCLUSIONES

- La Asociación de Vivienda La Florida, se encuentra asentada sobre el cauce de la quebrada Del Diablo, por donde ya discurrieron flujos de lodo y detritos antiguos con lluvias excepcionales. La carretera Tacna-Tarata cruza el cauce de la quebrada en su parte baja. De presentarse un flujo excepcional pueden verse afectadas las viviendas y vía.
- Litológicamente, la Asociación de vivienda La Florida se encuentra asentada sobre depósitos aluviales compuesto por arenas con limos de color marrón claro, moderadamente compactas. El origen de los depósitos corresponde a antiguas ocurrencias de flujos de lodo provenientes de la pampa de Huaylillas. La pendiente del terreno es suave, menor a 5°. Con presencia de niveles potentes de tobas de la Formación Huaylillas en ambas márgenes de la quebrada Del Diablo.
- La Asociación de Vivienda La Florida se encuentra en una zona de susceptibilidad media a los movimientos en masa, según el Mapa de susceptibilidad del Perú (INGEMMET, 2010), donde han ocurrido o existe una alta posibilidad de que ocurran estos fenómenos principalmente flujos de lodo, caída de rocas y derrumbes.
- Se ha identificado además derrumbes en forma de canchales de detritos y caída de rocas en ambas márgenes de la quebrada Del Diablo. En caso de sismo, las viviendas que se encuentran al pie de las laderas de los cerros La Cripta pueden ser afectadas, así como poder colapsar por estar edificadas sobre depósitos de relleno (poco o nada compactados).
- En el cruce de la carretera Tacna-Tarata con la quebrada Del Diablo, la vía no tiene el desfogue que permita el paso del flujo. Asimismo el cauce de la quebrada en la parte baja, se encuentra obstruido por basura proveniente del antiguo botadero municipal.
- Por las condiciones geodinámicas que se presentan en la zona, como son escarpas irregulares, y probables flujos en caso de lluvias excepcionales; esta zona es considerada como PELIGRO ALTO.

RECOMENDACIONES

- Es necesario reubicar las viviendas ubicadas en el cauce de la quebrada Del Diablo, por su alta susceptibilidad a generar caídas de rocas en caso de sismos y flujos en caso de lluvias excepcionales. Se debe realizar un trabajo integral, solo de esa forma se evitara más daños y probables muertes. Las autoridades deben emitir ordenanzas prohibiendo que se construyan viviendas en zonas de alto peligro por movimientos en masa.
- Realizar trabajos que propicien el crecimiento de áreas en la cabecera y partes altas de la microcuenca de la quebrada Del Diablo y no en el cauce.
- Colocar alcantarillas en la carretera Tacna-Tarata y en las trochas que cortan la quebrada Del Diablo, las que actualmente no cuentan con permiten el desfogue o escorrentía en caso de lluvias excepcionales.
- Desarrollar campañas de reforestación (plantas nativas) en las zonas altas de La Florida.
- Colocar disipadores de energía 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 excepcional. Esto requiere de un levantamiento topográfico de detalle en la zona para la ubicación de estructuras de disipación (espaciamiento) y canalización de la quebrada (ancho y longitud estimados).
- Estabilizar el talud del antiguo botadero municipal.
- Realizar limpieza del cauce de la quebrada Del Diablo y prohibir el arrojado de desmonte y basura
- Implementar y promover una cultura de prevención de desastres (señalización de rutas de escape y zonas seguras, simulacros con la población, etc.), mediante charlas y talleres de sensibilización ante peligros geológicos, en los diferentes niveles de la población de La Florida y poblaciones vecinas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, H.; Mamani, M.; Alván, A.; Oviedo, M. & Rodríguez, J. (2011). Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca (36-v y 36-x), escala 1:50 000. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 139, 96 p.
- Acosta, H.; Mamani, M.; Alván, A.; Rodríguez, J. & Cutipa, M. (2012). Geología de los cuadrángulos de La Yarada, Tacna y Huaylillas (37-u, 37-v y 37-x), escala 1:50 000. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 145, 108 p.
- Cruden, D.M. y Varnes, D.J. (1966). Landslide types and process, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C., National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, 36-75 p.
- Dirección de Geotecnia (1981). Condiciones de Seguridad de las Principales Obras de Ingeniería. INGEMMET, 118 p.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2000). Estudio de Riesgo Geológicos del Perú, Franja N°1. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 23, 290 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.
- Wilson, J.; García, W. (1962). Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca (36-v y 36-x), escala 1:50 000. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 4, 82 p.
- Wilson, J. (1963). Geología de los cuadrángulos de La Yarada, Tacna y Huaylillas (37-u, 37-v y 37-x). INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 6, 69 p.