

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6893

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR MAJTUY Y TARICA



Región Ancash
Provincia Corongo
Distrito Cusca
Paraje Majtuy y Tarica



JULIO
2019

SECTOR ENERGÍA Y MINAS - INGEMMET / 2019

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	2
2. TRABAJOS PREVIOS	2
3. OBJETIVOS	3
4. ASPECTOS GENERALES	3
4.1. Ubicación y accesibilidad.....	3
4.2. Condiciones hidrometereológicas	4
5. CARACTERISITICAS GEOMORFOLÓGICAS Y GEOLÓGICAS	5
5.1 Pendiente	5
5.2 Unidades Geomorfológicas	6
5.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	7
5.2.2 Geoformas de carácter deposicional o agradicional:	7
6. PELIGROS GEOLOGICOS	10
6.1 Marco conceptual.....	11
6.1.1 Movimiento en masa	11
6.2 Características de los peligros geológicos identificados.....	13
7. FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES	25
7.1 Condicionantes.....	25
7.2 Detonantes	25
CONCLUSIONES	26
RECOMENDACIONES	27

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR MAJTUY Y TARICA

Distrito Cusca, provincia Corongo, región Ancash

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) como ente técnico-científico incorpora dentro de las funciones de su Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, (DGAR) la asistencia técnica al Gobierno Nacional, Regional y local en la identificación y caracterización de peligros geológicos; con el objetivo de contribuir en la prevención y reducción de riesgos de desastres en nuestro País.

La Municipalidad distrital de Cusca mediante oficio Múltiple N° 030-2019-MDC-A solicita al presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Ing. Henry Luna Córdova, una evaluación de peligros geológicos en el cerro Ututopampa donde se sitúa el caserío Majtuy ubicado en el distrito de Cusca, provincia Corongo, departamento Ancash.

En atención a la solicitud, el Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET, designó a la Ing. Doreen Carruyo Ruiz para realizar una inspección técnica. El trabajo de campo se realizó el día 08 de abril del 2019 y se contó con la presencia del alcalde y funcionarios del municipio distrital de Cusca Jaminton Iparraguirre Ramírez, y pobladores del lugar.

Durante la evaluación de campo se evidenciaron deslizamientos antiguos reactivados y deslizamientos recientes que ponen en riesgo el caserío Majtuy y el Poblado de Tarica. La principal causa condicionante es atribuida a la infiltración de agua causada por canales para riego de pastizales y el factor detonante las intensas precipitaciones pluviales.

El presente informe se ha realizado en base a las observaciones de campo, imágenes satelitales y testimonios de los pobladores, e incluye información sobre las características geológicas y geomorfológicas, descripción de los peligros geológicos ocurridos, conclusiones y recomendaciones que se ponen a consideración de la municipalidad distrital de Cusca, Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, autoridades locales y otras autoridades y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de mitigación y reducción de riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

2. TRABAJOS PREVIOS

INGEMMET ha elaborado trabajos relacionados a geología y peligros geológicos que abarcan la zona de estudio, los cuales son descritos a continuación.

- a) En el Boletín N° 60, Serie A: "Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz, y Huari", INGEMMET, (Wilson *et al.*, 1995) mencionan que la Formación Chicama consiste en grosores considerables de lutitas y areniscas finas. Las lutitas de la Formación Chicama que se intercalan en las areniscas son piritosas y con nódulos ferruginosos.

- b) En el Boletín N°38 de la Serie C: “Riesgos geológicos en la región Ancash”, INGENMET (Zavala, *et. al* 2009), se presenta en el “Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa”, escala 1:250,000, que el distrito de Cusca, Provincia de Corongo, departamento de Ancash se encuentra ubicado en zona de muy alta susceptibilidad.

Es preciso mencionar que en el sector no existen trabajos previos o informes realizados por especialistas en gestión de riesgo de desastres.

3. OBJETIVOS

- Identificar y caracterizar el tipo de peligros geológicos por movimientos en masa que están afectando el área de estudio.
- Sugerir medidas preventivas y de mitigación en las áreas con mayor susceptibilidad a movimientos en masa.

4. ASPECTOS GENERALES

4.1. Ubicación y accesibilidad

El caserío Majtuy se ubica aproximadamente a 500 m, al SE de la localidad de Tarica, a 3515 m.s.n.m. Se encuentra asentado en la ladera norte del cerro Ututopampa, margen izquierda del río Condorhuasi; políticamente pertenecen al distrito de Cusca, provincia Corongo, departamento Ancash.

Las coordenadas de ubicación para la zona evaluada son las siguientes: UTM WGS84, Zona 18L, N: 9047714; E: 197383. (Figura 1).

El acceso por medio de la carretera asfaltada es desde Lima a la ciudad de Huaraz, de la ciudad de Huaraz se conduce hacia al distrito de Yuracmarca en la provincia de Huaylas realizando un desvío a la localidad de Tarica-Majtuy a través de una carretera afirmada, tomando el siguiente itinerario:

Tramo	Longitud	Horas Recorridas	Tipo de Vía
Lima - Huaraz	408 km	8 horas	Asfaltada
Huaraz – Poblado el Salvador (distrito de Yuracmarca Provincia de Huaylas)	120 km	3 horas	Carretera asfaltada 3N
Poblado el Salvador - (distrito de Yuracmarca Provincia de Huaylas)- Localidad de Tarica y Majtuy	51.7 km	2 horas	Carretera afirmada 12A

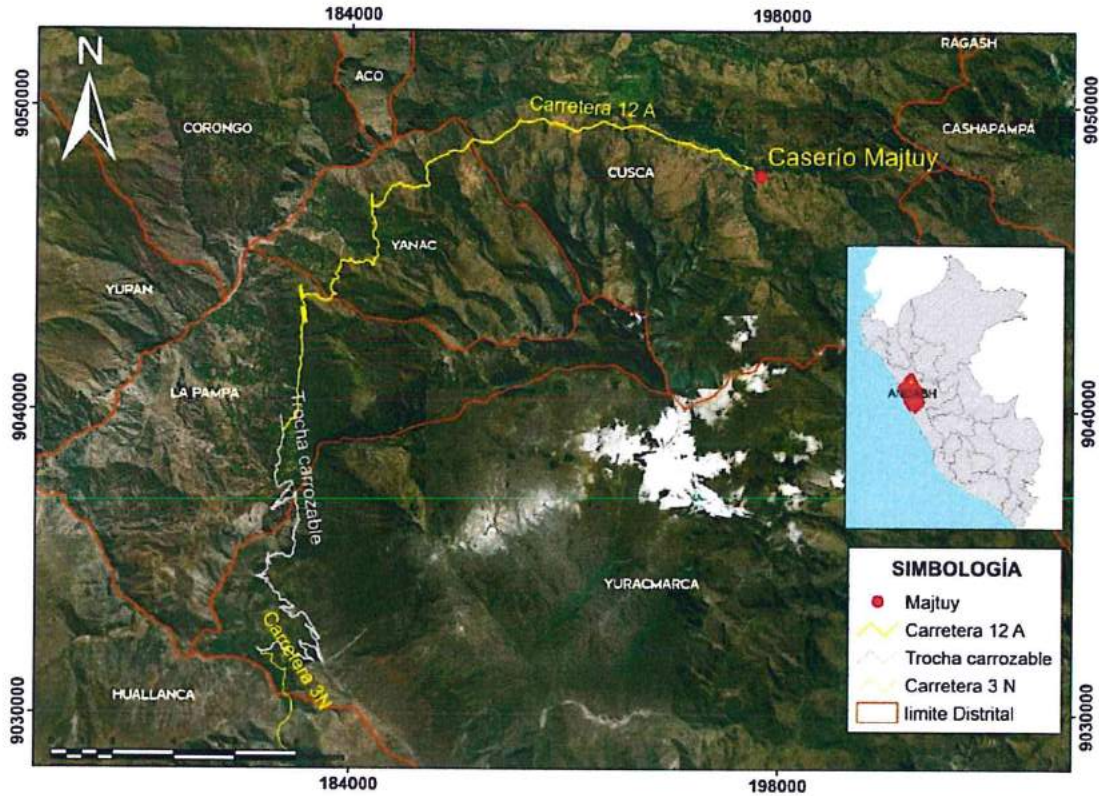


Figura 1. Ubicación de caserío de Majtuy.

4.2. Condiciones hidrometeorológicas

Para determinar las condiciones hidrometeorológicas en la zona de estudio, se ha tomado datos referenciales de la estación meteorológica "SIHUAS", registrados en la página web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), la cual se encuentra aproximadamente a 25 km al NE de la zona de estudio.

El régimen pluviométrico en la sierra del Perú es estacional tal como se muestra en la tabla N° 1, la cual indica que las precipitaciones máximas solo se registran de noviembre a abril con escasas y ausentes precipitaciones el resto del año. Las lluvias generadas durante los meses de mayor precipitación suelen ser de gran intensidad, favoreciendo significativamente la activación de quebradas, deslizamientos y ocurrencia de flujos de detritos.

El sector Majtuy viene siendo afectado por intensas lluvias desde el año 2017, sin embargo, este año las precipitaciones pluviales han generado una mayor reactivación de eventos geodinámicos en el sector, realizando un análisis comparativo entre los periodos de lluvias de los años 2017, 2018 y 2019, se tiene que el acumulado de precipitación mensual durante el mes de febrero del 2019, (mes de inicio de la reactivación de los eventos) es de 198.7mm siendo mayor que los valores registrados en años anteriores, ahora si analizamos las lluvias acumuladas para el periodo de diciembre a febrero las lluvias acumuladas alcanzaron 455.8mm para 2017-2018 y 493.5mm para 2018-2019, representando este último periodo una valor mayor en comparación con el periodo 2017-2018.

Tabla 1. Datos hidrometeorológicos tomados de la estación meteorológica de "SIHUAS".

Año 2017												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	175.7	133.7	263.8	190.8	99	24.6	0	5.8	68	80.3	140.7	230.2
Año 2018												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	149.8	75.8	253	122.7	48.9	31.4	4.5	0	65.7	172.3	167.3	139.4
Año 2019												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	155.4	198.7	269.2	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP

Fuente: SENAMHI-Dirección de Redes de Observación y datos.

5. CARACTERISITICAS GEOMORFOLÓGICAS Y GEOLÓGICAS

El relieve terrestre va evolucionando en la dinámica del ciclo geográfico mediante una serie de procesos constructivos y destructivos los cuales muchas veces son afectados por factores geológicos, geográficos, bióticos y antrópicos que frecuentemente interrumpen o perturban el normal desarrollo del ciclo. Esta serie de factores cuando se conjugan y son alterados a consecuencia del cambio climático y acción del hombre, favorecen la inestabilidad geomorfológica produciendo aumento de la pendiente y alteración de las propiedades físicas de los estratos expuestos en las laderas generando un aumento de la escorrentía y una mayor intensidad de los procesos erosivos, esto hace que las zonas elevadas tiendan a deslizar material suelto, colmatando y afectando zonas deprimidas, así como también pueden limitar el desarrollo del suelo y el establecimiento de la vegetación, dificultando los procesos de restauración.

5.1 Pendiente

Localmente, el caserío Majtuy, está emplazado en laderas de montañas de pendientes irregulares bajas con un rango entre 5° a 20° (cerro Ututopampa), (figura 2 y 3), mientras que las pendientes de las laderas donde se presentan los deslizamientos poseen pendientes moderadas en un rango de 20° a 35°.

Para la clasificación de los rangos de pendientes se usó como fuente la tabla elaborada por Fidel *et al.*, 2006.

Tabla 2: Rangos de pendientes del terreno Fuente: Fidel *et al.* (2006)

PENDIENTE EN GRADOS (°)	CLASIFICACIÓN
<5	Muy baja
5 - 20	Baja
20 - 35	Media
35 - 50	Fuerte
>50	Muy fuerte

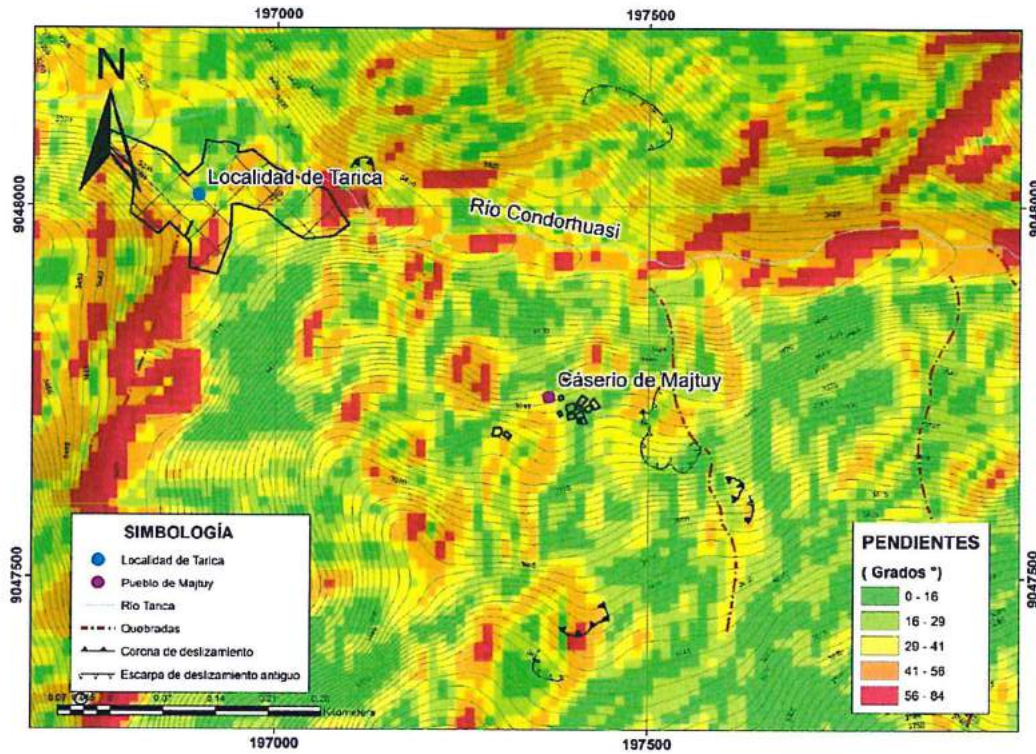


Figura 2. Mapa de pendientes de la zona de estudio.



Figura 3. Ubicación del caserío Majtuy en un rango de pendientes menores a 20°.

Geomorfológicamente la zona de estudio corresponde a un valle fluvial rodeado de montañas en rocas sedimentarias. A continuación, se describen las unidades geomorfológicas identificadas:

5.2 Unidades Geomorfológicas

Desde el punto de vista geomorfológico se distinguen: a) Unidad de Montaña, b) Unidad de Piedemonte y c) Unidad de Planicie aluvial.

5.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Unidades de Montaña: tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local, así se tienen las siguientes subunidades de montaña diferenciadas según el tipo de roca que la conforman.

Montañas estructurales en rocas sedimentarias (RME-rs): corresponde a elevaciones del terreno que forman parte de las cordilleras levantadas por la actividad tectónica y su morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia- escorrentía, aguas de subsuelo, con fuerte incidencia de la gravedad.

La zona evaluada corresponde a laderas controladas por la estratificación de rocas sedimentarias disectadas por quebradas afluentes al río Condorhuasi-Tarica.

La distribución del relieve montañoso local lo conforman el cerro Mamapampa por su margen derecha, disectado por la quebrada Yerbabuena y el cerro Ututopampa a su margen izquierda, limitado por la quebrada Cullojhuaylla.

5.2.2 Geoformas de carácter deposicional o agradicional:

Estas representan por la forma del terreno resultados de la acumulación del material proveniente de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geoformas anteriores.

a) Unidad de Piedemonte

Son los depósitos que constituyen la transición entre los relieves montañosos, accidentados y las áreas bajas circundantes; en este ambiente predominan los depósitos continentales coluviales y las acumulaciones forzadas, las cuales están relacionadas con el repentino cambio de los perfiles longitudinales.

Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): correspondiente a las acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa, prehistóricos, antiguos y recientes, que son de tipo deslizamientos y movimientos complejos, presenta materiales inconsolidados a ligeramente consolidados relacionados a las laderas superiores de los valles. Su morfología es convexa y su disposición es semicircular o elongada en relación a la zona de arranque o despegue de movimientos en masa (figuras 4 y 5).

Vertiente o piedemonte- Coluvio-deluvial (V-Cd): Unidad formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial (acarreados y acumulados por efectos de la gravedad, y deluvial (acumulación de material al pie de las laderas de montañas o acantilados de los valles). Se puede asociar geodinámicamente a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo movimientos complejos, reptación de suelos, avalancha de detritos.

b) Unidad de Planicies

Esta unidad agrupa a relieves generados por las acumulaciones aluviales cuaternarias formadas gradualmente cuando se depositan sedimentos por inundación periódica de corrientes o ríos. Se caracterizan por su relieve plano a plano-ondulado, con pendientes que varían de 0 a 8%.

Terrazas aluviales (T-al): constituyen pequeñas o mesas sedimentarias que se forman en un valle fluvial por depósitos de sedimentos del río. El Poblado de Tarica se encuentra asentado sobre terrazas aluviales dispuestas a ambos márgenes del río Condorhuasi (figura 5).

Cauce de río (Ca): dentro de esta unidad se reúnen los cuerpos de agua de origen natural los cuales están constituidos para la zona de estudio por los ríos Tarica-Condorhuasi.



Figura 4. Geformas identificadas en el sector Majtuy.



Figura 5. Geformas identificadas en el sector Tarica.

En la zona de estudio, afloran ampliamente secuencias de rocas sedimentarias. En la parte alta y baja del cerro Ututopampa se presentan secuencias de arcillitas gris oscuras muy fracturadas (fotografía 1), intercaladas con niveles de areniscas de la Formación Chicama; al SE del caserío Majtuy se presenta estratificación de arcillitas y lutitas grises laminadas ligeramente metamorizadas (fotografía 2). Las condiciones geológicas mencionadas permiten clasificar a la roca como no competente, lo cual favorece la ocurrencia de deslizamientos en la zona.



Fotografía 1. Sistema de fracturamiento horizontal y verticales conformadas por arcillitas gris oscuras de la Formación Chicama



Fotografía 2. Afloramiento de arcillitas grises laminadas y muy fracturadas de aspecto pizarroso y con presencia de nódulos ferruginosos.

Cubriendo al substrato rocoso sedimentario, se encuentran depósitos cuaternarios, los cuales se emplazan como depósitos aluviales en las partes bajas del valle, así como

depósitos de ladera (residuo-coluviales o coluvio-deluviales) en las laderas del cerro Mamapampa, y cerro Ututopampa (zona de estudio), estos depósitos están conformados por arcillas y limoarcillitas, producto de la meteorización del substrato rocoso, erosión y depósito, por efectos de la gravedad o lluvias asociadas con movimientos en masa antiguos. (Figura 6) (Fotografías 3 y 4).



Fotografía 3 y 4. Izquierda: Depósitos cuaternarios conformados por arcillas que afloran en los alrededores del caserío Majtuy y en las laderas montañosas que constituyen la zona de estudio. Derecha: areniscas cuarzosas envueltas en una matriz limo-arcillosa que afloran en la parte baja del cerro Ututopampa.



Figura 6. Unidades litológicas que afloran a la margen izquierda del río Condorhuasi. (Zona de estudio), las cuales corresponden a la Formación Chicama constituidas por intercalaciones de arcillitas, areniscas y depósitos de ladera coluvio-deluviales conformados por suelos arcillosos y limosos.

6. PELIGROS GEOLOGICOS

En esta sección, se detalla un marco conceptual en el cual se explican algunos conceptos básicos relacionados a los peligros identificados en la zona de estudio y seguidamente se describen las características de los eventos geodinámicos identificados, los factores condicionantes y detonantes que favorecieron su ocurrencia y los daños generados en el caserío Majtuy y alrededores.

6.1 Marco conceptual

6.1.1 Movimiento en masa

Son todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, detritos o combinación de ellas por efectos de la gravedad (modificado de Cruden, 1991).

6.1.1.1 Deslizamientos

Es un movimiento ladera abajo de una masa de suelo, roca o ambos cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o de una delgada zona, en donde ocurre una gran deformación cortante. Se caracterizan por desarrollar una o varias superficies de ruptura (modificado de Cruden & Varnes, 1996; Hutchinson, 2001; Ayala-Carcedo y Olcinas, 2002). En el sistema de Varnes (1978). Se clasifican a los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. En la zona de estudio se evidencian deslizamientos de tipo rotacional.

- **Deslizamiento rotacional**

Se define como un deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. La cabeza del movimiento puede moverse hacia abajo dejando un escarpe casi vertical, mientras que la superficie superior se inclina hacia atrás en dirección al escarpe. (Cruden y Varnes, 1996). Figura 7.

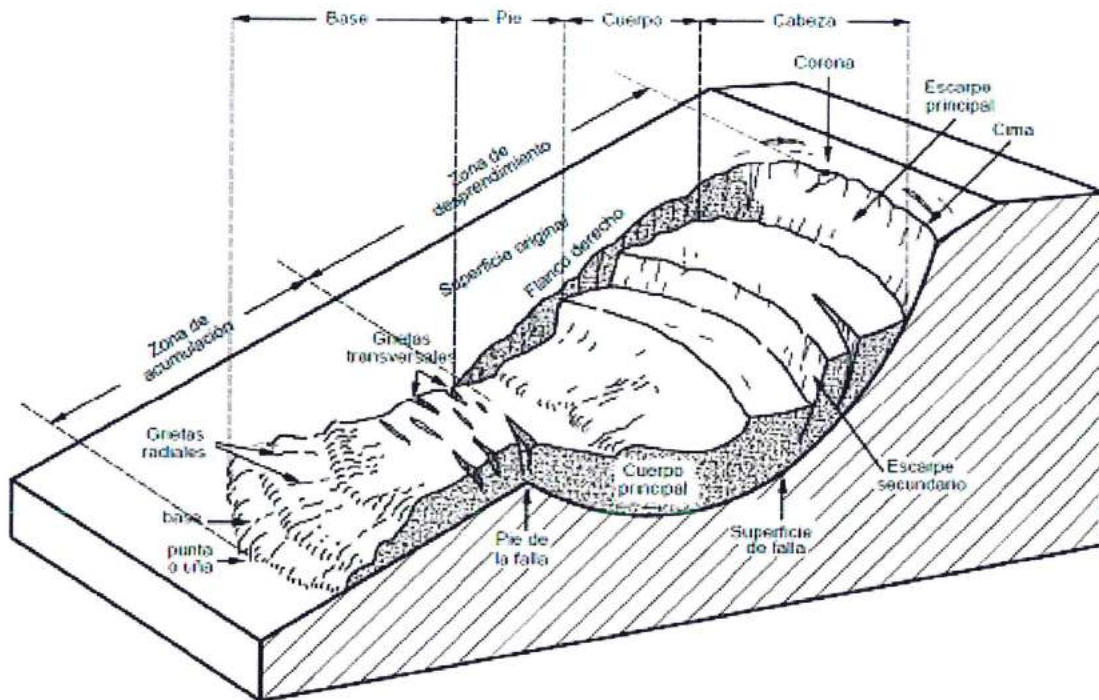


Figura 7. Deslizamiento típico rotacional (Modificado de: Cruden & Varnes, 1996).

6.1.1.2 Flujos

Es un tipo de movimiento en masa que, durante su desplazamiento, exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. Constituido por rocas, detritos, suelo o una mezcla de ellos. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). Se distingue los deslizamientos por flujo de arcilla en que el flujo de lodo incorpora agua superficial durante el movimiento (Hungry et al., 2001).

Flujos canalizados: Tipo de movimiento en masa en el cual el material desplazado se mueve preferencialmente a lo largo de un cauce o canal. Figura 8.

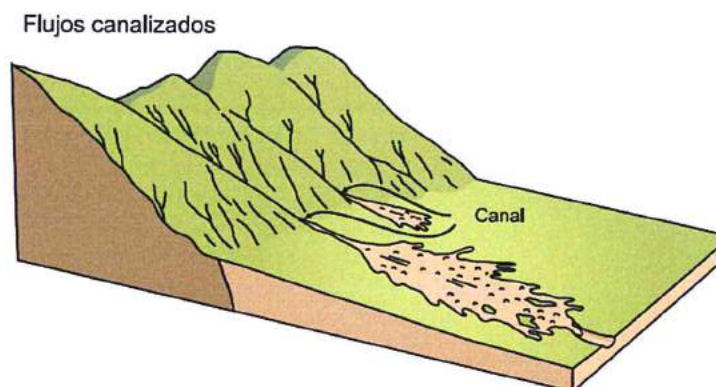


Figura 8. Esquema de flujos canalizados, según Cruden y Varnes (1996).

6.1.1.3 Cárcavas

Son pequeños valles de paredes verticales, cabeceras verticalizadas y perfiles longitudinales de pendiente elevada, que transmiten flujos de agua efímeros y están

sujetos a una intensa erosión hídrica (figura 9), (Lucía *et al.*, 2008), además de la ocurrencia de movimientos en masa como flujos, derrumbes y deslizamientos.

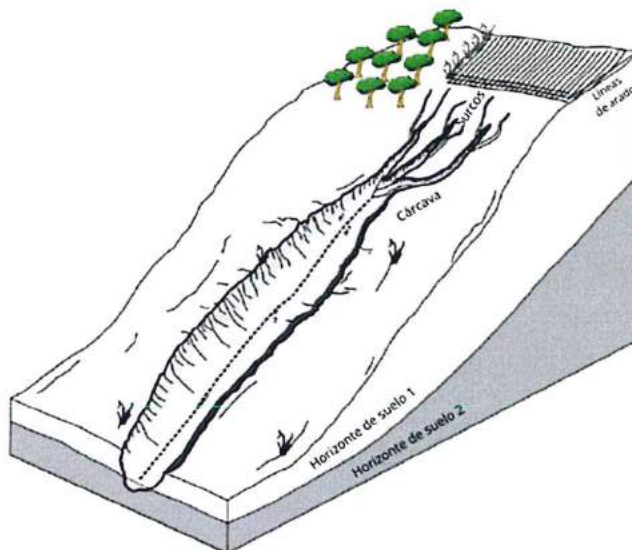


Figura 9. Esquema de la formación de una cárcava originada por profundización en surcos. Tomado y modificado de (Shruthi *et al.*, 2011).

6.2 Características de los peligros geológicos identificados

Las márgenes izquierda y derecha del valle del río Condorhuasi - cerro Ututopampa y Mamapampa - vienen siendo afectadas en los últimos meses por la reactivación de deslizamientos antiguos y activación de deslizamientos recientes a causa de infiltraciones generados por canales de irrigación y lluvias intensas. Para un mejor entendimiento y descripción de los eventos geodinámicos identificados se ha dividido la zona afectada en tres sectores, los cuales se detallan a continuación: (ver mapa geodinámico; figura 21)

- **Sector 1:** Corresponde a la parte alta del cerro Ututopampa, aproximadamente a 270 metros al SO del caserío Majtuy. En esta zona se identificó un deslizamiento antiguo reactivado tipo rotacional con avance progresivo, el cual se sitúa a una altura de 3605 m s.n.m., presenta un escarpe principal con una longitud de 73 m y un salto que varía de 0.90 m a 1.10 m (figura 10). El cuerpo del deslizamiento presenta una secuencia de escarpes secundarios menores que no sobrepasan los 0.60 m de salto (figura 11) y tiene longitudes entre 0.10 m a 0.30 m (figura 12 y fotografías 5 y 6), la forma del deslizamiento es ovalada y alargada y tiene una longitud desde la corona hasta su punta de 175 m, un ancho de 67 m y un área de 9383 m². La distancia desde la punta del deslizamiento hasta el caserío Majtuy es aproximadamente 103 m.

En el cuerpo del deslizamiento se evidenció canales sin revestir (fotografías 7, 8 y 9) para riego de pastos naturales con alto contenido de óxido de hierro, zonas pantanosas y suelos arcillosos saturados.

De acuerdo a versiones de pobladores en febrero del año 2018 y febrero de este año se generó un flujo de lodo proveniente de la parte alta del cerro Ututopampa atravesando el deslizamiento y llegando a inundar parcialmente el Caserío Majtuy ingresando a algunas viviendas y afectando pequeñas zonas de cultivo.

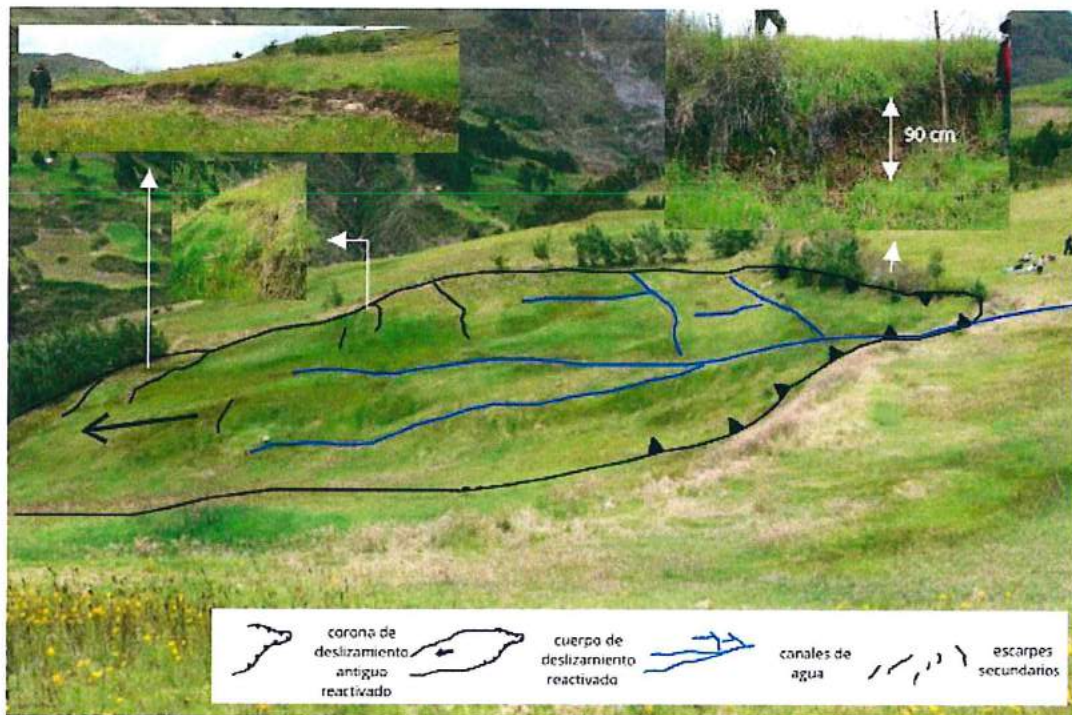


Figura 10. Deslizamiento reactivado tipo rotacional en el cerro Ututopampa; se detalla en las vistas superiores la longitud y salto vertical de las escarpas identificadas.



Figura 11. Escarpe principal del deslizamiento con saltos que varían de 0.90 m a 1.10 m.



Figura 12. Escarpe secundario con un salto de aproximadamente 0.60 m.



Fotografía 5. Se muestra un tercer escarpe dentro del cuerpo del deslizamiento.



Fotografía 6. Escarpes secundarios menores en proceso de formación dentro del cuerpo del deslizamiento.



Fotografía 7. Canales de tierra creados para riego de pastizales naturales que se evidencian dentro del cuerpo del deslizamiento en proceso, sin estar impermeabilizados.



Fotografía 8. Canales de agua sin impermeabilizar situados detrás de la corona del deslizamiento el cual evidencia un proceso erosivo causado por flujos recientes de lodo que se desplazaron a favor de la pendiente del deslizamiento.



Fotografía 9. Franja verde claro que evidencia la huella de la línea de escorrentía de agua que discurrió ladera abajo hasta atravesar el cuerpo del deslizamiento llegando hasta el caserío Majtuy.

A 65 m al SO de la corona del deslizamiento activo a una cota de 3635 m s.n.m. se identificó un escarpe de deslizamiento inactivo antiguo, con longitud de 54 m y un salto de 1 m (figura 13).



Figura 13. Escarpe de deslizamiento antiguo que no muestra evidencias de reactivaciones recientes.

- **Sector 2:** Este sector presenta una ladera irregular y deformada en la cual se identificó un deslizamiento antiguo tipo rotacional con reactivación reciente, su escarpe principal estaba cubierto por pajonales, arbustos y árboles que no permitieron visualizar a detalle el trazo completo de la corona por lo que a grandes rasgos el deslizamiento posee una longitud de escarpe de 38 m, un salto inferido de 4,5 m y un área de 909 m². (Figura 14).

En los alrededores del escarpe se observaron arboles inclinados y caídos y a lo largo del cuerpo del deslizamiento agrietamientos recientes transversales y longitudinales (fotografías 10 y 11) con aperturas entre 0.10 m a 0.15 m, profundidades de 0.50 m a 0.60 m y longitudes de 1 m a 2 m.



Figura 14. Se muestra corona con línea color amarilla y escarpe principal del deslizamiento antiguo reactivado cubierto por árboles (caídos) y vegetación.



Fotografías 10 y 11. Grietas tensionales de apertura 0.10 m a 0.15 m dispuestas transversal y longitudinalmente a lo largo del deslizamiento.

La Corona de este deslizamiento es colindante con otro deslizamiento reciente que presenta una longitud de escarpe de 40 m aproximadamente de 0.80 m y un área de 555 m². Fotografía 12.



Fotografía 12. Se muestra un escarpe de deslizamiento reciente y material removido que se desplazó en dirección NO.

Por su ubicación los deslizamientos descritos en el sector 2 no representan mayor riesgo para el caserío Majtuy, sin embargo, si no se toman las medidas correctivas necesarias para mitigar su continuo movimiento, la masa inestable podría desencadenar una avalancha de detritos sobre la ladera y/o flujo de lodo o huaico, canalizado bajo un próximo escenario de lluvias intensas, este flujo podría descender al río Condorhuasi que fluye en dirección E-W y afectar al poblado de Tarica.

Durante los meses de máxima precipitación pluvial del año 2013 un deslizamiento-flujo se desplazó por una de las quebradas provenientes de cerro Ututopampa llegando a destruir un puente que permitía a los pobladores cruzar hacia sus viviendas y zonas de cultivo, por lo que estos eventos ocurridos no están exentos de generarse nuevamente y afectar esta zona.

- **Sector 3:** Corresponde a un deslizamiento antiguo tipo rotacional que se originó a 64 m al NE del caserío Majtuy a la margen izquierda de una quebrada con flujo estacional que desemboca al río Condorhuasi, lateral a este deslizamiento se evidencia un socavamiento ocasionado por erosión fluvial. Este deslizamiento es susceptible a reactivarse por acción pluvial y descender al río Condorhuasi representando un riesgo para el centro poblado de Tarica. Figura 15.

En la Ladera del cerro Ututopampa, al NO del Caserío Majtuy, se evidencia procesos de reptación de suelos (figura 16), que podrían afectar al pueblo de Tarica.



Figura 15. Deslizamiento inactivo observado al NE del caserío Majtuy.

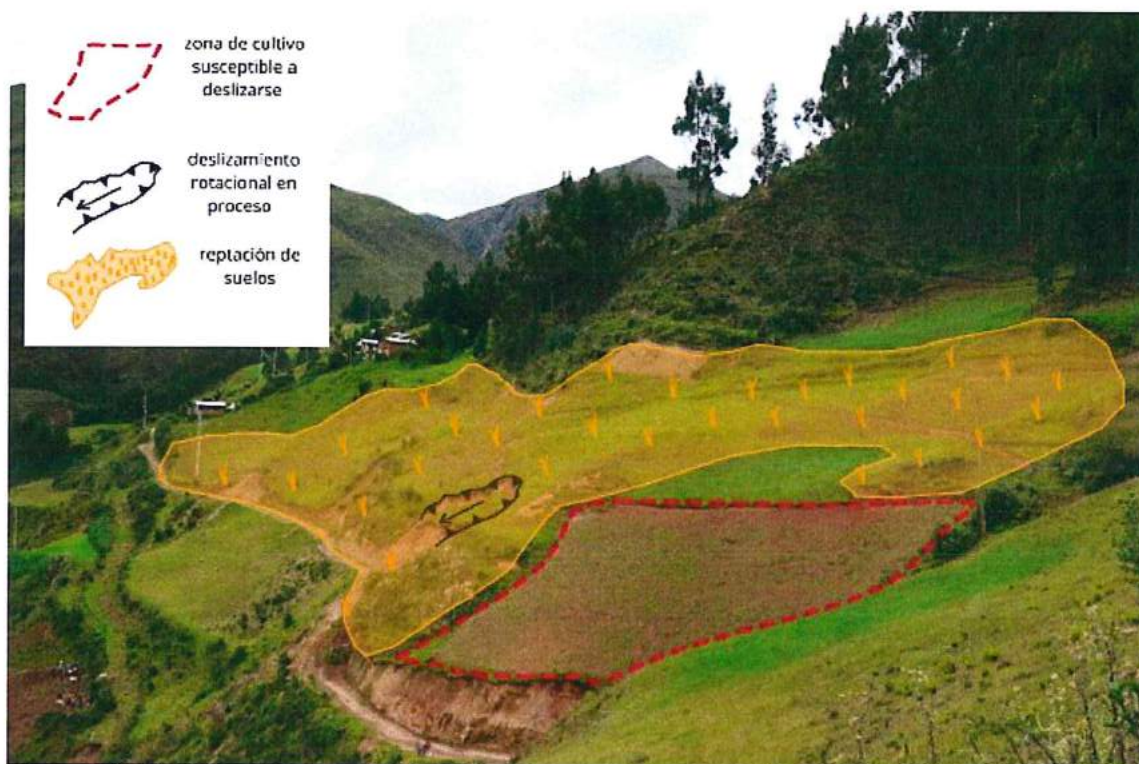


Figura 16. Ladera del cerro Ututopampa al NO del Caserío Majtuy en la que se evidencia reptación de suelos, deslizamientos en proceso y zonas de cultivo susceptible a deslizarse, que podrían afectar al pueblo de Tarica.

- **Sector 4:** Finalmente este sector corresponde a las laderas altas y bajas de los cerros Mamapampa y Ututopampa a pocos metros del poblado de Tarica, en el cual se han identificado deslizamientos antiguos inactivos y deslizamientos en proceso que comprometen dos viviendas que se sitúan en las terrazas aluviales a ambos márgenes

del río Condorhuasi (figura 17), También se presenta en la ladera baja del cerro Mamapampa una zona de **cárcavas** producto de la erosión que se genera por el agua proveniente de tuberías de desagüe. (Figuras 18, 19 y 20).

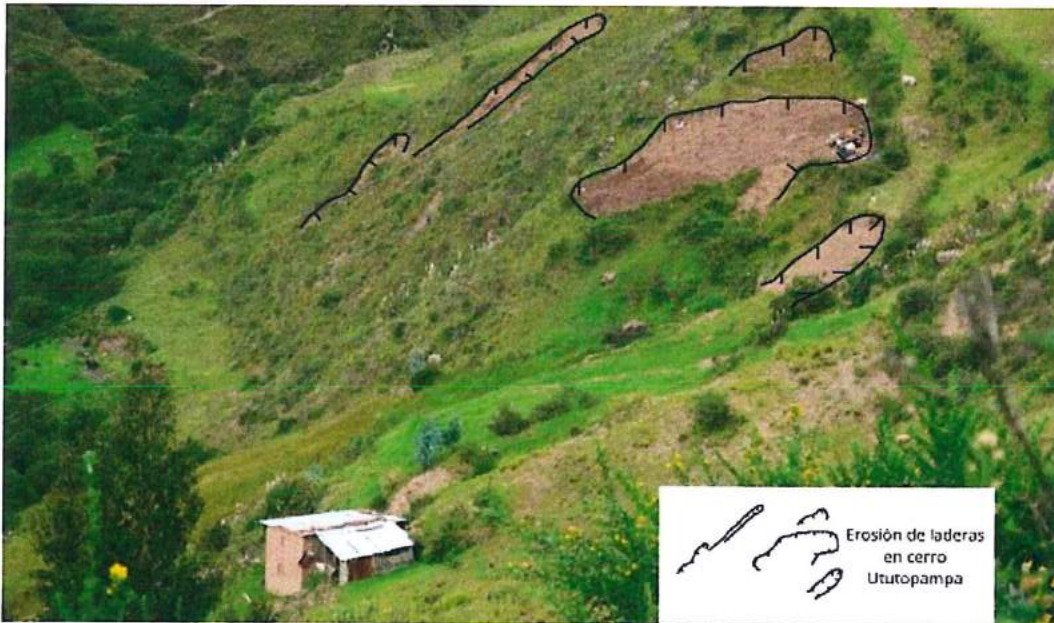


Figura 17: Erosión de laderas en las laderas bajas del cerro Ututopamapa inducidas por actividad antrópica para uso agrícola.

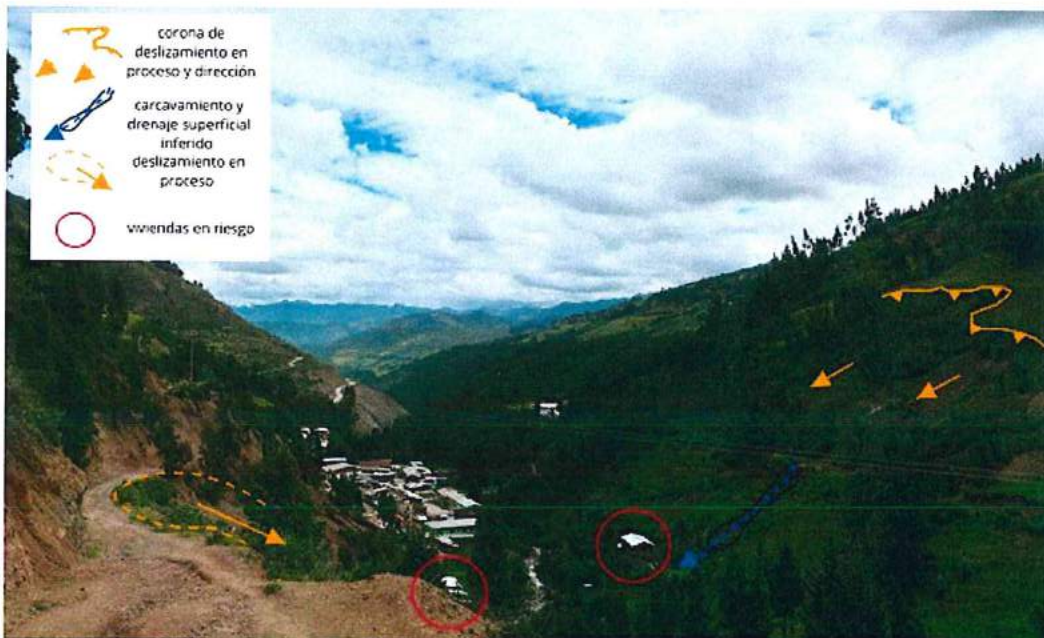


Figura 18. Se muestran los eventos geodinámicos que se presentan en las laderas a ambos márgenes del río Condorhuasi que ponen en riesgo a las viviendas del sector de Tarica.

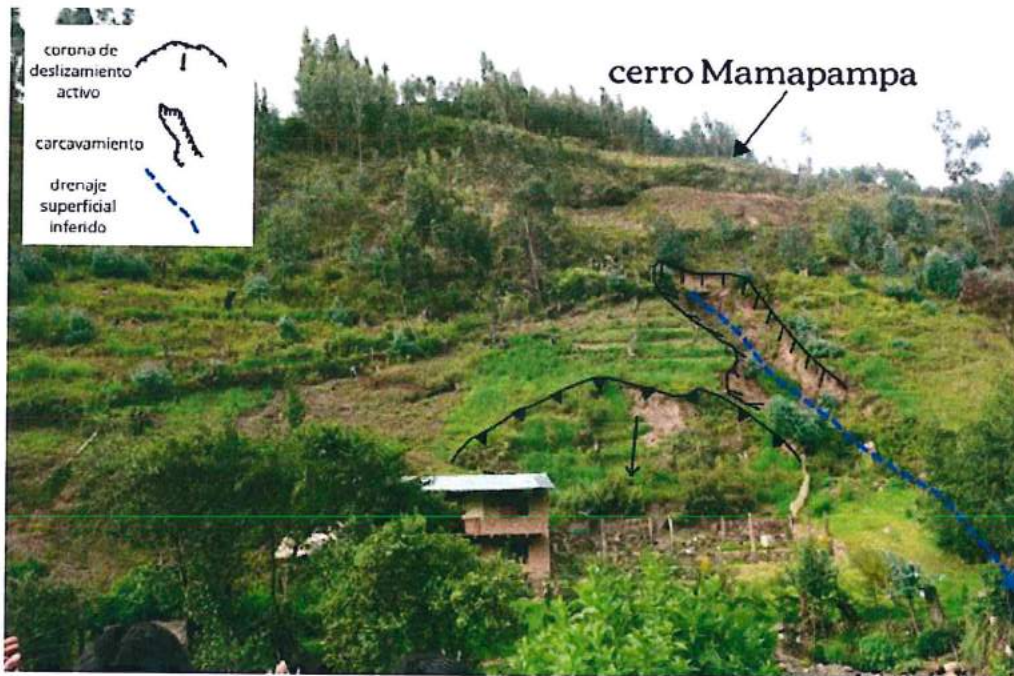


Figura 19. Vista frontal de la ladera que conforma el cerro Mamapampa visualizando una zona de carcavamiento y un pequeño deslizamiento en proceso que compromete a una vivienda situada en una terraza aluvial a la margen izquierda del río Condorhuasi.

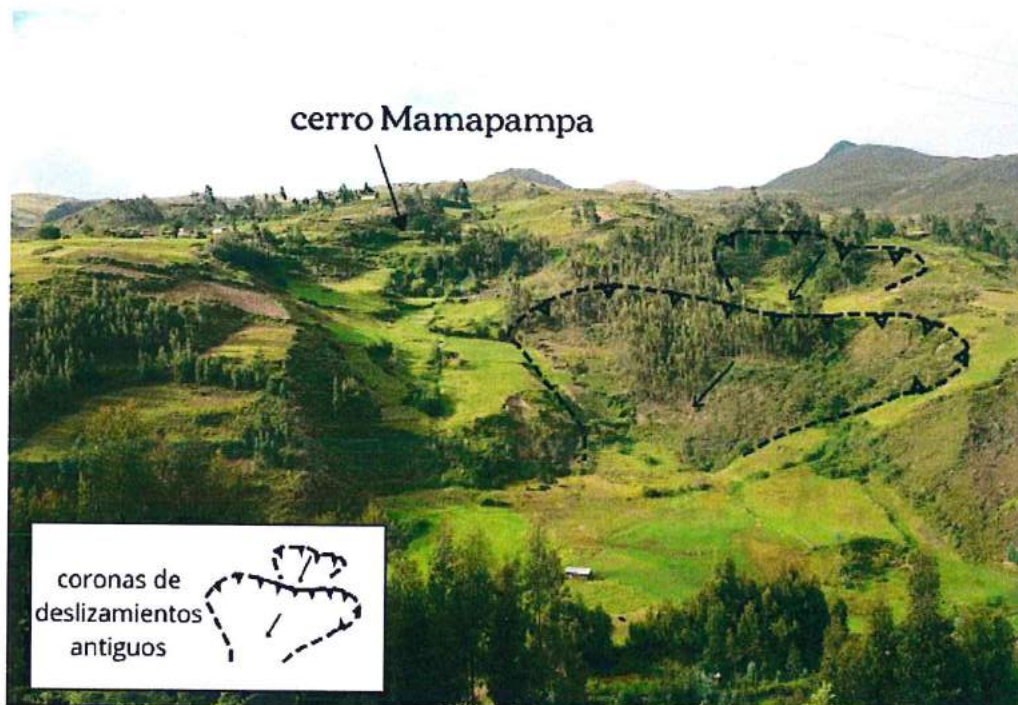


Figura 20. Cerro Mamapampa conformadas por laderas cóncavo-convexas donde se evidencian las escapas y depósitos de deslizamientos antiguos inactivos.

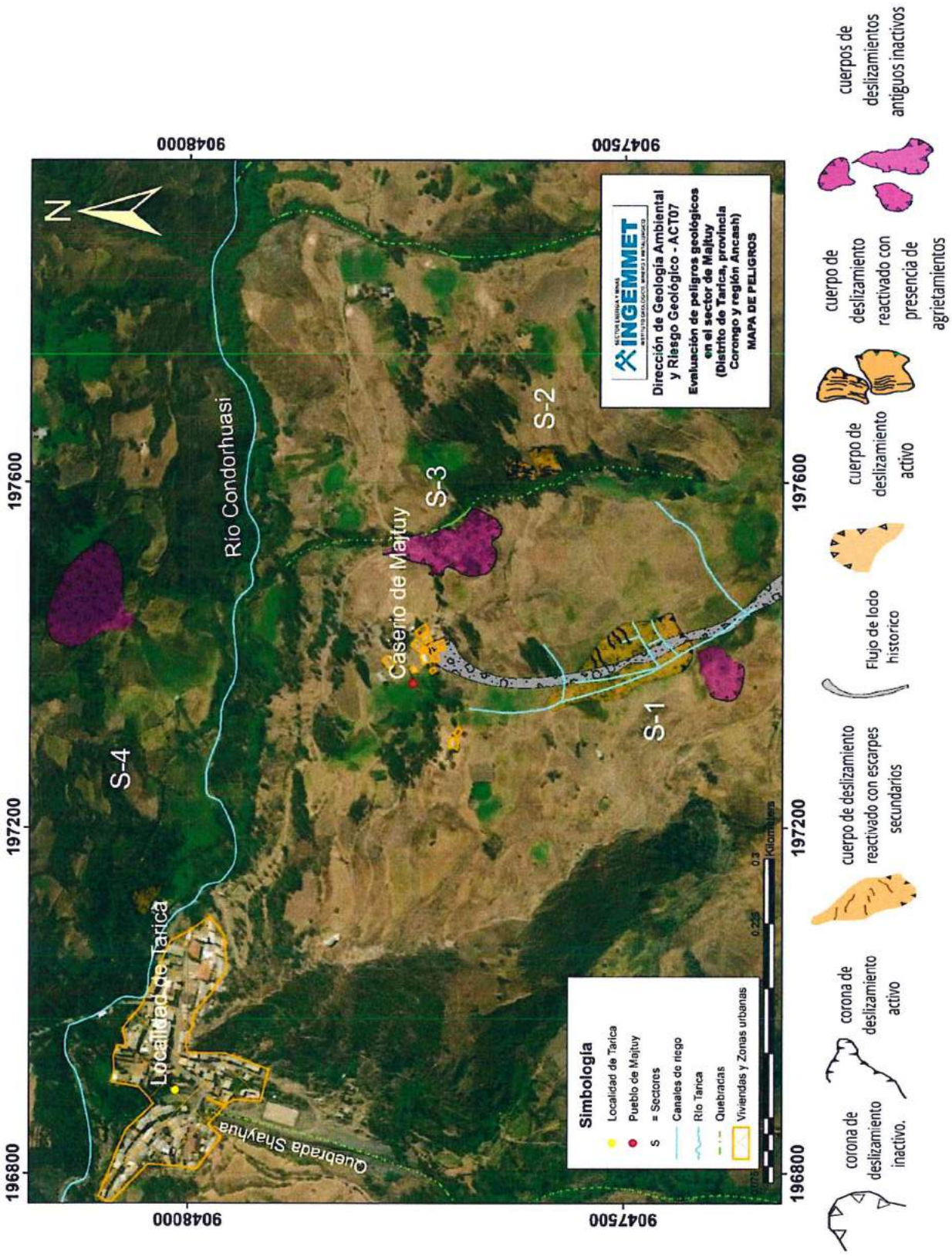


Figura 21. Mapa Geodinámico de la zona de estudio

El caserío Majtuy está conformado por 19 viviendas construidas de material de adobe, las cuales hasta la fecha no han sufrido daños mayores; durante la evaluación se evidenció daños estructurales en una casa, en la cual se observó pequeños desplazamientos horizontales con aperturas de 2 a 3 cm (figura 22). Además, se observó un proceso de erosión hídrica, en dirección al caserío Majtuy.



Figura 22. Pared de vivienda del caserío Majtuy muestra agrietamiento vertical y con flechas amarillas dirección de separación.



Fotografía 13. Se observa erosión hídrica, causada por escorrentía reciente de agua que se desplazó en dirección al caserío Majtuy.

7. FACTORES CONDICIONANTES Y DETONANTES

7.1 Condicionantes

Laderas constituidas por sustrato rocoso muy fracturado, meteorización de moderada a intensa y con un marcado diaclasamiento, (rocas no competentes) que ayudan a reducir la resistencia de cizalla y cohesión del suelo situado encima de las rocas; favoreciendo la ocurrencia de deslizamientos.

El fracturamiento de las rocas y agrietamiento del suelo facilita la penetración de agua generando meteorización y aumento en la presión de poros lo que produce una disminución a la resistencia al corte induciendo a la activación de deslizamientos

Los planos de estratificación de las rocas están dispuestos de forma paralela a la pendiente lo cual incrementa el movimiento de la masa inestable.

Canales de agua para irrigación de pastizales sin revestimiento y presencia de puquiales y quebradas que generan infiltración de agua y saturación del terreno (fotografías 14 y15).

Presencia de suelos arcillosos saturados de agua, lo cual incrementa la densidad o el peso de los materiales del suelo disminuyendo el factor de seguridad de la ladera.

La pendiente del terreno es media, la cual permite una mayor infiltración de agua, que implica una mayor saturación y fallamiento del terreno. A diferencia de aquellos taludes con pendientes altas o verticales, donde la velocidad de escurrimiento es mayor y el volumen de almacenamiento de agua es menor.

Existencia de depósitos de movimientos en masa antiguos que, al alterarse las condiciones de estabilidad, pueden reactivarse.

7.2 Detonantes

Precipitaciones pluviales intensas.



Fotografías 14 y 15. Izquierda: suelos arcillosos saturados de agua. **Derecha:** presencia de canales sin revestimiento que saturan en terreno y desestabilizan la ladera.

CONCLUSIONES

- 1) Geomorfológicamente la zona de estudio corresponde a montañas estructurales en rocas sedimentarias, al pie de estas se evidencia un piedemonte coluvio-deluvial disectado por quebradas afluentes al río Condorhuasi-Tarica, con algunas zonas cóncavo-convexas correspondientes a vertientes de deslizamiento evidenciándose la ocurrencia de movimientos en masa antiguos, siendo estas susceptibles a reactivarse en los meses de máximas precipitaciones pluviales pudiendo generar deslizamientos, huaycos o flujos de lodo, que ponen en riesgo al caserío de Majtuy y partes altas del centro poblado de Tarica. El evento que se generó en el 2013 afectó un puente situado en Tarica, el cual está sobre terrazas aluviales, al igual que el pueblo que lleva el mismo nombre, en los años 2018 y 2019 llegaron a inundar parcialmente al caserío Majtuy sin ocasionar daños graves a sus estructuras.
- 2) Las arcillitas negras y areniscas de la Formación Chicama, que afloran en la zona de Majtuy y Tarica, se encuentran muy fracturadas, con moderada a intensa meteorización y con un marcado diaclasamiento, (roca de mala calidad) lo que representa la condicionante principal para la ocurrencia de deslizamientos.
- 3) Los canales de agua para irrigación de pastizales se encuentran sin revestimiento dispuestos a lo largo del cuerpo del deslizamiento del Sector 1, contribuyeron a la saturación y deformación del terreno.
- 4) El factor detonante para la reactivación de los deslizamientos fueron las intensas lluvias que se generaron en febrero del año 2019, con un acumulado mensual de 198.7 mm el cual estuvo por encima de los valores registrados en los años 2017 y 2018 que corresponden a 133.7 mm y 75.8 mm, de acuerdo a los datos obtenidos por la estación Meteorológica cercana "SIGUAS" del SENAMHI. Ahora bien, si analizamos las lluvias acumuladas para el periodo de diciembre a febrero las lluvias acumuladas alcanzaron 455.8 mm para el periodo 2017-2018 y 493.5 mm para 2018-2019, representando este último periodo un valor mayor en comparación con el periodo 2017-2018.
- 5) Las laderas correspondientes al sector 1 tienen pendientes de bajas a medias, de aproximadamente 20°, es por ello que la velocidad del movimiento de la masa desplazada en esta zona es lenta, sin embargo, por la presencia de quebradas y vertientes adyacentes sumado a la presencia de materiales arcillosos frecuentemente saturados de agua, se pueden generar movimientos rápidos de tipo flujo que podrían descender nuevamente hasta el caserío Majtuy y causar daños mayores. En el sector 2 y 4 la pendiente es más abrupta con pendientes de aproximadamente 45° por lo que la velocidad del deslizamiento sería mayor pudiendo afectar a las viviendas cercanas al cerro del centro poblado Tarica.
- 6) Se presentan varias zonas con reactivaciones de deslizamientos. En el -sector 1 se identificaron secuencias de escarpes secundarios de apariencia fresca, mientras en el deslizamiento reactivado ubicado en el -sector 2 se evidenciaron cantidades significativas de agrietamientos de aperturas entre 10 cm a 15 cm, los cuales ante un nuevo escenario de lluvias intensas pueden continuar deslizándose ladera abajo si es que no se realizan las obras de estabilización y el tratamiento de laderas adecuado. Existen otros movimientos en masa antiguos que pueden ser reactivados.

- 7) Hasta la fecha el caserío Majtuy no presenta daños en las estructuras de sus viviendas, exceptuando una casa con agrietamiento vertical en una pared situada en una zona de pendiente irregular y deformada; posiblemente ocasionada por un mal sistema de desagüe, por lo que la insuficiencia de obras de drenaje superficial y subterráneo, son necesarias para prevenir o controlar los niveles freáticos y escorrentía pluvial en el cerro Ututopamapa representan un riesgo para este Caserío.
- 8) Debido a las condiciones geológicas y actual inestabilidad de las laderas del cerro Ututopamapa y Mamapampa, se les considera zona no apta para expansión urbana.
- 9) El centro poblado de Tarica situado a pocos metros del caserío Majtuy está emplazado sobre terrazas aluviales bajas situadas a ambos márgenes del río Tarica, rodeada por un relieve montañoso con evidencias de deslizamientos antiguos, un deslizamiento reciente y una zona de cárcavas que puede ocasionar daños graves a dos casas situadas debajo de estos deslizamientos. La dinámica fluvial de este río también representa riesgo de inundación para algunos sectores de este centro poblado, ya que no existen obras fluviales como son las defensas ribereñas y obras transversales.
- 10) Dadas las condiciones descritas en el área evaluada, se puede determinar que los cerros Ututopamapa y Mamapampa poseen un alto peligro a presentar movimientos en masa, ante intensas precipitaciones pluviales, así como también el centro poblado de Tarica presenta alta susceptibilidad a inundaciones ante la ocurrencia de lluvias periódicas y excepcionales.

RECOMENDACIONES

Sector 1: deslizamiento reactivado (Se debe implementar un sistema de drenaje superficial):

- 1) Realizar trabajos de forestación en las superficies erosionadas del cerro Ututopamapa con cobertura vegetal (plantación de árboles, arbustos o vegetales) que cubran el suelo en forma permanente a fin de frenar la velocidad de escurrimiento del agua.
- 2) Realizar estudios geotécnicos que permitan calcular la estabilidad de las laderas y así poder determinar el factor de seguridad contra los deslizamientos. Este trabajo deben realizarlo especialistas en el tema.
- 3) Restringir la construcción de viviendas y obras como trochas y caminos en las zonas donde ya existen deslizamientos y las áreas susceptibles a deslizarse.
- 4) Construir zanjas de coronación impermeabilizadas por encima del escarpe del deslizamiento a fin de evitar el paso del agua procedente de las quebradas, puquiales, regadíos y lluvias intensas.
- 5) Implementar canales colectores impermeabilizados tipo "espina de pescado" para evacuar o conducir las aguas fuera del cuerpo del deslizamiento.

- 6) Construir canales rápidos o en gradería que recolecten y conduzcan las aguas recolectadas a sitios seguros.
- 7) Realizar trabajos de impermeabilización o revestimiento de los canales de riego que están presentes en el cuerpo del deslizamiento a fin de detener la infiltración de agua y la continua saturación de agua en el terreno.
- 8) Se debe concientizar a las autoridades competentes y a los habitantes del sector sobre la importancia de mantener un control, vigilancia, mantenimiento y limpieza permanente de las obras de drenaje que se implementen.
- 9) Utilizar método de riego por goteo o presurizado en las zonas de cultivo situadas en las laderas del cerro Ututopampa y en el caserío Majtuy a fin de evitar la saturación de agua en el terreno.

Sector 2: deslizamiento reactivado

- 10) Realizar el relleno y sellado de grietas abiertas localizadas a lo largo del cuerpo del deslizamiento, con arcilla o similares, para evitar la infiltración de agua. Se debe tener en cuenta que las grietas pueden abrirse nuevamente y se requiere mantenimiento por periodos importantes de tiempo. Esta actividad debe realizarse por un especialista.

Sector 3: deslizamiento antiguo

- 11) Evitar malas prácticas agrícolas dentro del cuerpo del deslizamiento y en laderas adyacentes, porque el riego por inundación satura al terreno, esto favorece la desestabilización de la ladera y generaría la reactivación del deslizamiento.
- 12) Realizar un intensivo trabajo de reforestación dentro del cuerpo del deslizamiento para mejorar la cobertura vegetal existente, y de esta forma evitar el impacto de las gotas de lluvia directamente sobre el terreno, evitando la intensa socavación y erosión hídrica.

Sector 4: Tarica

- 13) Encausar el río Tarica- Condorhuasi y realizar trabajos de defensas ribereñas los cuales deben considerar estudios hidrológicos que determinen el caudal máximo, para periodos de retorno de 20, 50 y 100 años.
- 14) Reubicar las dos viviendas del centro Poblado Tarica que se encuentran en las terrazas cercanas al pie de los deslizamientos y a pocos metros del río Tarica, y no permitir la construcción de casas en las riberas de los ríos.



Ing. CÉSAR A. CHACALTANA BUDIÉL
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996, Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36–75.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007). Movimientos en masa en la región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p.
- Wilson J; Reyes L; Garayar J (1995) - Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz, y Huari”, INGEMMET, Boletín N° 60 Serie A.

www.senamhi.gob.pe/. SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ /Estación meteorológica de Siguas.

Zavala, B.; Valderrama, P.; Pari, W.; Luque, G. & Barrantes (2009) - Riesgos geológicos en la región Ancash. INGEMMET, Boletín, Serie C 38: Geodinámica e Ingeniería Geológica,