

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7185

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS (LAHARES) EN LA CONFLUENCIA DE LOS RÍOS TAMBO Y UBINAS

Departamento Moquegua
Provincia Sánchez Cerro
Distrito Matalaque



OCTUBRE
2021

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR FLUJO DE DETRITOS (LAHARES) EN LA CONFLUENCIA DE LOS RÍOS TAMBO Y UBINAS

Distrito de Matalaque, Provincia general Sánchez Cerro, Departamento Moquegua

Elaborado por la Dirección de
Geología Ambiental y Riesgo
Geológico del Ingemmet

Equipo de investigación:

Yhon Hidelver Soncco Calsina

Hammer Ojeda Chulla

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Evaluación de peligros geológicos por flujo de detritos (lahares) en la confluencia de los ríos Tambo y Ubinas, Distrito de Matalaque, Provincia General Sánchez Cerro, Departamento Moquegua: Ingemmet, Informe Técnico N° A7185, 29p

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.2.1. Ubicación	3
1.2.2. Accesibilidad	4
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	4
2.1. Unidades litoestratigráficas	4
2.1.1 Formación Matalaque (Ki-ma)	5
2.1.2 Grupo Barroso (NQ-pu/br)	5
2.1.3 Depósitos aluviales (Qh-al)	6
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	7
3.1. Pendientes del terreno	7
3.2. Unidades Geomorfológicas	7
3.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional	7
3.2.2 Geoformas de carácter depositacional y agradacional	8
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	8
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	8
4.1.1 Flujo de detritos (lahares)	9
4.1.2 Zona de derrumbes	14
4.1.3 Caída de rocas	15
4.1.4 Avalancha de detritos	15
4.1.5 Erosión de laderas en cárcavas	16
4.2. Mapa de peligros volcánicos del volcán Ubinas	17
4.3. Factores condicionantes	18
4.4. Factores desencadenantes	18
5. CONCLUSIONES	19
6. RECOMENDACIONES	20
BIBLIOGRAFÍA	21

RESUMEN

El presente informe es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por flujo de detritos (lahares) en la confluencia de los ríos Tambo y Ubinas en el distrito de Matalaque, en la provincia General Sánchez Cerro, departamento Moquegua. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología en los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

En la confluencia de los ríos Tambo y Ubinas, afloran rocas de la Formación Matalaque conformadas por lavas andesítica alteradas y ocasionalmente en bancos de ignimbritas soldadas, que se encuentran moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas. Así mismo, aflora el Grupo Barroso, conformado por flujos piroclásticos (ignimbritas), con espesores de hasta 80 m, estas se encuentran moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas. Además, se tienen depósitos aluviales conformados por gravas, bloques lávicos de hasta 6 m y fragmentos subredondeados y subangulosos, englobados dentro de una matriz limo arcillosa, depósito poco consolidado, son de fácil erosión.

Las subunidades geomorfológicas identificadas en la zona de estudio corresponden a: montaña en roca volcánica y terraza aluvial, siendo esta última la que presenta mayor susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa.

Los peligros geológicos identificados corresponden a movimientos en masa, principalmente de tipo: flujo de detritos (lahares), también se identificaron derrumbes, caída de rocas y avalancha de detritos; asimismo, se ha observado procesos de erosión de ladera (cárcavas). El sector es principalmente susceptible a ser afectado por flujo de detritos (lahares).

Los factores condicionantes que originan la ocurrencia de peligros geológicos en la zona evaluada son:

- a) La Litología, que presenta rocas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas de la Formación Matalaque y del Grupo Barroso.
- b) Depósitos aluviales poco consolidados, conformados por gravas, bloques lávicos englobados dentro de una matriz limo arcillosa, los cuales son de fácil erosión.
- c) Pendiente de los terrenos, en la confluencia de los ríos Tambo y Ubinas, las laderas en ambos márgenes, presentan pendiente muy fuerte (25°-45°) a escarpados (> 45°), que facilita el desplazamiento de materiales sueltos hacia ladera abajo. En la parte media de las laderas, se aprecian acantilados formados por lavas volcánicas e ignimbritas, zona inestable, desde donde podrían desprenderse bloques.

Se concluye que la zona de confluencia de los ríos Tambo y Ubinas se considera como **Zona crítica** y de **Peligro Alto**, ante la ocurrencia de flujos de detritos (lahares) en temporada de lluvias intensas y/o prolongadas. Además, en el sector se pueden generar, derrumbes y caída de rocas.

Para evitar la ocurrencia de nuevos derrumbes en los terrenos de cultivo de Huarina, se recomienda evitar infiltraciones de agua en el suelo, a través de cambio de técnicas de riego con asesoramiento de las entidades correspondientes. Además, realizar limpieza del cauce de los ríos; construir defensas ribereñas a lo largo de la zona agrícola de Huarina, así como, en las zonas de desprendimientos de rocas: "peinar" el talud e implementar pernos de anclaje.

1. INTRODUCCIÓN

El Ingemmet, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT11)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Matalaque. Según el Oficio N°10-2021-MDM/A; es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en el centro poblado menor de Arcata.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designó a los ingenieros Yhon Soncco Calsina y Hammer Ojeda Chulla para realizar la evaluación de peligros geológicos que afectan a los terrenos agrícolas en la confluencia de los ríos Tambo y Ubinas en el distrito de Matalaque. Los trabajos de campo se realizaron los días 10 y 11 de junio del 2021.

La evaluación técnica, se basó en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías terrestres y aéreas), la cartografía geológica y geodinámica, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Matalaque y las entidades encargadas en la gestión del riesgo de desastres, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los peligros geológicos por flujo de detritos (lahares) que se presentan en la confluencia de los ríos Tambo y Ubinas y áreas aledañas; eventos que pueden comprometer la seguridad física de la población, terrenos agrícolas y vías de comunicación.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Emitir las recomendaciones generales para la reducción o mitigación de los daños.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

- Marocco, R. & Del Pino, M. (1966). Geología del cuadrángulo de Ichuña. Comisión Carta Geológica Nacional, Boletín 14, 57 p. Se describe la Formación Matalaque, como una secuencia de lavas andesítica alteradas, ocasionalmente en bancos de ignimbritas, además del Grupo Barroso, que litológicamente está compuesto por flujos piroclásticos (ignimbritas) de color beige.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Lahares emplazados en el valle de Ubinas en febrero del 2016: geología, impacto, modelamiento y evaluación de peligros, Provincia General Sánchez Cerro, Región Moquegua: Ingemmet, Informe Técnico N° A6745. 19p. Se describen los lahares secundarios del volcán Ubinas, cuyos depósitos llegaron hasta la confluencia de los ríos Ubinas y Tambo, donde el depósito de los lahares generó un

dique natural, que embalsó las aguas de los ríos Tambo, y luego de la ruptura de este, afectó los terrenos agrícolas del anexo de Huarina.

- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Evaluación de peligros geológicos que afectaron al centro poblado de Huarina, distrito de Matalaque, Provincia General Sánchez Cerro, Región Moquegua: Ingemmet, Informe Técnico N° A6785. 45 p. En el estudio concluyen que el sector de Huarina es una zona crítica por lahares, de presentarse lluvias intensas, podría generar flujos de lodo o lahares. Estos eventos podrían nuevamente represar al río Tambo, poniendo en peligro inminente a la población de Huarina, infraestructura y terrenos de cultivo.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Evaluación de peligros geológicos en los sectores de Huarina y Candahua, distrito de Matalaque, Provincia general Sánchez Cerro, Región Moquegua: Ingemmet, Informe Técnico N° A6975. 45p. En el estudio realizaron estudios de lahares, simulación de lahares en las quebradas que descienden desde las partes altas de Huarina y Candahua. Ambos sectores fueron considerados como zonas críticas de peligro inminente ante la ocurrencia de lluvias intensas.

1.2.1. Ubicación

El área evaluada está ubicada en el distrito de Matalaque, provincia General Sánchez Cerro, región Moquegua (figura 1), dentro de las coordenadas siguientes:

Cuadro 1. Coordenadas del sector evaluado en la confluencia de los ríos Tambo y Ubinas.

N°	UTM - WGS84 - Zona 19S		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	306936.99 m E	8181180.41 m S	16°26'35.40"S	70°48'29.72"O
2	305954.44 m E	8181170.47 m S	16°26'35.44"S	70°49'2.84"O
3	305940.20 m E	8182180.47 m S	16°26'2.58"S	70°49'3.01"O
4	306925.18 m E	8182203.12 m S	16°26'2.13"S	70°48'29.81"O
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
Zona evaluada	306433.93 m E	8181631.52 m S	16°26'20.58"S	70°48'46.54"O

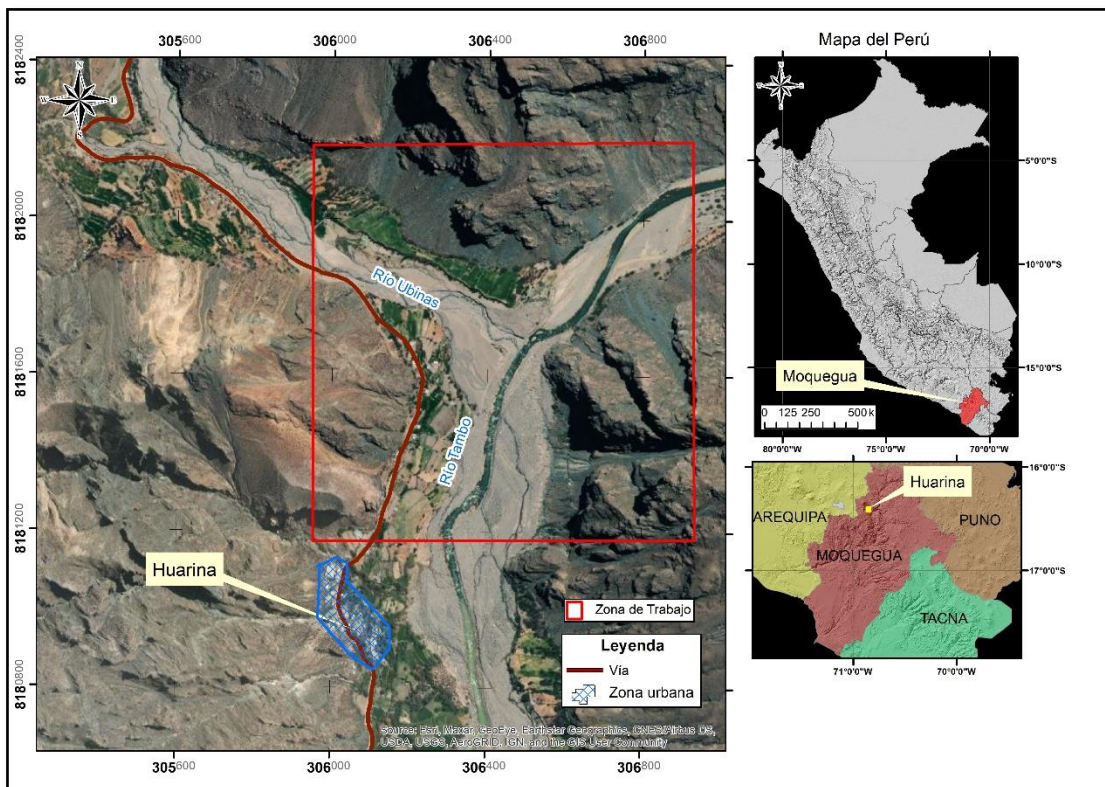


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio

1.2.2. Accesibilidad

El acceso al distrito de Matalaque, se realizó por vía terrestre, desde la ciudad de Arequipa (OVI-Ingemmet), mediante la siguiente ruta:

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada.

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Arequipa – Ubinas (Moquegua)	Asfaltada	120	3 h 25 min
Ubinas – Matalaque	Asfaltada	20	45 min

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Para el análisis geológico de la zona de estudio se toma como referencia el mapa geológico del cuadrángulo de Ichuña (33-u), elaborado por Morocco & Pino (1998).

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas más antiguas que afloran en el área de estudio corresponden a las secuencias volcánicas del Cretáceo temprano de la Formación Matalaque (Ki-ma) y Grupo Barroso (NQ-pu/br) del Mioceno tardío al Pleistoceno. Los depósitos más recientes corresponden a depósitos aluviales (Qh-al) (anexo 1 - mapa 1).

2.1.1 Formación Matalaque (Ki-ma)

Esta unidad aflora en la parte alta de Huarina y en la intersección de los ríos Ubinas y Tambo (figura 2). Está constituida por una secuencia de lavas andesítica alteradas, moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas, ocasionalmente en bancos de ignimbritas soldadas. El conjunto litológico presenta coloraciones verdes grisáceo, gris oscuro y violeta (producto de alteración y/o meteorización). Sobre esta unidad se vienen presentando procesos de caída de rocas.



Figura 2. Afloramiento de la Formación Matalaque (coordenadas UTM E: 792685, N: 8335369).

2.1.2 Grupo Barroso (NQ-pu/br)

Del Mioceno superior al Pleistoceno (Thouret *et al.*, 2006) corresponde a una secuencia de rocas volcánicas anteriores a la última glaciación (Pleistoceno tardío) emplazadas a través de estratovolcanes, calderas y domos localizados en el sur del Perú. Estas afloran en forma puntual al NO del centro poblado de Huarina.

Litológicamente, está compuesto por flujos piroclásticos (ignimbritas) de color beige, con espesores que varían de 70 a 80 m. Estas rocas provienen de conos volcánicos antiguos y erosionados (figura 3). Estos depósitos son susceptibles a generar caídas de rocas y derrumbes, debido a que se encuentra moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas.



Figura 3. Afloramiento de la Grupo Barroso (coordenadas UTM E: 792372, N: 8334789).

2.1.3 Depósitos aluviales (Qh-al)

A lo largo del valle de Tambo se distinguen más de cuatro niveles de terrazas aluviales que descansan a ambas márgenes del río Tambo (figura 4). En dicha zona las terrazas aluviales tienen una potencia de 5 a 20 m. Litológicamente, están conformados por una gran variedad de gravas, bloques lávicos de hasta 6 m y fragmentos subredondeados y subangulosos, englobados dentro de una matriz limo arcillosa, depósito poco consolidado.

Debido a la acción fluvial y socavamiento del agua se desarrollan derrumbes en inmediaciones del centro poblado de Huarina, se presentan depósitos de huaicos/lahares, de tal modo que podría generarse nuevos eventos similares, que afectarían zonas agrícolas en el sector; por lo tanto, presenta una probabilidad alta de ocurrencia de peligros geológicos por flujo de detritos (lahares).



Figura 4. Terrazas de depósitos aluviales

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

Las pendientes de los terrenos en la confluencia de los ríos Tambo y Ubinas varía desde llanos a inclinados suavemente en las terrazas aluviales (1° - 5°), en zona media de las laderas se tiene un cambio abrupto a terrenos escarpados ($> 45^{\circ}$), en la parte alta es muy fuerte (25° - 45°) (figuras 5). Se elaboró un mapa de pendientes en base al modelo de elevación digital (DEM), de 12.5 m, tomado del portal EARTH-DATA - Alaska Satellite Facility Distributed (ASF DAAC) de la NASA (revisar anexo 1 - mapa 2).

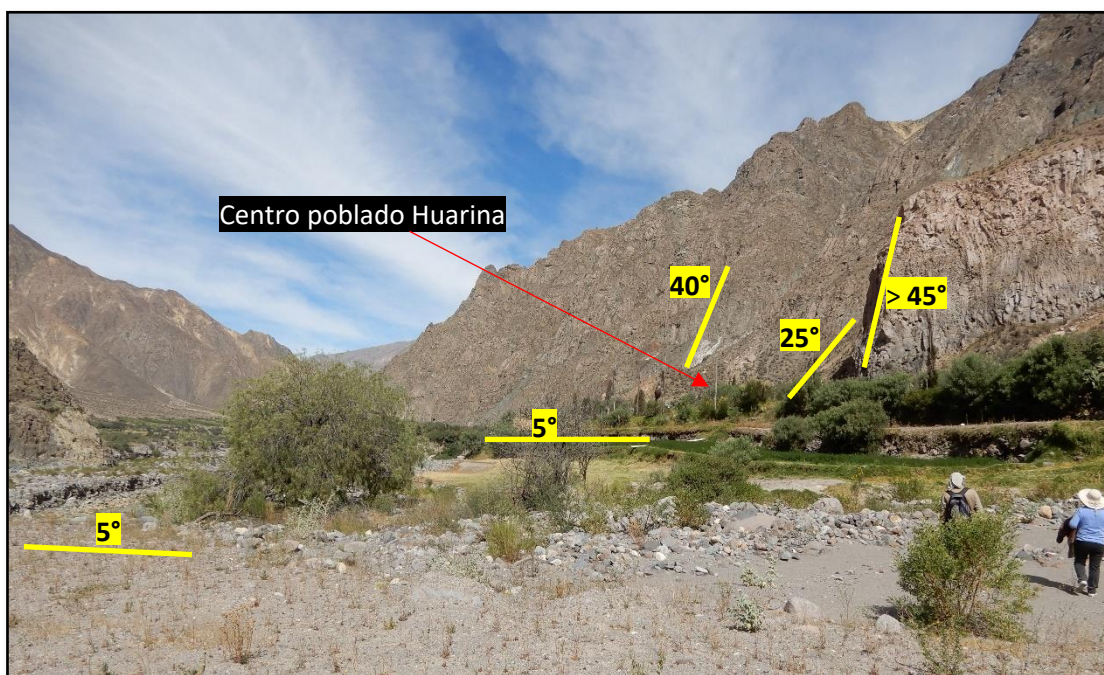


Figura 5. El texto con color amarillo muestra las distintas pendientes en la confluencia de los ríos Tambo y Ubinas (coordenadas UTM E: 792364, N: 8335193)

3.2. Unidades Geomorfológicas

Para la clasificación y caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector, se ha empleado la propuesta de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en los estudios del Ingemmet; cuyas concepciones se basan en considerar el efecto de los procesos morfodinámicos siguientes:

- Geoformas de carácter tectónico degradacional o denudativos
- Geoformas de carácter agradacionales o depositacionales

La evolución del relieve en la confluencia de los ríos Tambo y Ubinas, se presenta en el mapa geomorfológico (anexo 1 - mapa 3).

En la zona de estudio se han formado dos geoformas o subunidades, como son: montaña en roca volcánica (RM-rv) y terraza aluvial (T-al)

3.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o

total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes, Villota, (2005). Así en el área evaluada se tienen las siguientes unidades y subunidades:

3.2.1.1 Unidad de montaña

Esta unidad está conformada por relieves agrestes, se caracteriza por su elevada altitud y por las altas pendientes de sus laderas.

Subunidad de montaña en roca volcánica (RM-rv): Esta unidad geomorfológica posee un relieve agreste, con pendientes de hasta 70° (anexo 1 - mapa 3), se presenta formando las altas cumbres en la zona de estudio. Litológicamente está compuesto de rocas volcánicas de la Formación Matalaque. Esta unidad es susceptible a generar caídas de rocas y erosiones de laderas.

3.2.2 Geoformas de carácter depositacional y agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosiónales que afectan las geoformas anteriores; se tienen las siguientes unidades y subunidades:

3.2.2.1 Unidad de Planicies

La zona de estudio se encuentra ubicada al fondo del valle del río Tambo, en una planicie poco inclinada, con relieve llano y con una pendiente de hasta 10°.

Subunidad de terraza aluvial (T-al): Esta unidad geomorfológica posee un relieve plano, con pendiente suave entre 5-10° (anexo 1 - mapa 3). Litológicamente está compuesto de gravas y arenas, básicamente depósitos aluviales. Sobre las terrazas aluviales se ubica el área agrícola del centro poblado de Huarina.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en el área evaluada corresponden a movimientos en masa de tipo, flujo de detritos (lahares), caída de rocas, avalancha de detritos, y derrumbe. Estos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, ocasionados por la incisión sufrida en los valles de la Cordillera de los Andes por procesos de incisión de los ríos, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos. Estos movimientos en masa tienen como causas o condicionantes factores intrínsecos, como son la geometría del terreno, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelos, el drenaje superficial y la cobertura vegetal. Como factores “detonantes” se tiene a las lluvias periódicas y extraordinarias que caen en la zona; así como, la actividad sísmica. En el área evaluada también se identificaron procesos de erosión de ladera de tipo cárcavas.

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica),

actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007).

En la confluencia de los ríos Tambo y Ubinas, se identificaron movimientos en masa plasmados en el mapa de cartografía de peligros geológicos (anexo 1 - mapa 4).

4.1.1 Flujo de detritos (lahares).

Los flujos de lodo o lahares son mezclas de fragmentos de rocas volcánicas, de diversos tamaños movilizados por el agua que fluyen rápidamente por las quebradas y valles que surcan un volcán, a velocidades que varían de 40 a 100 km/h. Se generan en períodos de erupción o de tranquilidad volcánica. El agua puede provenir de fuertes lluvias, fusión de hielo o nieve. Estos flujos eventualmente pueden salir de los cauces. El área afectada depende del volumen de agua y de materiales disponibles, así como de la pendiente y topografía. Normalmente destruyen todo lo que encuentran a su paso y pueden alcanzar grandes distancias (>200 km), Tilling, 1993.

La confluencia de los ríos Tambo y Ubinas es una zona geodinámicamente activa, está ubicado aproximadamente a 14 km al sureste del volcán Ubinas (figura 6).



Figura 6. Confluencia de los ríos Tambo y Ubinas

El río Ubinas se forma por la confluencia de los ríos Para y Volcanmayo. Para luego unirse al río Tambo formando un amplio abanico aluvial, este sector es denominado la zona de depositación de Lahares. En base al diagrama de Bateman et al., (2006), (figura 7).

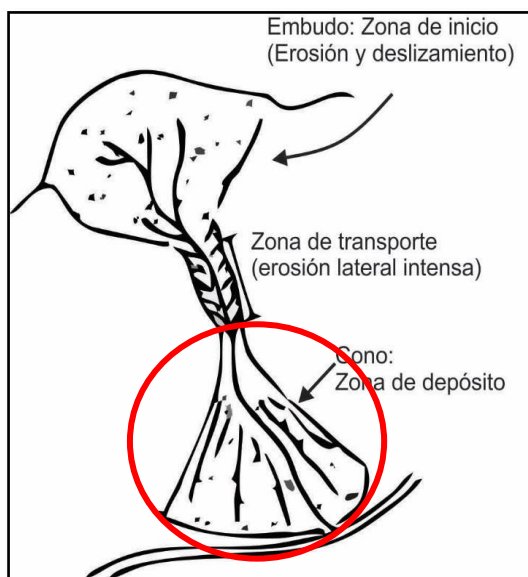


Figura 7. Esquema de generación de un flujo (Modificado de: Bateman et al., 2006)

En la confluencia de río Ubinas con el río Tambo, se han encontrado cuatro niveles de depósitos de lahares, la diferenciación fue realizada por la posición estratigráfica, los lahares encontrados poseen hasta 4 metros de potencia. Las características y los componentes de los depósitos son similares (figura 8).

Los depósitos son masivos y ligeramente compactados. Están conformados por 60 a 70 % de material fino y 30 a 40% de bloques. Los bloques que predominan tienen un diámetro comprendido entre 20 y 50 cm y representan más del >50% de bloques. Los bloques más grandes tienen diámetro de 4 a 5 m y representan menos del 20%. Los bloques poseen litología heterogénea, conformado por lavas andesíticas, bloques de domo, pómez fragmentos, hidrotermalizados y también se encontraron fragmentos de rocas del sustrato sedimentario, principalmente cuarcita y arenisca. Todo lo mencionado se encuentra dentro de una matriz areno-limosa.



Figura 8. Depósitos de flujos de detritos (lahares) en el río Ubinas (coordenadas UTM E: 792866, N: 8335313).

Los lahares suelen depositarse en zonas de pendiente llano, donde se ubican los terrenos agrícolas del anexo Huarina (figura 9).

El último gran evento de flujo de detritos (lahares) en el río Ubinas, ocurrió en los años 2016-2017, cuyos depósitos se preservan al tope de la secuencia de la figura 7. Estos lahares afectaron aproximadamente 22 hectáreas de terrenos de cultivos entre los anexos de San Miguel (Ubinas) y Huarina (Matalaque), información tomada del Informe técnico A6975 del Ingemmet.

El socavamiento por los lahares del fondo del río y las terrazas en ambas márgenes del río Ubinas incrementan el volumen del flujo y pueden llegar a represa al río Tambo, como lo ocurrido en el 2016 (figura 10).

El desembalse del dique natural ocasionó daños y pérdidas en terrenos de cultivo ubicados sobre las terrazas en las márgenes del río Tambo, además de infraestructura como puentes y tuberías en el cauce del río Tambo (figura 10).

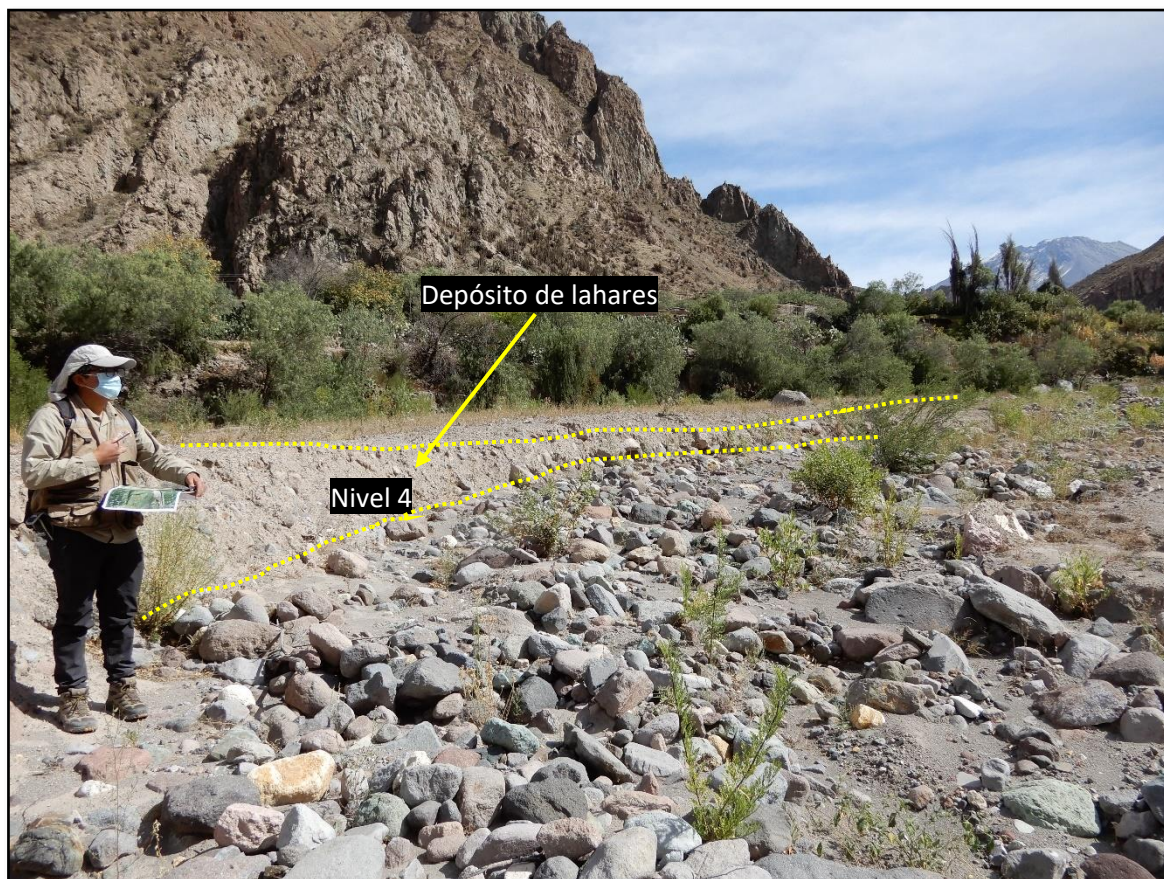


Figura 9. Depósitos de flujos de detritos (lahares) recientes del volcán Ubinas. (coordenadas UTM E: 792866, N: 8335313).



Figura 10. Puente peatonal de 50 m de largo destruido durante el desembalse de la laguna formada en el río Tambo el día 13 de febrero 2016. Tomado del informe técnico A6745, (coordenadas UTM E: 792762, N: 8335346).

En el 2017, la parte alta del río Ubinas se cartografió los depósitos de lahares ocurridos en febrero del 2016, los cuales fueron mostrados en el Informe técnico A6745 (figura 11). A partir de los informes técnicos del Ingemmet se realiza un resumen de áreas de los terrenos agrícolas afectados por los lahares en el río Ubinas.

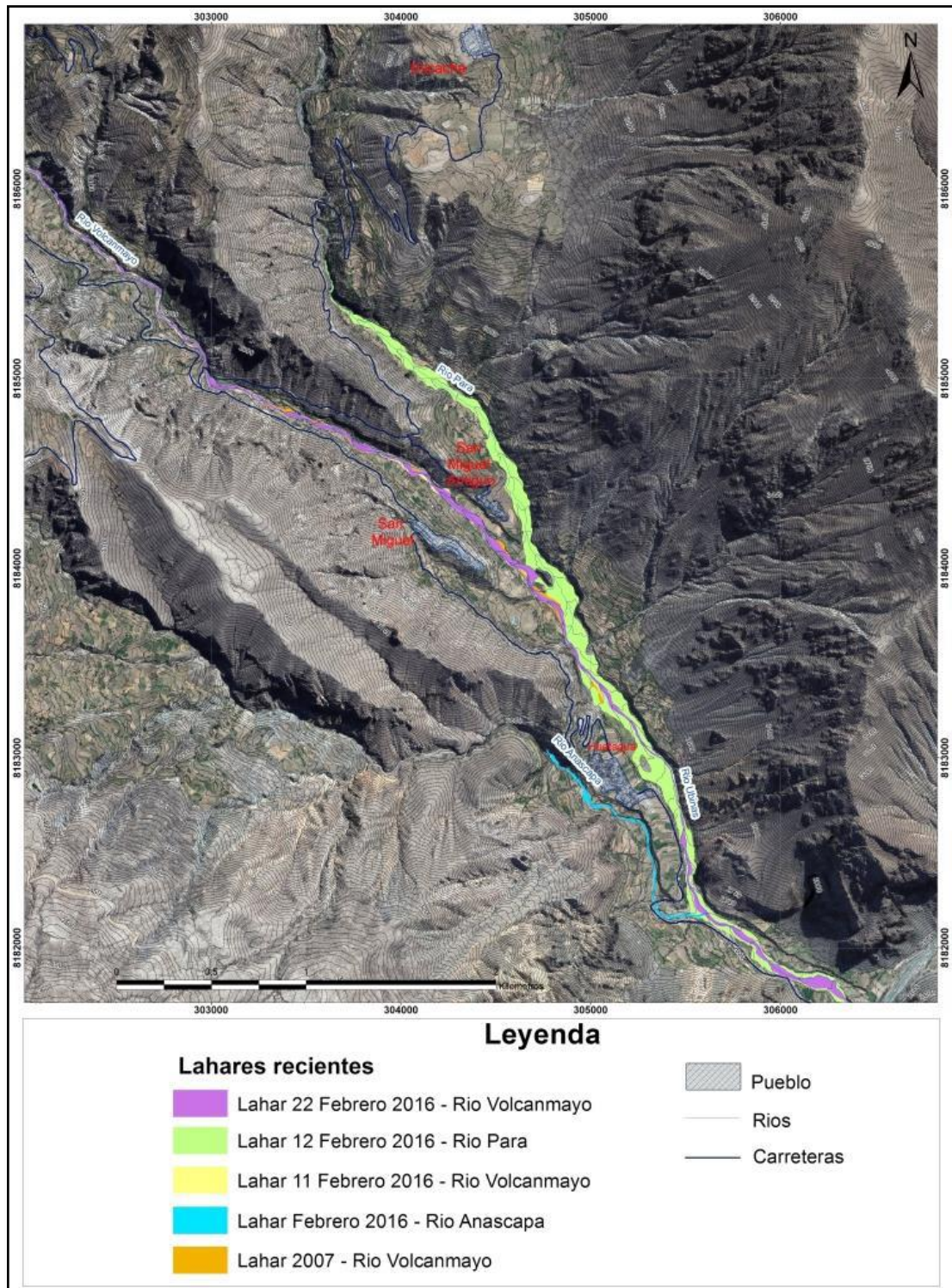


Figura 11. Distribución de los depósitos de lahar emplazados en los ríos del valle de Ubinas en febrero del 2016. Tomado del informe técnico A6745

Cuadro 3. Resumen de los últimos flujos de detritos (lahares) emplazados en el río Ubinas

AÑO DE OCURRENCIA DE LAHARES/SECTOR	TERRENOS DE CULTIVO AFECTADOS
2016 Río Volcanmayo (Informe técnico A6745)	Afectaron más de 0.9 hectáreas

2016 Río Para (Informe técnico A6745)	Afectaron más de 14.4 hectáreas
2016 Río Anascapa (Informe técnico A6745)	Afectaron más de 0.25 hectáreas
2016-2017 Confluencia de los ríos Tambo y Ubinas (Informe técnico A6975)	Afectaron más de 22 hectáreas
2018-2019 Confluencia de los ríos Tambo y Ubinas (Informe técnico A6975)	Afectaron más de 10 hectáreas

4.1.2 Zona de derrumbes

Los derrumbes se presentan a lo largo de los ríos Ubinas y Tambo. En el anexo Huarina, en la margen derecha del río Tambo afloran secuencias de depósitos aluviales conformados por gravas, arenas y limos, además de depósitos de areniscas no litificadas.

La zona agrícola del anexo de Huarina, se ubica sobre terrazas aluviales que poseen hasta 8 metros de potencia, en ellas se presentan niveles de gravas y arenas las cuales dejan infiltrar las aguas, mientras que los niveles de areniscas no litificadas las retienen y hacen que surja en los cortes (figura 12).

Las aguas provienen del sistema de riego por gravedad aplicado en terrenos de cultivo de Huarina, las aguas son directamente vertidas sobre la superficie.

Los derrumbes también se dan por socavamiento como producto de la erosión fluvial, dejando sin soporte la base de las terrazas.



Figura 12. Zona de derrumbes. (coordenadas UTM E: 792489., N: 8335672).

4.1.3 Caída de rocas

La caída de rocas se viene presentado en acantilados conformados por lavas e ignimbritas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas, con bloques colgados y expuestos. Por la zona cruza un canal de agua del anexo de Huarina, también cruza la vía principal que une los distritos Ubinas y Matalaque.

Los bloques colgados podrían caer, si se les quita el soporte que actualmente tienen (figura 13).



Figura 13. Se aprecian las zonas de desprendimiento de rocas, en la parte alta de la vía principal que une a los distritos de Matalaque y Ubinas, se ubica en la siguiente coordenada UTM: (E: 792616., N: 8335389; b)

4.1.4 Avalancha de detritos

En la zona de estudio, los procesos de movimientos en masa de tipo avalancha de detritos, se desarrollaron en laderas ubicadas en los márgenes de los ríos Ubinas y Tambo (anexo 1 - mapa 4). Este tipo de procesos aporta material suelto removible en el cauce de las quebradas por efectos de la lluvia y escorrentía.

En la margen izquierda del río Tambo, a la altura del anexo de Huarina, se aprecian avalanchas de detritos que vienen afectando tuberías de agua que conducen agua a los terrenos agrícolas de Huarina (figura 14).



Figura 14. Avalancha de detritos en la margen izquierda del río Tambo, se ubica en la siguiente coordenada UTM: (E: 792616., N: 8335389; b)

4.1.5 Erosión de laderas en cárcavas

Los procesos de erosión de ladera de tipo cárcavas en la confluencia de los ríos Ubinas y Tambo, se presentan en las laderas compuestas por depósitos coluviales de antiguas ocurrencias de movimientos en masa. Las cárcavas poseen hasta 5 metros de ancho y entre 3 a 4 metros de profundidad (figura 15).



Figura 15. Procesos de erosión de ladera en cárcavas en la margen izquierda del río tambo. (coordenadas UTM E: 792808, N: 8335613).

4.2. Mapa de peligros volcánicos del volcán Ubinas

En el mapa de peligros del volcán Ubinas Rivera et al., (2011), el área evaluada se encuentra en la zona de alto peligro (polígono de color rojo), (figura 16), la zona fue afectada por los lahares emplazados el año 2016 y 2017.

También puede ser severamente afectada por flujos piroclásticos, proyectiles balísticos, colapso del flanco sur del volcán y flujos de lava. Cualquier tipo de erupción puede afectar dicha área, inclusive las de baja magnitud, como las ocurridas desde el año de 1550 hasta 1969 (IEV 1-3). En las zonas mediales y distales del volcán Ubinas, como el sector de Huarina (11 km del volcán) que sería afectada por flujos de lodo (lahares).

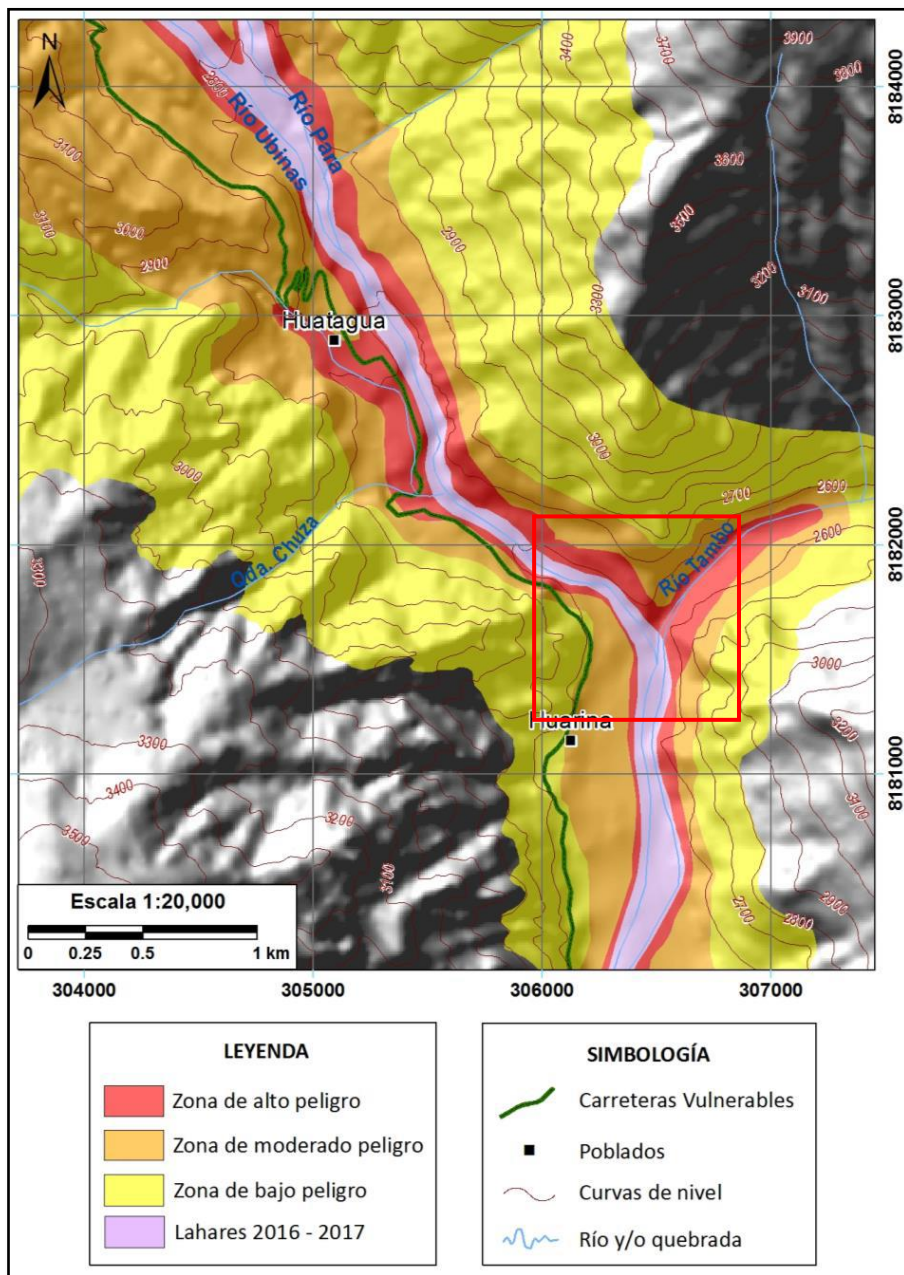


Figura 16. Modificado del mapa de peligros del volcán Ubinas Rivera et al., (2011). Muestra los lahares emplazados el año 2016 y 2017.

4.3. Factores condicionantes

- Rocas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas de la Formación Matalaque, conformada por lavas andesítica alteradas y ocasionalmente en bancos de ignimbritas soldadas; rocas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas de la Grupo Barroso, conformada por flujos piroclásticos (ignimbritas) de color beige, con espesores que varían de 70 a 80 m y la presencia de depósitos aluviales conformados por gravas, bloques lávicos de hasta 6 m y fragmentos subredondeados y subangulosos, englobados dentro de una matriz limo arcillosa, depósito poco consolidado.
- La pendiente de los terrenos en la confluencia de los ríos Tambo y Ubinas, el cual varía desde llano a inclinado suavemente (1° - 5°) al pie de las laderas, en los abanicos aluviales, formados por los depósitos de los flujos; en la parte media de la ladera en ambos márgenes de los ríos se presenta un cambio de pendiente a muy fuerte (25° - 45°) y pendientes escarpados ($> 45^{\circ}$) en acantilados formados por lavas volcánicas e ignimbritas.

4.4. Factores desencadenantes

- Lluvias intensas prolongadas o extraordinarias (según el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, el período de lluvia en la sierra de Perú se da en los entre los meses de diciembre a abril), las aguas saturan los terrenos, aumentando el peso del material y las fuerzas tendentes al desplazamiento, los flujos de detritos también son generados por lluvias intensas.
- Presencias de sismos en la zona andina debido a la presencia de importantes sistemas de fallas, la caída de rocas son efectos secundarios que se presentan en la ocurrencia de sismos de gran magnitud

5. CONCLUSIONES

1. En el sector evaluado, afloran la Formación Matalaque, el cual presenta lavas andesíticas alteradas y la Grupo Barroso, conformada por flujos piroclásticos (ignimbritas), con espesores de hasta 80 m, ambas unidades se encuentran moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas. También afloran depósitos aluviales no consolidados, conformados por gravas, bloques lávicos y fragmentos subredondeados y subangulosos, englobados dentro de una matriz limo arcillosa, es de fácil erosión.
2. Los peligros geológicos por movimientos en masa identificados en el área evaluada comprenden: **flujo de detritos (lahares), derrumbes, caída de rocas y avalancha de detritos**, asimismo, se han observado procesos de **erosión de ladera y erosión fluvial**.
3. Los peligros geológicos están condicionados por:
 - a) Rocas moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas de la Formación Matalaque y de la Grupo Barroso
 - b) Depósitos aluviales poco consolidado, son de fácil erosión
 - c) Pendientes de los terrenos, muy fuerte (25°-45°) y escarpados (> 45°) en acantilados (formados por lavas volcánicas e ignimbritas) donde se genera material suelto.
4. Los terrenos de cultivos del anexo de Huarina, se ubican sobre depósitos de flujos de detritos (lahares) antiguos, son de fácil erosión.
5. Se concluye que la zona de confluencia de los ríos Tambo y Ubinas es considerada zona crítica y de **Peligro Alto**, ante la ocurrencia de flujos de detritos (lahares), en temporada de lluvias. Además, en el sector se pueden generar, caída de rocas, derrumbes y avalanchas de detritos.

6. RECOMENDACIONES

1. Para evitar que las laderas se inestabilicen, hacer cambios en la técnica de regadío de los terrenos de cultivo de Huarina, con la finalidad de no saturar los terrenos, estos cambios deben tener un asesoramiento de las entidades competentes.
2. Realizar limpieza del cauce de los ríos y construir defensas ribereñas a lo largo de la zona agrícola de Huarina.
3. Sensibilizar a la población a través de talleres y charlas con el objetivo de concientizar en gestión de riesgos para evitar construcción de viviendas o infraestructura en áreas susceptibles a la ocurrencia de movimientos en masa.
4. En la zona de desprendimientos de rocas que puedan afectar viviendas y/o obras de infraestructura, realizar el "peinado" o "limpieza" del talud, construir muros de contención de bloques rocosos y/o asegurar el talud con pernos de anclaje. Principalmente en la vía principal que un el anexo de Huarina con el distrito de Ubinas. Esta técnica debe ser ejecutada por especialistas en este tipo de labores.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act. 11



Ing. LIONEL V. FIDEL SMOLL
Director
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET

BIBLIOGRAFÍA

Caldas, J. (1993) - Geología de los cuadrángulos de Huambo y Orcopampa. INGEMMET, Boletín, Serie A: Carta Geol. Nac., 46, 62 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2056>

Corominas, J. & García Y agüe A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. I V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3, 1051-1072

Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslide's investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation researchs board Special Report 247, p. 36-75.

Evans, S. G., y Hungr, O., (1993). The análisis of rock fall hazard at the base of talus slope: Canadian Geotechnical Journal, v. 30p.

Gomez, H. & Pari, W. (2020) - Peligro geológico en la región Puno. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 77, 236 p., 9 mapas. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2575>

González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. Ingeniería Geológica. 2002 (1ra. Ed); 2004 (2da. Ed); 2009 (3ra. Ed) Prentice Hall Pearson Educación, Madrid, pp 750.

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., 1 CD-ROM.

Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisis and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportation researchs board Special Report 176, p. 9-33

Salas, G., et al (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización de los cuadrángulos de Chulca (30-q), Cayarani (30-r), Cotahuasi (31-q) y Orcopampa (31-r), escala 1:100 000. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2054>

Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.

Zavala, B. (2017). Geodiversidad y Patrimonio Geológico en la subcuenca Cotahuasi. Ingemmet, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

ANEXO 1: MAPAS

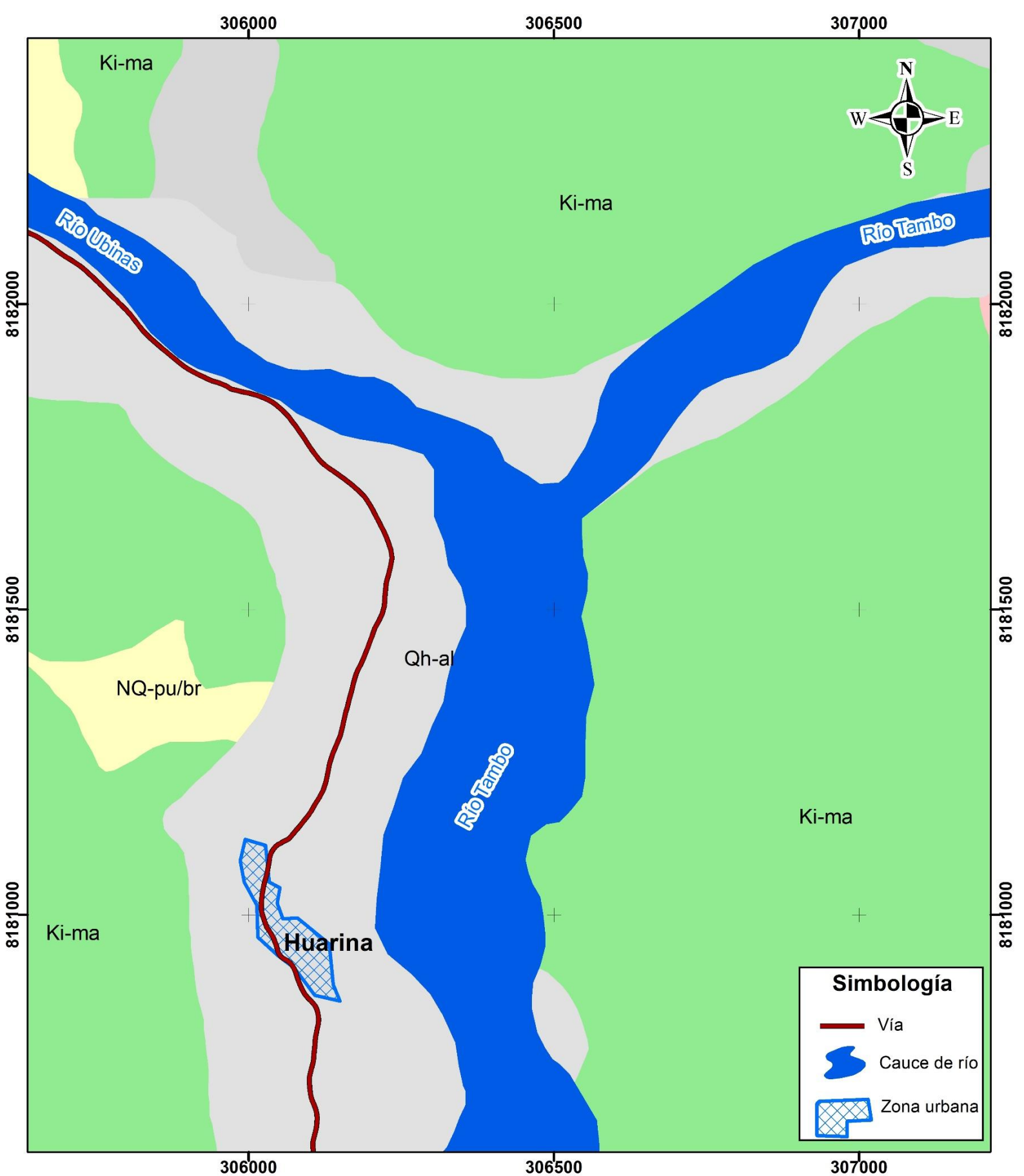
Se presenta los siguientes mapas:

Mapa 1. Mapa geológico de la zona de interés del presente estudio

Mapa 2. Mapa de pendiente de los terrenos, elaborado a partir de un modelo digital de elevaciones de 12.5 metros de resolución.

Mapa 3. Mapa geomorfológico de la zona de confluencia de los ríos Tambo y Ubinas.

Mapa 4. Mapa de cartografía de peligros geológicos de la zona de confluencia de los ríos Tambo y Ubinas.



Simbología

- Vía
- Cauce de río
- Zona urbana

SECTOR ENERGÍA Y MINAS

INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

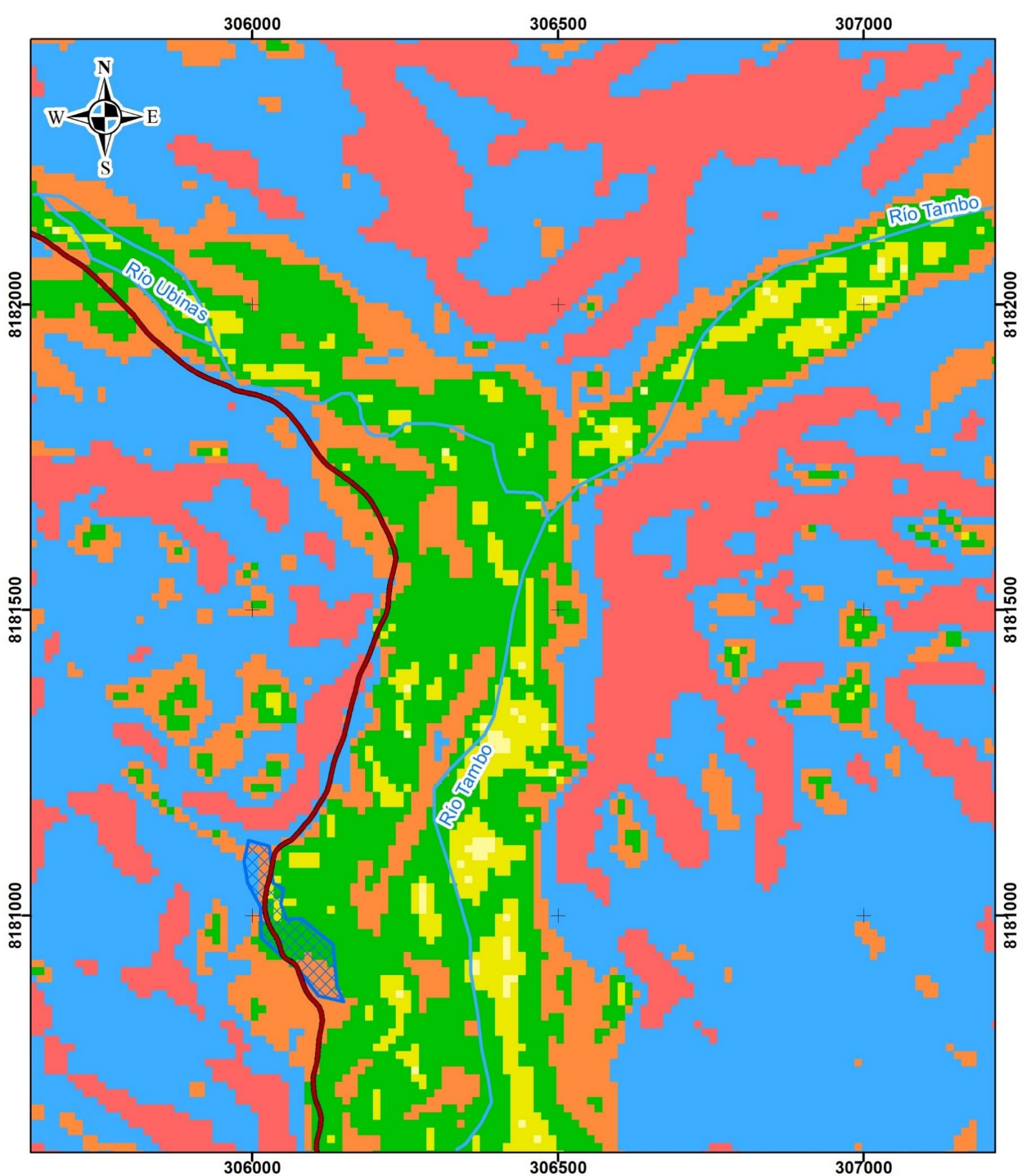
**MAPA GEOLÓGICO DE LA
 CONFLUENCIA DE LOS RÍOS TAMBO Y UBINAS**


Proyección UTM
 Datum WGS 84
 Zona 19S

Escala 1:8,000
 0 62.5 125 250 m

Mapa N° 1

ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	DESCRIPCIÓN
CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósitos aluviales	Qh-al	Bloques, gravas sub redondeados con matriz areno limosa
			Grupo Barroso	NQ-pu/br
NEÓGENO	PLEISTOCENO	Formación Matalaque	Ki-ma	Lavas andesíticas porfíricas, verdes por presencia de cloritas y epidotas, matriz microlítica
MIOCENO	PLEISTOCENO			
MESOCÓZICO	CRETÁCICO	SUPERIOR		






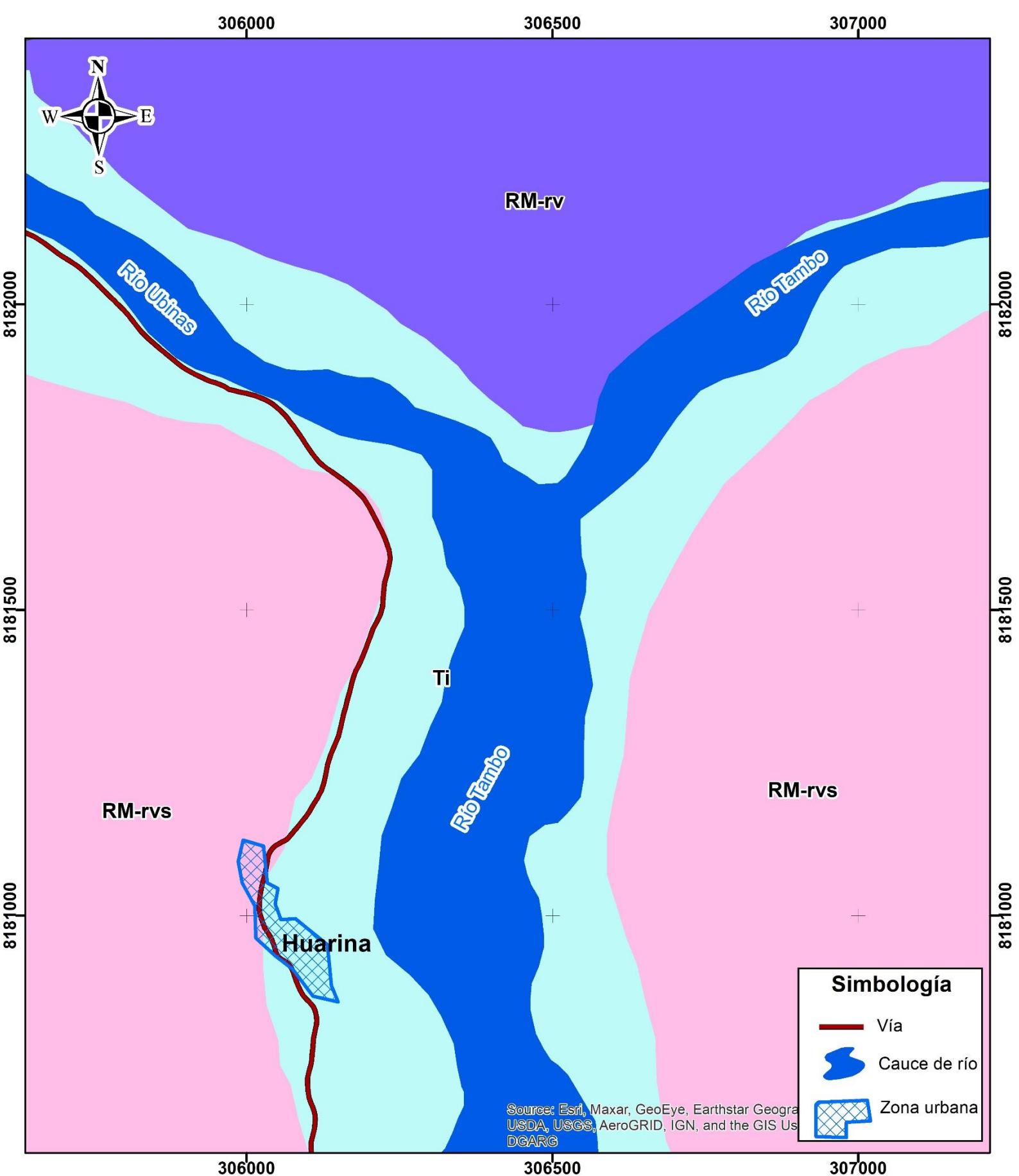

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA DE PENDIENTES DE LA CONFLUENCIA DE LOS RÍOS TAMBO Y UBINAS

Proyección UTM Datum WGS 84 Zona 19S	Escala 1:8,000 0 62.5 125 250 m	Mapa N° 2
--	------------------------------------	-----------




Pendientes (Grados)	
	< 1 Llano
	1 - 5 Suavemente inclinado
	5 - 15 Moderado
	15 - 25 Fuerte
	25 - 45 Muy fuerte
	> 45 Muy escarpado


Simbología	
	Vía
	Río
	Zona urbana



Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geogra
 USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS Us
 DGARG

Simbología

-  Vía
-  Cauce de río
-  Zona urbana

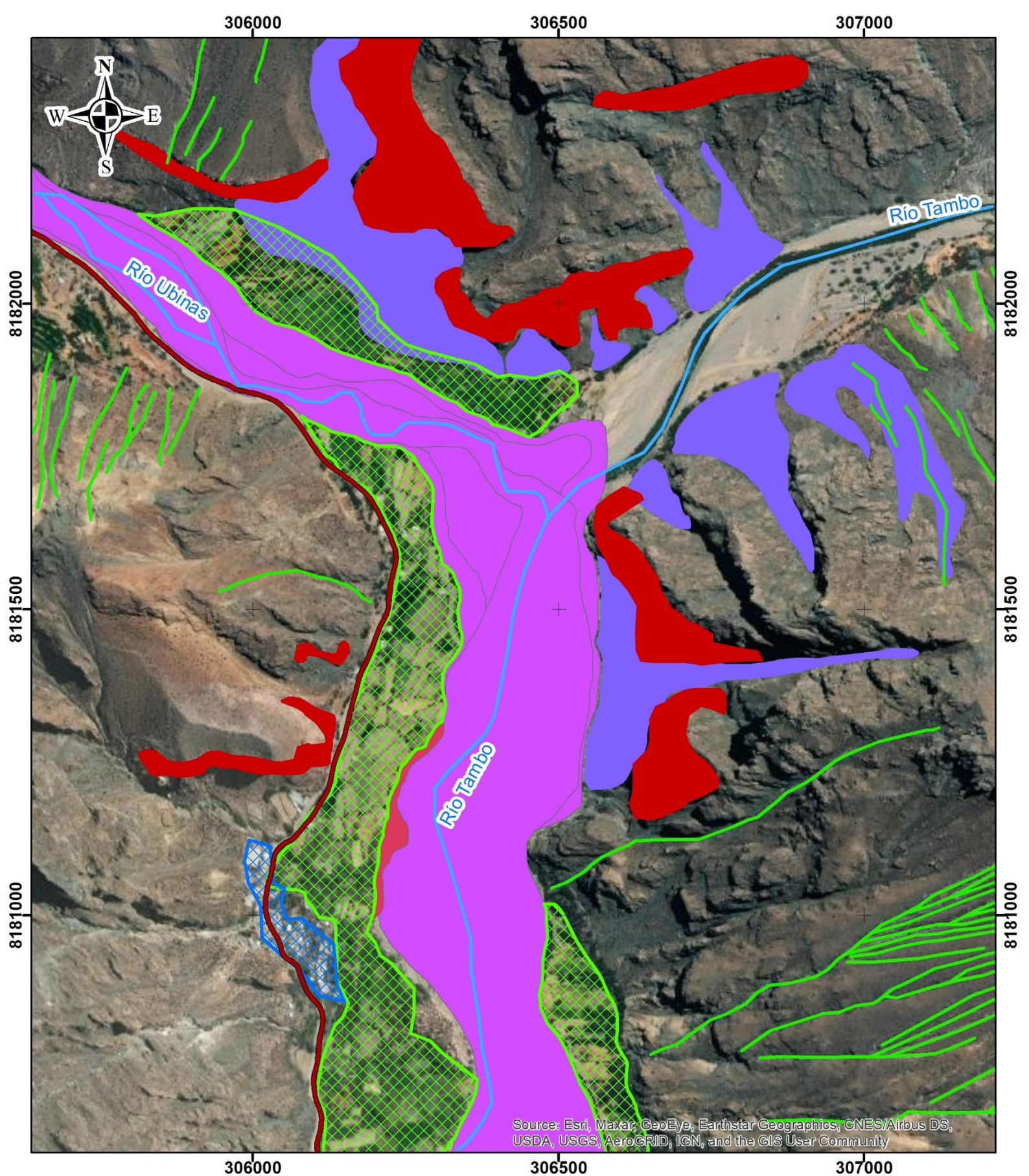
SECTOR ENERGÍA Y MINAS

 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LA CONFLUENCIA DE LOS RÍOS TAMBO Y UBINAS.

Proyección UTM	Escala 1:8,000	Mapa N° 3
Datum WGS 84	0 62.5 125 250	
Zona 19S	 m	

LEYENDA

	RM-rvs	Montaña en roca volcano-sedimentaria
	T-al	Terraza indiferenciada
	RM-rv	Montaña en roca volcánica



SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO

CARTOGRAFÍA DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA CONFLUENCIA DE LOS RÍOS TAMBO Y UBINAS

Proyección UTM
 Datum WGS 84
 Zona 19S

Escala 1:8,000

0 62.5 125 250 m

Mapa N° 4

Peligros geológicos

- Erosión de laderas en cárcavas
- Avalancha de detritos
- Zona de desprendimientos de rocas
- Derrumbes
- Flujo de detritos

Simbología

- Vía
- Río
- Zona agrícola
- Zona urbana

ANEXO 2: GLOSARÍO

Flujo de detritos y/o lahares

Se les denomina así porque durante su desplazamiento presentan un comportamiento semejante al de un fluido. Pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos. Son capaces de transportar grandes volúmenes de fragmentos rocosos de diferentes tamaños y alcanzar grandes extensiones de recorrido, más aún si la pendiente es mayor. Los flujos se pueden clasificar de acuerdo con el tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral (canalizado o no canalizado) (figura 17).

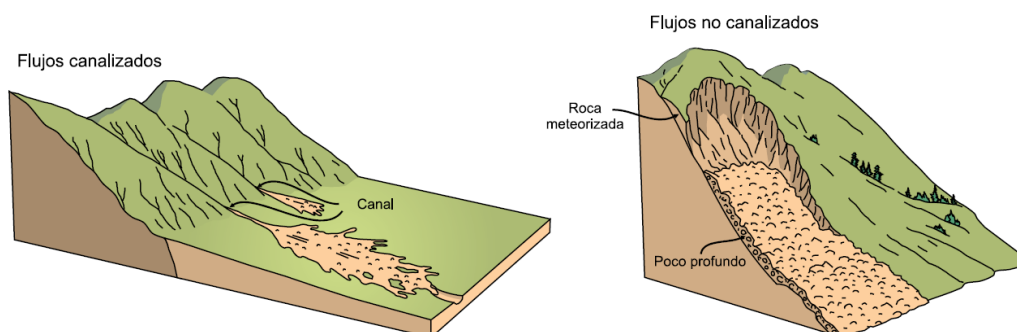


Figura 17. Esquema de flujos canalizado y no canalizados, según Cruden y Varnes (1996)

caídas o desprendimientos de rocas

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento, Varnes, (1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s. El estudio de casos históricos ha mostrado que las velocidades alcanzadas por las caídas de rocas pueden exceder los 100 m/s.

Una característica importante de las caídas es que el movimiento no es masivo ni del tipo flujo. Existe interacción mecánica entre fragmentos individuales y su trayectoria, pero no entre los fragmentos en movimiento.

En Evans y Hungr (1993) se pueden consultar ejemplos de caída de roca fragmentada, (figuras 18 y 19). Los acantilados de roca son usualmente la fuente de caídas de roca, sin embargo, también puede presentarse el desprendimiento de bloques de laderas en suelo de pendiente alta.

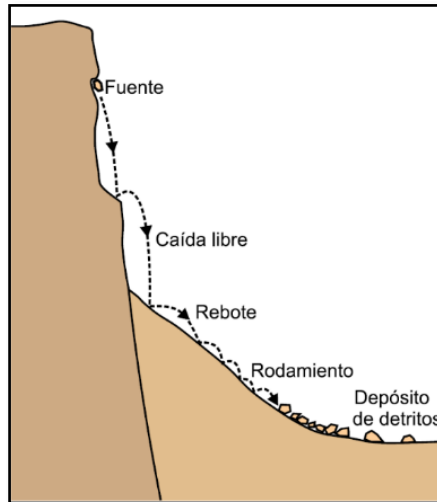


Figura 18. Esquema de la caída de rocas

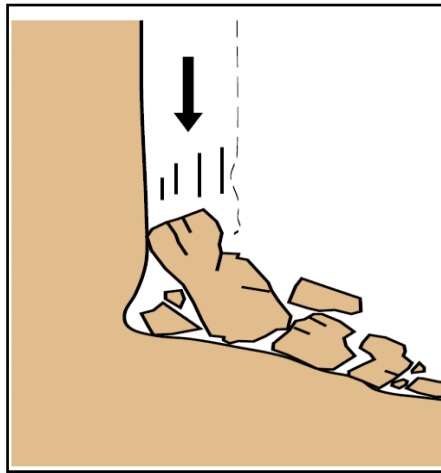


Figura 19. Esquema de Corominas y Yague (1997) denominan a este movimiento “colapso”.

Erosión de laderas (Cárcavas)

La erosión en cárcavas es un fenómeno que se da bajo diversas condiciones climáticas (Gómez et al., 2011), aunque más comúnmente en climas semiáridos y sobre suelos estériles y con vegetación abierta, con un uso inadecuado del terreno o inapropiado diseño del drenaje de las vías de comunicación. Las incisiones que constituyen las cárcavas se ven potenciadas por avenidas violentas y discontinuas típicas del clima mediterráneo, lluvias intensas o continuas sobre terrenos desnudos o por la concentración de flujos superficiales fomentados por obras de drenaje de caminos o carreteras, (figura 20).

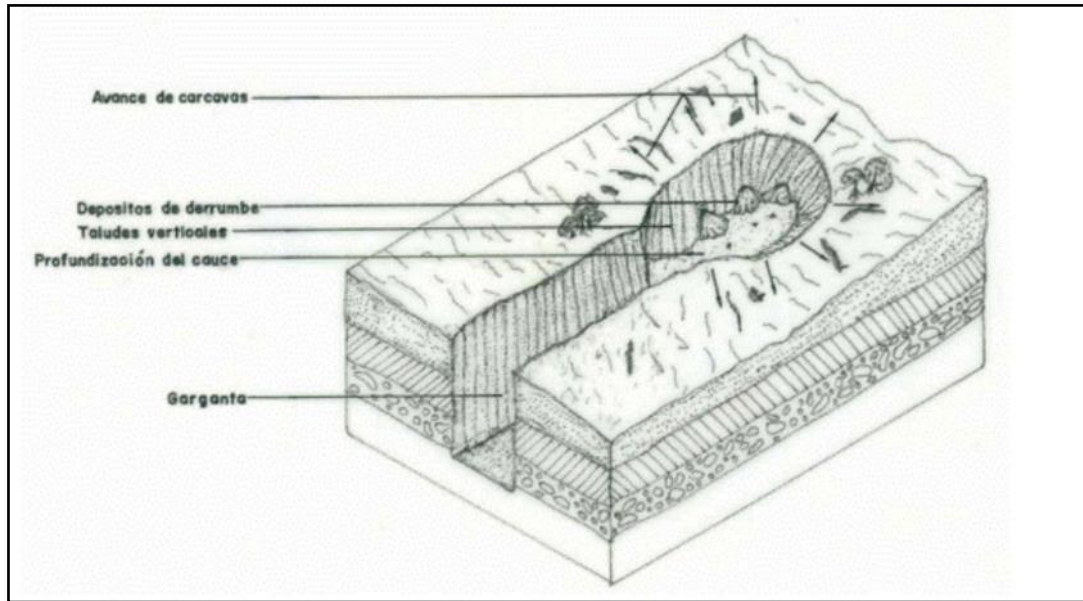


Figura 20. Proceso de formación de cárcavas