

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7093

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR ALGODONAL

Región Piura
Provincia Ayabaca
Distrito Paimas



OCTUBRE
2020

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR ALGODONAL, DISTRITO DE PAIMAS, PROVINCIA DE AYABACA, REGIÓN PIURA

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

Equipo de investigación:

Cristhian Chiroque

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2020). Evaluación de peligros geológicos en el sector Algodonal. Distrito de Paimas, provincia de Ayabaca, región Piura. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7093, 37 p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	3
1.3. Aspectos generales	4
1.3.1. UBICACIÓN.....	4
1.3.2. ACCESIBILIDAD	6
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
2.1. Unidades litoestratigráficas	8
2.1.1. FORMACIÓN SAN LORENZO (KI-VSL)	8
2.1.2. GABROS PALTASHACO (K-GB-P).....	8
2.1.3. DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-AL)	9
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	9
3.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)	9
3.2. Pendientes del terreno	9
3.3. Unidades geomorfológicas	12
3.3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL.....	12
3.3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL ...	13
4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	16
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	16
4.2. Flujo de detritos en el sector Algodonal	16
4.2.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO	16
4.3. Caída de rocas en el sector Algodonal	18
4.3.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO	19
4.4. Erosión de laderas (cárcavas)	20
4.4.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO	20
4.4.2. FACTORES CONDICIONANTES	23
4.4.3. FACTORES DETONANTES O DESENCADENANTES.....	24

4.4.4.	DAÑOS POR PELIGROS GEOLÓGICOS	24
5.	CONCLUSIONES	26
6.	RECOMENDACIONES	27
7.	BIBLIOGRAFÍA	28
	ANEXO 1: MAPAS Y PERFILES	29
	ANEXO 2: GLOSARIO	33
	ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	35

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizados en el sector Algodonal, que pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Paimas, provincia de Ayabaca, región Piura. 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).

Las unidades geológicas que afloran en la zona evaluada corresponden a rocas de origen volcánico de la Formación San Lorenzo y afloramientos intrusivos de gabros, granitos y granodioritas. Los movimientos en masa tipo flujo de detritos, se desarrollaron sobre el abanico aluvial y el cauce de la quebrada Algodonal; mientras que, las caídas de rocas y procesos de erosión se desarrollan en laderas de montañas y piedemontes.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico-degradacional y erosional (montañas, colinas y lomadas en rocas intrusivas) y geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por la ocurrencia de movimientos antiguos, que configuran geoformas de piedemonte (abanico de piedemonte). Se considera que, el principal factor condicionante que origina la ocurrencia de peligros geológicos por flujos de detritos, caídas de rocas y cárcavas, es la pendiente del terreno que va de moderada a muy fuerte (5° - 45°), los procesos de erosión y formación de cárcavas ocurren en relieves con pendientes moderadas (5°-15°).

Los procesos geodinámicos identificados en el sector Algodonal corresponden a los denominados movimientos en masa (flujo de detritos), estos se activan en temporadas de lluvias extraordinarias, como ocurrió en el mes de marzo con el Niño Costero 2017; también se identificó abanicos de piedemonte aluvial debido a los incrementos súbitos de lluvias en la parte alta de las cuencas, estas características climáticas también generan flujos de escorrentía que forman cárcavas. Estos procesos han afectado el tramo de carretera Paimas – El Ceibo.

Se concluye que, las viviendas ubicadas próximas al cauce de la quebrada Algodonal se encuentran en **Peligro Alto** a la ocurrencia de flujos; mientras que, las laderas este y oeste del cerro Algodonal presentan caídas de rocas y cárcavas, eventos geodinámicos que pueden ser desencadenados en la temporada de lluvias (octubre a marzo) y eventos anómalos como el Niño Costero.

Finalmente, se brinda recomendaciones como la construcción de muros de contención, espigones de enrocado o gaviones; que deben de implementarse en la parte media de la quebrada en las zonas afectadas por los peligros geológicos identificados con la finalidad de mitigar los posibles daños causados a viviendas e infraestructura y pérdidas de vidas humanas.

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 y consideraciones geotécnicas a nivel nacional (ACT. 7)”, contribuye de esta forma con entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico (movimientos en masa) y geohidrológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Paimas, según Oficio N° 058-2020-MDP-A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de los eventos de tipo (“flujos de detritos, erosión de laderas y caídas de rocas”), ocurridos el día sábado, 25 de marzo de 2017 que afectó viviendas y terrenos de cultivo en el sector Algodonal.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó al Ing. Cristhian Chiroque para realizar la evaluación geológica, geomorfológica y geodinámica de los peligros geológicos que afecten el área urbana e infraestructura vital.

La evaluación técnica se basa 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), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Paimas, Gobierno Regional de Piura, Oficina de INDECI, COER-Piura y Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres-CENEPRED, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, 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 movimientos en masa que se desarrollan en el sector Algodonal, procesos geodinámicos que pueden comprometer la seguridad física de personas, vehículos, viviendas, obras de infraestructura y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- b) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET, que incluyen los sectores y caseríos ubicados en el tramo cruce Suyo hacia Paimas, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan los siguientes:

- A) Informe: “Evaluación geológica de las zonas afectadas por El Niño Costero 2017 en la Región Piura” (Vílchez et al., 2017). Se menciona que, el sector Algodonal presenta evidencias de flujos que formaron el abanico aluvial en donde hoy se extiende el área urbana del Algodonal.

- B) Informe A6787: “Peligros geológicos y geo-hidrológicos detonados por el Niño Costero 2017 en la región Piura: análisis geológico, geomorfológico y de peligros en la ciudad de Piura y centros poblados afectados por inundación en el tramo comprendido entre la presa Los Ejidos y la Unión” (2017). El año 2017, en la zona costera central y norte del Perú se presentó un evento climático excepcional denominado “Niño Costero”, caracterizado por la ocurrencia de fuertes precipitaciones pluviales que activaron varios movimientos en masa en la región Piura. El Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, como parte de sus funciones inherentes a la contribución como ente técnico-científico parte del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD); evaluó y elaboró el inventario y caracterización de zonas afectadas por peligros geológicos, realizando un estudio de mayor detalle en la zona más afectada en la región Piura. El análisis geomorfológico realizado con el objetivo de estudiar los peligros tipo (inundaciones y erosión fluvial), se realizó mediante la interpretación de fotos aéreas e imágenes satelitales de alta resolución disponibles (1961-2017), con lo cual se pudo tener un registro multianual en la variación de las características morfológicas del cauce del río Piura, en la zona seleccionada, para un estudio de mayor detalle como éste. Como resultado de este estudio se puede concluir que las zonas de mayor susceptibilidad y peligro a las inundaciones fluviales se localizan a lo largo de terrazas fluviales y cauces antiguos del río Piura. Finalmente se presentan dos modelos a escala 1:100 000 de la susceptibilidad a movimientos en masa e inundaciones fluviales de la región Piura, actualizados con los daños originados por el Niño Costero, los cuales han sido obtenidos mediante la metodología heurística, que implica la superposición de capas o mapas de factores condicionantes, mediante un geoprocésamiento en GIS, en la generación de los respectivos peligros obteniéndose una zonificación del peligro (figura 01).

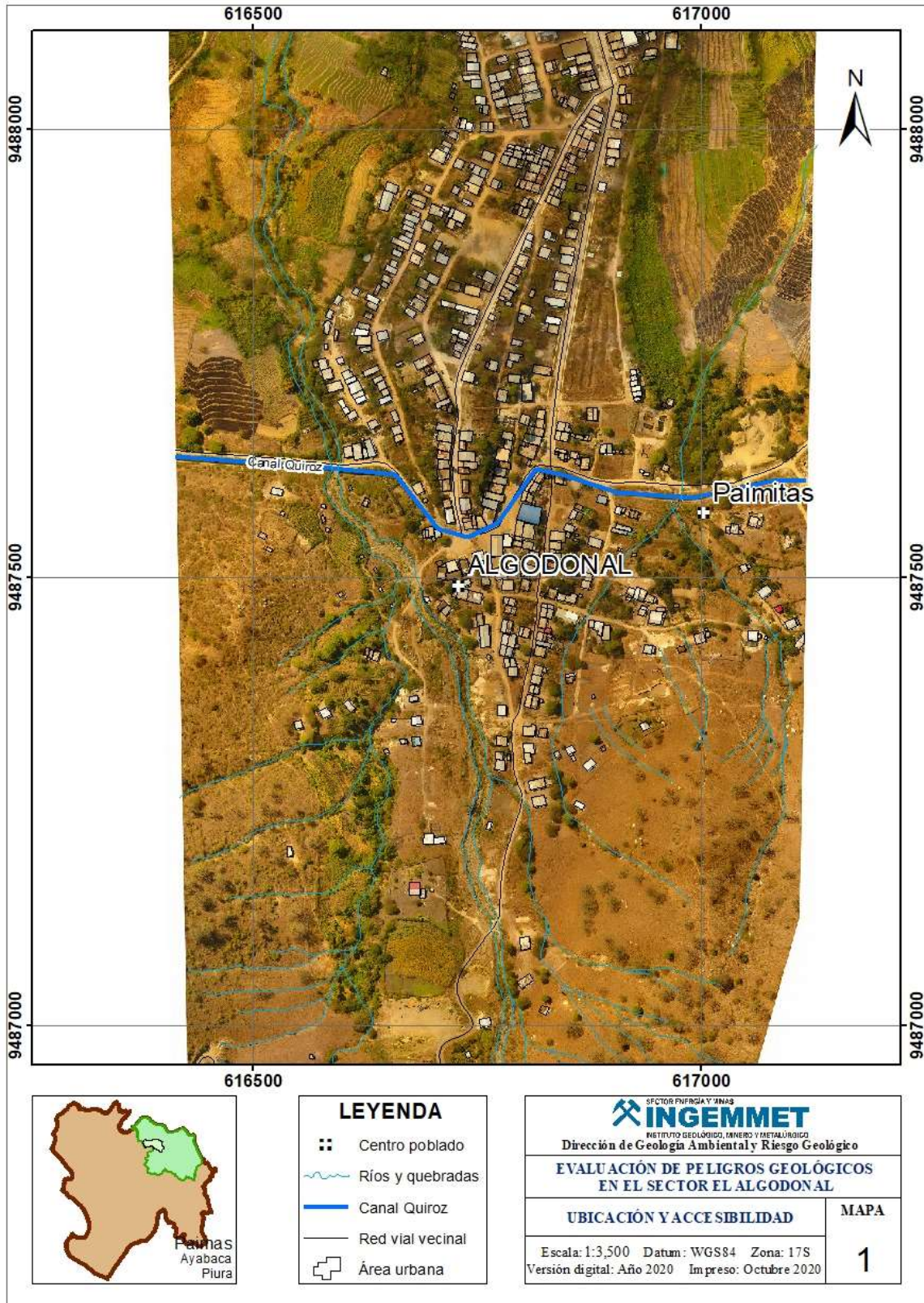


Figura 02. Mapa de ubicación.

1.3.2. ACCESIBILIDAD

El acceso a la zona se realizó desde la ciudad de Piura mediante la siguiente ruta:

Cuadro 02. Rutas y accesos a la zona evaluada

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Piura – Tambogrande	Asfaltada	47	45 minutos
Tambogrande – Las Lomas	Asfaltada	35	40 minutos
Las Lomas – Cruce Suyo	Asfaltada	23	25 minutos
Cruce Suyo – Paimas – Algodonal	Asfaltada	25	30 minutos

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio se elaboró teniendo como base la revisión y actualización del cuadrángulo de Las Lomas 10-c1 a escala 1:50 000 (Jaimes et al., 2012), en las inmediaciones de los sectores Algodonal y Paimitas afloran andesitas basálticas que forman montañas y elevaciones medias que se han modelado con el paso del tiempo como colinas y lomas. Al sur de Paimas, afloran rocas intrusivas de tipo gabros, granitos y granodioritas denominados como Gabros Paltashaco, los depósitos Cuaternarios están conformados por materiales aluviales producto de avalanchas y flujos de detritos provenientes de la parte alta de la cuenca (figura 03). La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

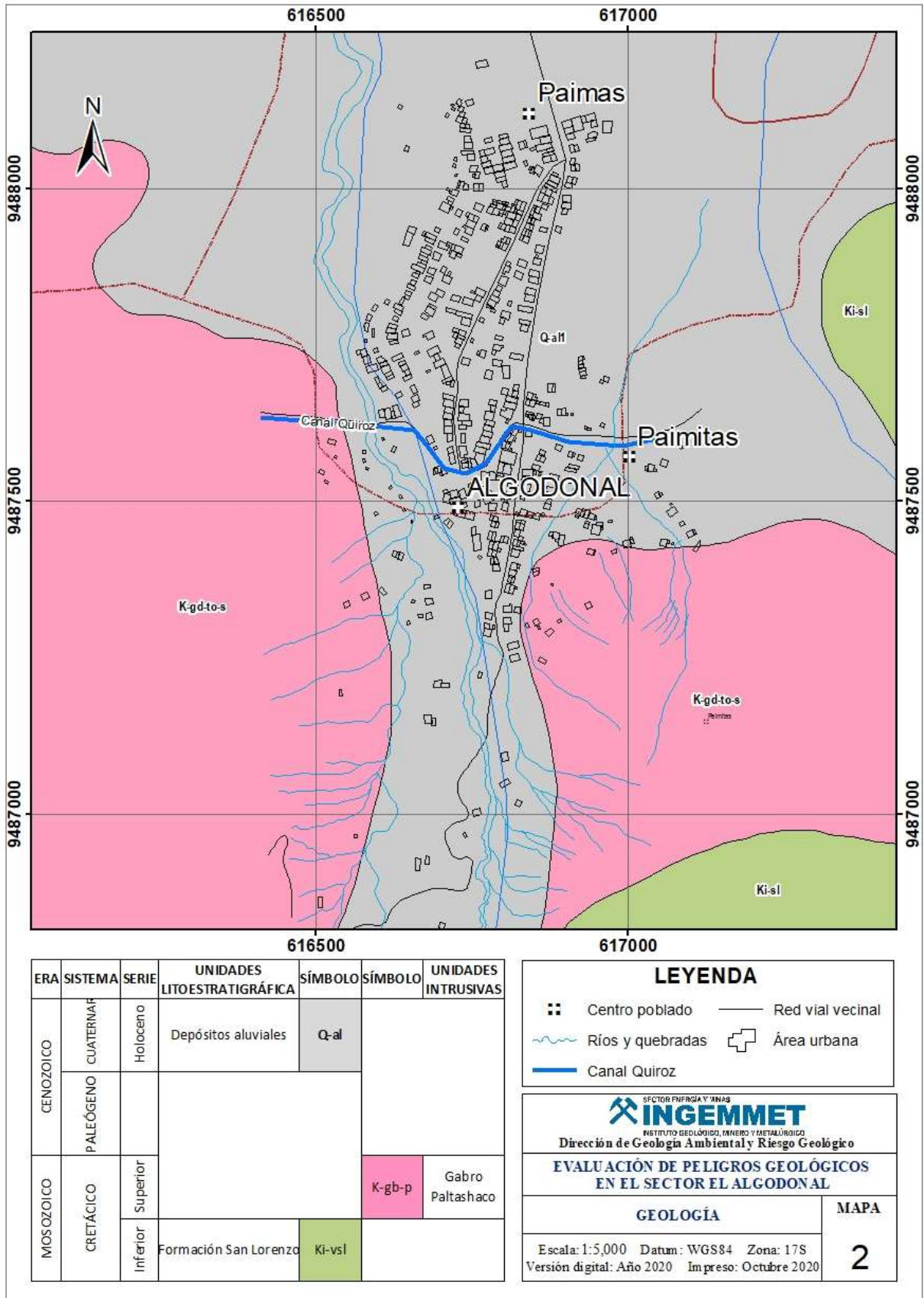


Figura 03. Geología del cuadrángulo de Las Lomas y el sector Algodonal (Jaimes et al., 2012).

2.1. Unidades litoestratigráficas

A continuación, se describen las características litológicas locales de los afloramientos en la zona de estudio:

2.1.1. FORMACIÓN SAN LORENZO (KI-VSL)

Está conformada por lavas andesíticas basálticas de aspecto masivo con brechas, estos afloramientos se ubican al sur del área urbana del Algodonal (fotografía 01).



Fotografía 01. Lavas andesíticas intensamente meteorizadas en la vía Algodonal–El Ceibo.

2.1.2. GABROS PALTASHACO (K-GB-P)

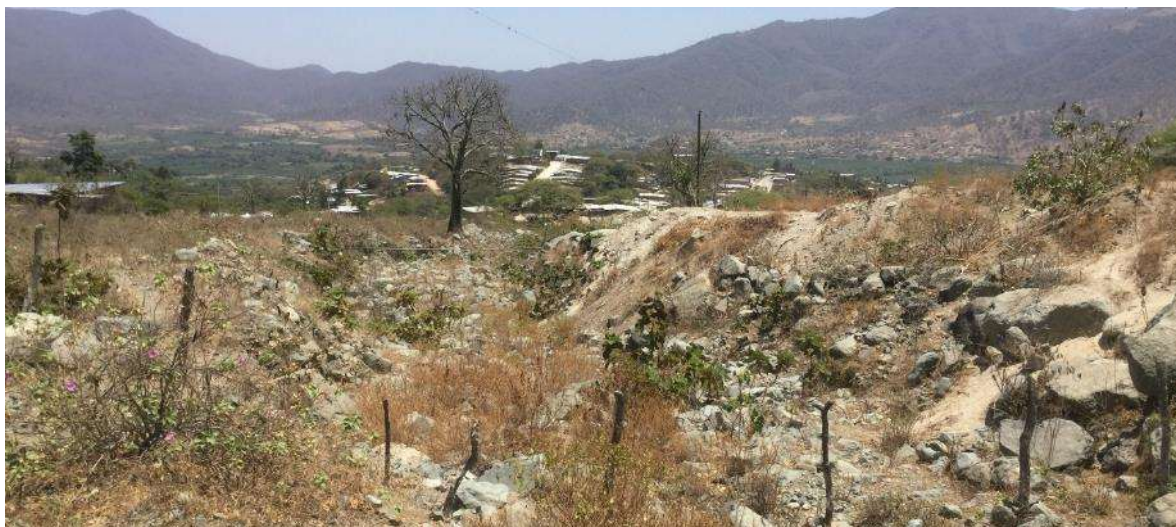
En las inmediaciones de la zona de estudio afloran gabros, granitos y granodioritas de aspecto blanquecino a plomizo observados en el canal Quiroz (fotografía 02).



Fotografía 02. Gabros en la margen izquierda del Canal Quiroz.

2.1.3. DEPÓSITOS ALUVIALES (Q-AL)

Constituidos por bloques, clastos y gravas angulosas a subredondeadas de composición principalmente andesítica, envueltos en una matriz de arenas gruesas y limos, se encuentran distribuidos de sur a norte, donde se han emplazado el área urbana del sector Algodonal y Paimas (fotografía 03).



Fotografía 03. Materiales aluviales distribuidos de sur a norte dando forma al abanico aluvial.

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para el análisis de la geomorfología, la brigada de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) realizó el levantamiento fotogramétrico con drones de donde se obtuvo el modelo digital de terreno con una resolución (GSD) de 5 cm por pixel. Esta información se complementó con el análisis de imágenes satelitales.

3.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

El área urbana del sector Algodonal se asienta sobre relieves con elevaciones entre 690 m s.n.m y 635 m s.n.m, las viviendas han ido ocupando el abanico aluvial ubicado de sur a norte hacia la quebrada del mismo nombre. Las máximas elevaciones se ubican al sur de la zona alcanzando 840 m de altitud dentro del área evaluada y 1460 m s.n.m en la naciente de la cuenca, mientras que, hacia el norte se encuentran relieves con elevaciones que descienden hasta 600 m s.n.m que forman el abanico aluvial y llega hasta el río Quiroz (figura 04).

3.2. Pendientes del terreno

El área de evaluación abarcó un total de 101 ha, de las cuales 22.9 ha (23%) tienen pendientes llanas a suavemente inclinadas (<5°) estas áreas están expuestas a flujos y procesos de erosión, los relieves con pendientes moderadas alcanzan 37.3 ha (37%), mientras que, 40.6 ha (40%) tienen pendientes fuertes a muy escarpadas que se distribuyen en montañas, colinas y lomadas (figura 05).

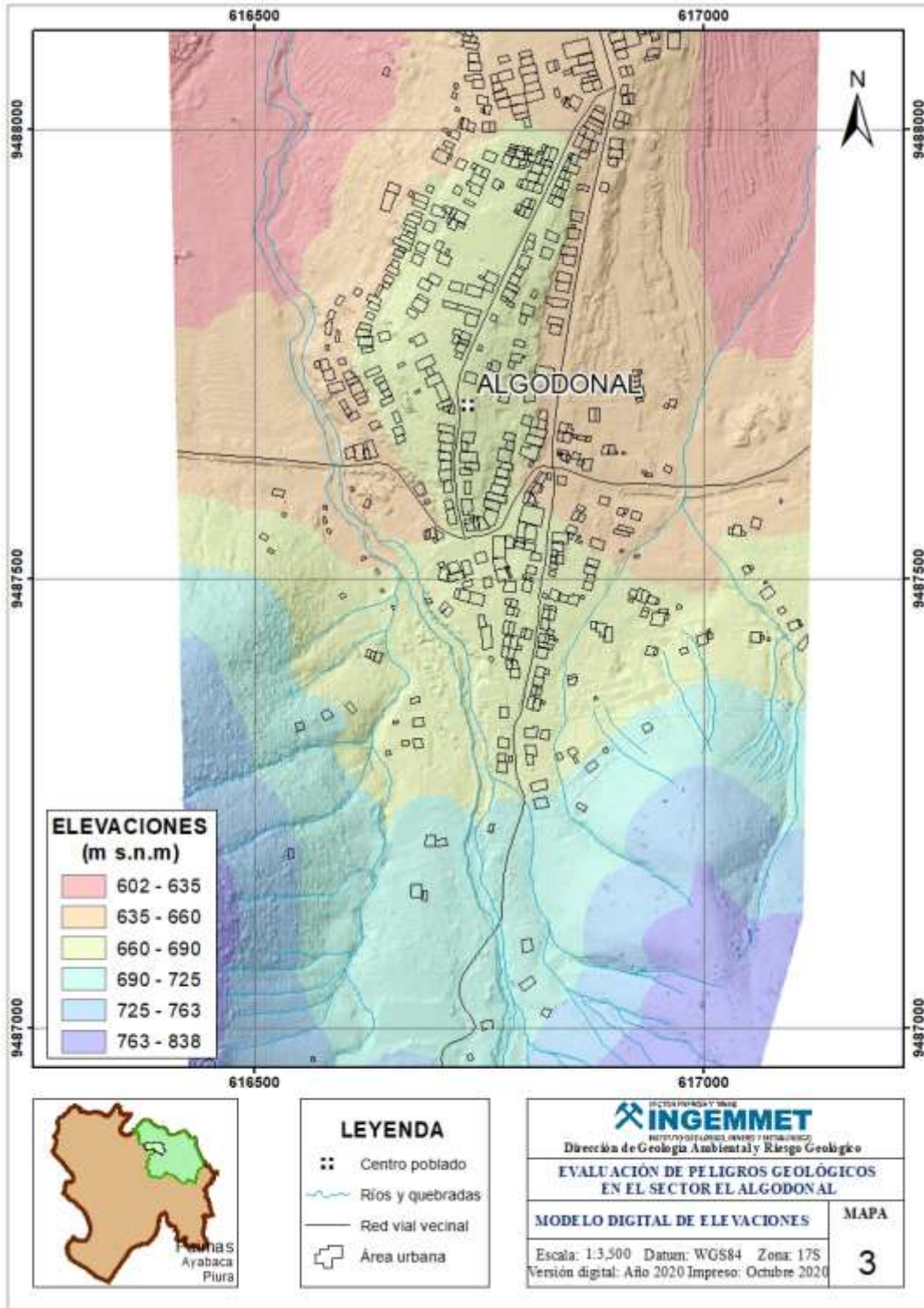


Figura 04. Mapa de elevaciones (Elaboración propia).

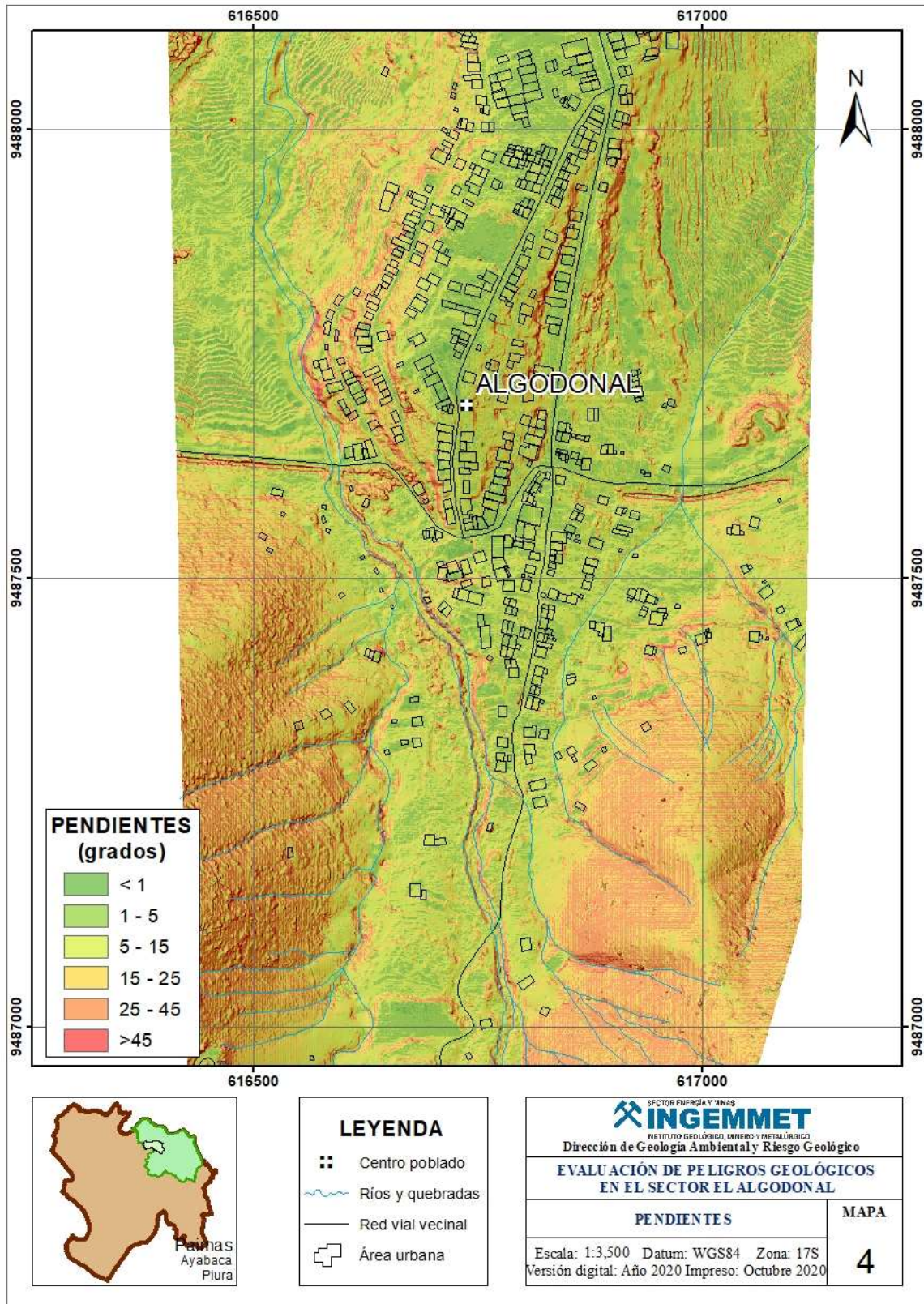


Figura 05. Mapa de pendientes del sector Algodonal (Elaboración propia).

3.3. Unidades geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el área de estudio, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019).

3.3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan otras geoformas preexistentes:

3.3.1.1. Unidad de montaña

Es la unidad o componente de cualquier cadena montañosa y se define como una gran elevación natural del terreno, de diverso origen, con más de 300 metros de desnivel, cuya cima puede ser aguda, sub aguda, semiredondeada, redondeada o tabular y cuyas laderas regulares, irregulares a complejas y que presenta un declive promedio superior al 30% (FAO, 1968, citado por Villota. 2005, p. 43).

Subunidad de montaña en roca intrusiva (RM-ri): Están conformadas por rocas intrusivas, ubicadas al sur del área urbana del Algodonal y forma la cuenta alta y media de la quebrada del mismo nombre. Los materiales aportantes a los cursos de las quebradas provienen de esta geoforma (figura 06).

3.3.1.2. Unidad de colinas y lomadas

Las colinas y lomadas son de menor altura que las montañas, generalmente no superan los 300 metros desde la base hasta la cima; se puede subdividir según su naturaleza litológica, morfología estructural y grado de erosión o disección; la inclinación de sus laderas en promedio es superiores a los 16% (FAO, 1968, citado por Villota. 2005, p. 44).

Subunidad de colinas y lomadas en rocas intrusiva (RCL-ri): Están conformadas por rocas intrusivas, modeladas por procesos erosionales dando origen a relieves redondeados y alargados sobre las cuales se asienta parte del área urbana del Algodonal, Paimas y Paimitas. Las colinas y lomadas tienen una cobertura aluvial expuesta a procesos de erosión y formación de cárcavas (figura 07).



Figura 06. Montañas ubicadas al sur del área urbana del Algodonal.



Figura 07. Lomada sobre la cual se asienta parte del área urbana del Algodonal.

3.3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL

Están representadas por formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan las geformas anteriores aquí se tiene:

3.3.2.1. Unidad de piedemonte

Superficie inclinada al pie de los sistemas montañosos, formada por caídas de rocas o por el acarreo de material aluvial arrastrado por corrientes de agua estacional y de carácter excepcional.

Subunidad de abanico de piedemonte (Ab): Esta subunidad se distribuye al norte y hacia ambos márgenes de la quebrada Algodonal entre las colinas y las llanuras de inundación del cauce la quebrada (figura 08).



Figura 08. Vista aérea del piedemonte aluvial en la zona de evaluación.

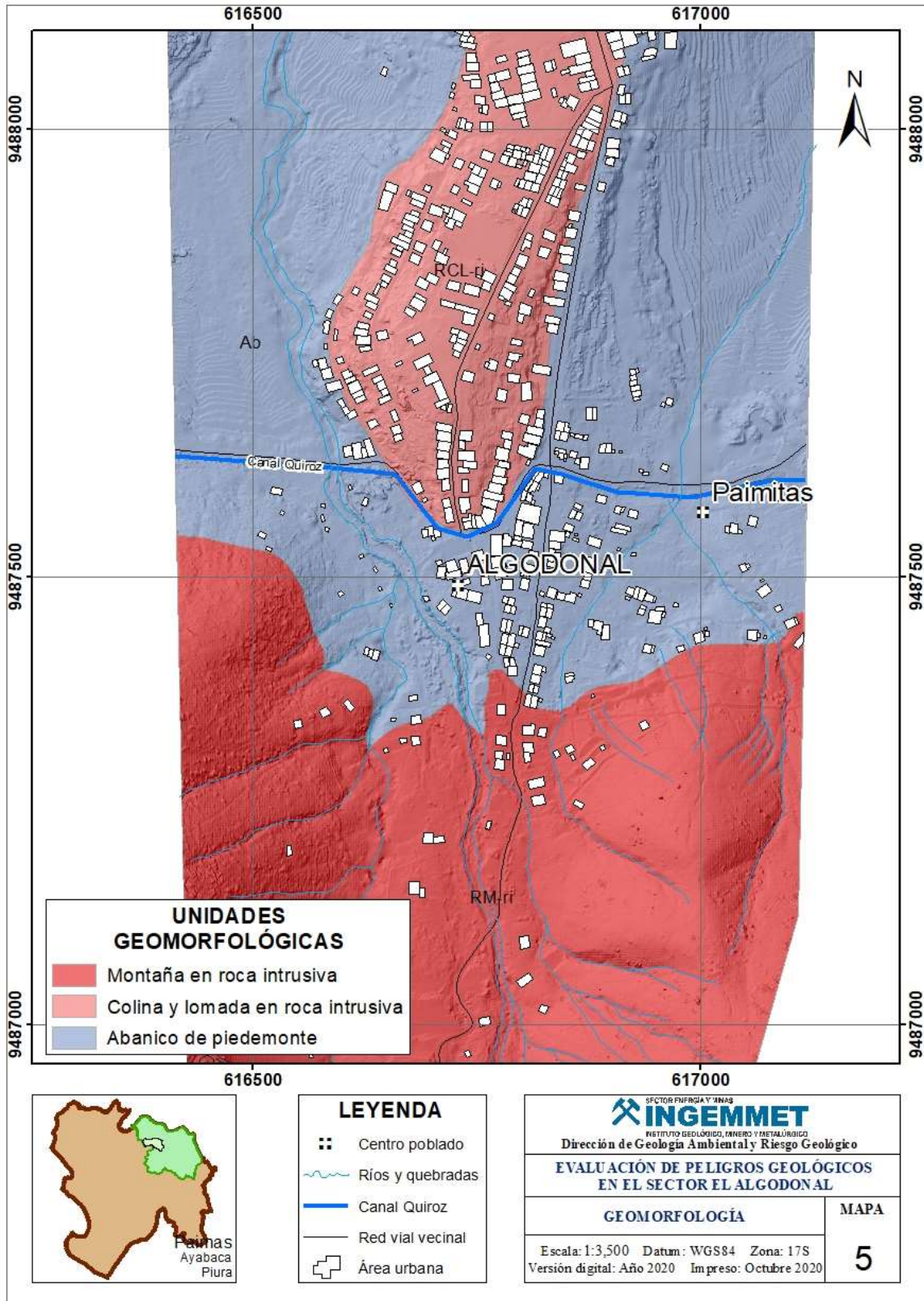


Figura 09. Mapa geomorfológico del sector Algodonal (Elaboración propia).

4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo flujos (flujos de detritos o huaicos) y erosión de laderas (PMA: GCA, 2007). Estos procesos son resultado del modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua provenientes desde la parte alta de la cuenca, 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 y quebradas.

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-subterráneo y la cobertura vegetal. Se tiene como “desencadenantes” de estos eventos las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Durante los meses de enero y marzo del 2017 el denominado Niño Costero ocasionó lluvias intensas en la zona norte del Perú desencadenando procesos geodinámicos como deslizamientos, caídas, flujos de detritos y lodos en zonas altas de la sierra de Piura; mientras que, en los valles y planicies las precipitaciones originaron flujos e inundaciones. En la zona de estudio se han identificado y caracterizado los siguientes peligros geológicos:

4.2. Flujo de detritos en el sector Algodonal

La estación meteorológica de SENAMHI, ubicada en el distrito de Paimas, entre enero y marzo del 2017 se registraron picos diarios de precipitación de hasta 63 mm. El flujo de detritos en la quebrada Algodonal, ocurrido el 25 de marzo durante el Niño Costero, registró un pico histórico de 131.6 mm. El evento geodinámico afectó áreas de cultivo, viviendas y vías de acceso. Los antecedentes y testimonio recopilados en campo indican la ocurrencia de eventos más críticos en los años 1983, 1987, 1997-1998 y 2012; recientemente, en el mes de febrero del 2019 también ocurrieron crecidas importantes, pero de menor magnitud.

4.2.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

El 25 de marzo del 2017 se produjo un flujo de detritos, definido así por el alto contenido granular de la masa desplazada conformada por clastos y gravas angulosos con arenas gruesas (figura 10, 11 y 12).

El flujo ocurrido en la quebrada El Algodonal tiene las siguientes características:

- El emplazamiento del material originó un abanico aluvial aguas abajo del área urbana del Algodonal y el sector Paimitas.
- El área afectada: 60 ha.
- Ancho y altura del flujo: 80 m y 2 m.
- Volumen desplazado: 32 000 m³.

- Tamaños de bloques: Clastos (50%), gravas (30%) y arenas (20%).
- El flujo se canalizó en el cauce de la quebrada, recorriendo una distancia de 2.5 km.



Figura 10. Cauce de la quebrada Algodonal por donde descendió el flujo, el 25 de marzo del 2017.

En el abanico aluvial de la quebrada Algodonal se cartografiaron bloques de hasta 3 m de diámetro, estos depósitos conformados de forma caótica y dispersa son evidencia de la ocurrencia de antiguas avalanchas y flujos que transportaron gran cantidad de materiales y rocas de este tamaño hasta la parte baja del sector Algodonal (figura 11).



Figura 11. Bloques de gran tamaño en el cauce y abanico de la quebrada Algodonal.

Aguas abajo de la quebrada Algodonal, a 1.2 km del área urbana existe un campo de bloques y clastos ubicados de manera dispersa, estas rocas de tipo andesita tienen la misma fuente de los bloques de rocas ubicados en la cabecera de la quebrada y evidencian el alcance que tuvieron estos paleo eventos (figuras 12 y 13).



Figura 12. Clastos de rocas depositados en zonas ocupadas por terrenos de cultivo.



Figura 13. Clastos de rocas depositados en zonas ocupadas por terrenos de cultivo.

4.3. Caída de rocas en el sector Algodonal

La caída de rocas, definido así cuando uno o varios bloques de rocas se desprenden de una ladera, una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (fotografías 04 y 05). En las laderas

de montañas próximas al sector Algodonal se han identificado bloques de caídas de hasta 2 m de diámetro.

4.3.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

Las caídas de rocas en el sector Algodonal tienen las siguientes características:

- Los afloramientos de rocas presentan un tipo de rotura por vuelco en laderas con pendientes moderadas a fuertes.
- Las zonas de arranque tienen forma irregular con 40 m de ancho y 60 m de extensión.
- Los depósitos observados presentan bloques aislados de hasta 3 m de diámetro.
- Los bloques y clastos se depositan en el curso de quebradas aportantes a la quebrada Algodonal.
- Las caídas ante sismos de regular intensidad podrían afectar a las viviendas y al canal de riego Quiroz.



Fotografía 04. Bloques de hasta 3 m de diámetro en la ladera este del cerro Algodonal.

Las áreas de caídas se encuentran en la parte alta de las laderas de montañas y pueden afectar a viviendas; además, la cobertura aluvial susceptible a procesos de erosión por escorrentía superficial y las cárcavas pueden desestabilizar el suelo donde se ubican estos bloques haciéndolos rodar ladera abajo (fotografía 05).



Fotografía 05. Viviendas ubicadas próximas a la zona de caídas.

4.4. Erosión de laderas (cárcavas)

Son geoformas que normalmente aparecen asociadas a litologías fácilmente erosionables, y a regímenes climáticos con cierto grado de aridez (Vicente, 2009; Vicente et al., 2009). Además de litologías erosionables también se asocian las coberturas aluviales o detríticas que son afectadas por aguas de escorrentía no canalizada. En la zona de estudio se ha identificado formación de cárcavas con procesos retrogresivos que afectan viviendas (figuras 14 y 15).

4.4.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

Las cárcavas en el sector Algodonal tiene las siguientes características:

- La erosión en ladera se encuentran en estado de evolución avanzada.
- Se dimensionaron cárcavas de 380 m de largo, 7 m de ancho y 2 m de profundidad.
- Las cárcavas se desarrollan próximas a las viviendas y trochas carrozables.
- La causa principal de erosión en la zona, es la falta de drenaje pluvial y los suelos poco compactos susceptibles a erosión.



Figuras 14. Cárcavas de 3 m de ancho y 70 m de largo en la vía Paimas – El Ceibo.



Figuras 15. Las cárcavas tienen procesos retrogresivos que afectan vías de acceso.

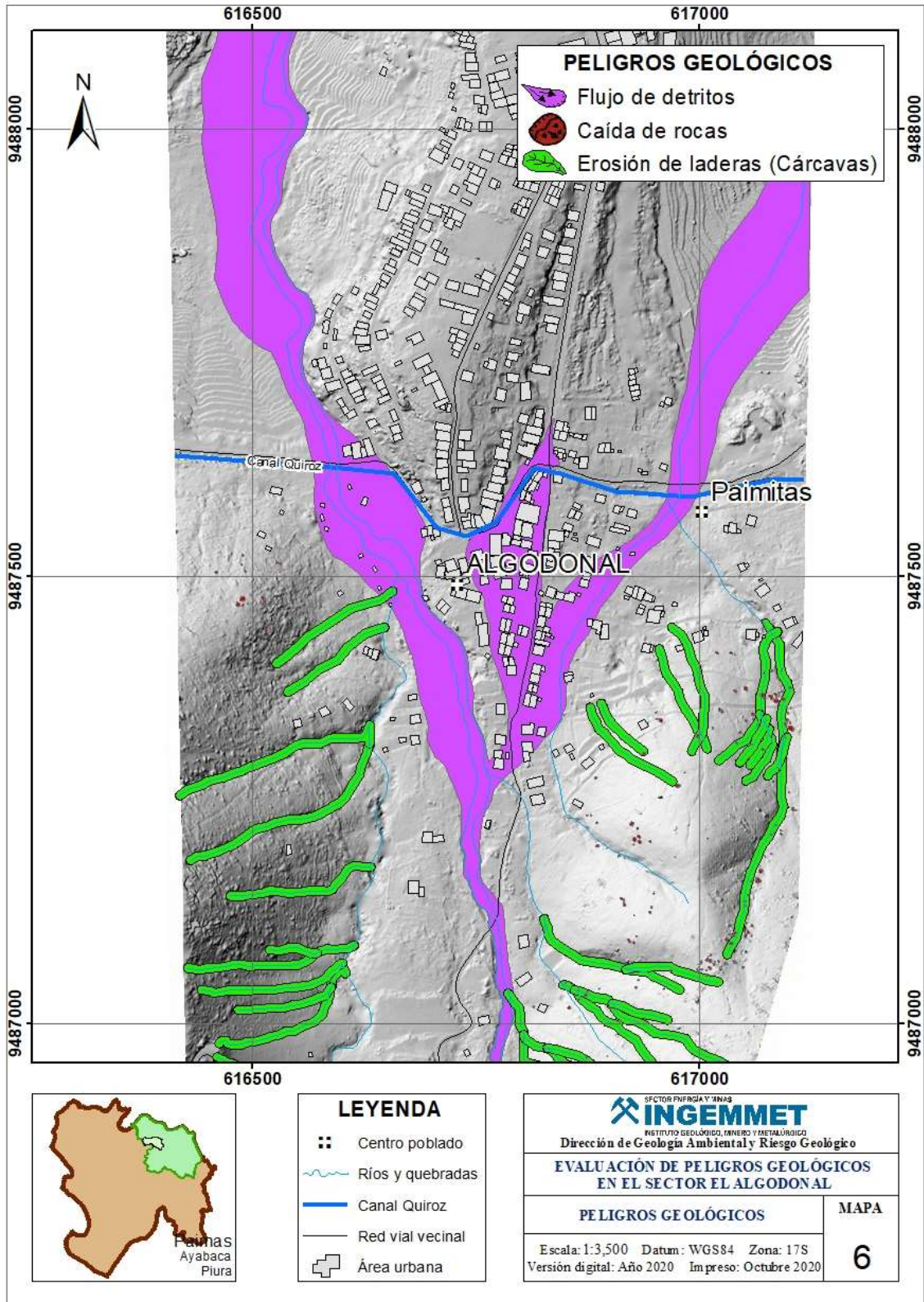


Figura 16. Mapas de peligros geológicos en el sector Algodonal.

4.4.2. FACTORES CONDICIONANTES

4.4.2.1. Litología

La zona de estudio está dominada por afloramientos de rocas intrusivas fracturadas e intensamente meteorizadas; además, la composición mineralógica de las rocas forma coberturas aluviales arenosas a limosas poco compactas y muy erosionables (fotografía 06).



Fotografía 06. Afloramiento de rocas muy fracturadas que constituyen la roca fuente para los flujos y caídas.

4.4.2.2. Geomorfología

Los flujos de detritos y caídas de rocas están condicionados a las geoformas propias laderas de montañas y abanicos aluviales como los observados en la zona de estudio. Las laderas presentan pendientes moderadas a muy fuertes ($15^\circ - 45^\circ$), lo que condiciona la caída ante la ocurrencia de sismos de regular intensidad o lluvias intensas (figura 17).

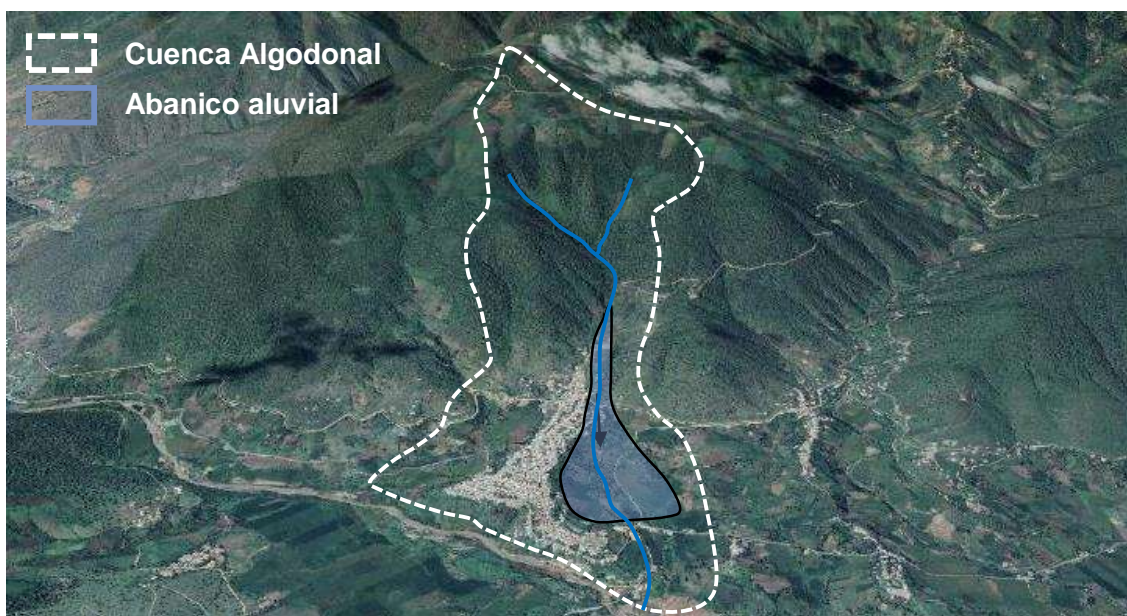


Figura 17. Vista satelital de la cuenca de la quebrada Algodonal.

4.4.3. FACTORES DETONANTES O DESENCADENANTES

Los flujos de detritos y cárcavas son procesos desencadenados por lluvias intensas y escorrentía superficial como las presentadas en El Niño Costero. Entre los meses de enero a marzo del 2017 se registraron lluvias intensas, superaron los 10 mm diarios; mientras que, los días 7, 8, 15, 22, 25, 26, y 30 de marzo las lluvias superaron los 20 mm diarios con un pico máximo histórico 131.6 mm (gráfico 01).



Gráfico 01. Precipitaciones registradas durante el mes de marzo del 2017.

4.4.4. DAÑOS POR PELIGROS GEOLÓGICOS

En la zona de evaluación se han producido los siguientes daños:

4.5.4.1. Viviendas

Los procesos de erosión afectaron viviendas en el abanico aluvial de la quebrada Algodonal, los materiales de construcción como el adobe, quincha y concreto fueron afectados en los cimientos y paredes de las viviendas, por el socavamiento producido por el agua de escorrentía (fotografía 07).



Fotografía 07. Vivienda afectada por flujos en el sector Algodonal.

4.5.4.2. Canal de riego Quiroz

El abanico aluvial está conformado por bloques de hasta 3 m de diámetro en una matriz heterogénea, de espesor variable y con una pendiente mayor a 30°. Los materiales ejercen un empuje hacia el canal, se observan grietas en los muros del margen izquierdo aguas abajo del badén Algodonal (figura 18).



Figura 18. Grietas en los muros del Canal Quiroz.

Los procesos de erosión producto de la formación de cárcavas, han afectado un tramo de 30 m sobre la margen izquierda del canal Quiroz, esto podría incrementar la erosión entre el muro y la roca.



Figura 19. Canal afectado por cárcavas y erosión.

5. CONCLUSIONES

- a) En el sector Algodonal afloran andesitas diaclasadas correspondientes a la Formación San Lorenzo, los cuerpos intrusivos conformados por gabros, granitos y granodioritas forman sedimentos granulares de aspecto blanquecino. Estos afloramientos se encuentran muy fracturados y meteorizados, con coberturas Cuaternarias aluviales detríticas erosionables a la escorrentía superficial.
- b) El área urbana del Algodonal se asienta sobre el abanico de piedemonte con pendientes moderadas a suavemente inclinadas que se emplazan hacia las áreas de cultivos. Parte del área urbana de Paimas se ubica en colinas y lomadas con pendientes moderadas producto de procesos tectónicos degradacionales. Hacia el sur se ubican montañas en rocas intrusivas con laderas de pendientes moderadas a muy fuertes desde donde descienden los flujos.
- c) El sector Algodonal es afectado por flujos de detritos, caída de rocas y cárcavas; estos procesos se activan en temporada de lluvias intensas. El 25 de marzo del 2017 se registró el pico histórico más alto de precipitación en el distrito de Paimas con 136 mm, el mismo día ocurrió un flujo que afectó el área urbana El Algodonal. Los antecedentes registran eventos geodinámicos desde los años 1983, 1987, 1998, 2012 y recientemente en el 2019 pero con menor intensidad.
- d) Los flujos de detritos que descienden por la quebrada Algodonal alcanzan alturas de 2.5 m conformados por gravas angulosas a subredondeadas con matriz areno limosa. Mientras que, las caídas de rocas afectan viviendas ubicadas ladera abajo, así como al canal Quiroz y vías de acceso.
- e) Se determina que, las viviendas asentadas próximas al cauce de la quebrada Algodonal tienen un “Peligro Alto ante flujos de detritos”; mientras que, las viviendas ubicadas en la ladera este del cerro Algodonal están expuestas a “Peligro Alto” por caídas de rocas y cárcavas.

6. RECOMENDACIONES

- A) Reubicar las viviendas que se encuentran dentro del depósito del flujo de detritos y el abanico aluvial, estas geoformas constituyen cauces y canales antiguos donde podrían volver a ocurrir flujos en presencia de lluvias extraordinarias.
- B) Prohibir la construcción de infraestructura o viviendas en las zonas definidas y delimitadas como abanicos de piedemonte ya que están clasificadas como zonas de **peligro alto** por ocurrencia de flujos por activación de la quebrada Algodonal.
- C) Tomar en cuenta, los peligros geológicos y geoformas susceptibles a flujos, caídas de rocas y erosión de laderas (cárcavas) para zonificar y ordenar la expansión urbana, con el objetivo de disminuir el crecimiento indiscriminado y no planificado de la población, lo que representaría su exposición en zonas de alto peligro.
- D) Realizar el monitoreo del avance de los procesos de erosión en cárcavas, los cuales producen daños principalmente a vías de acceso y viviendas.
- E) Realizar el mantenimiento y rehabilitación en los muros del canal Quiroz por peligro de erosión y colapso.
- F) Mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales del sector Algodonal con el objetivo de evacuar las aguas superficiales hacia las quebradas adyacentes.
- G) Construir las medidas de mitigación estructural en las infraestructuras señaladas como: barreras y canales para el adecuado manejo de la escorrentía superficial con el objetivo de conducir adecuadamente el agua proveniente de la parte alta de la ladera, impermeabilizar el mayor porcentaje de superficie y evitar la pérdida de suelo.
- H) Sensibilizar a la población a través de talleres o charlas con el objetivo de evitar asentamientos de viviendas o infraestructura cerca de las zonas inundables y flujos de detritos.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act-07



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

7. BIBLIOGRAFÍA

- Dávila, J. (1999). Diccionario geológico, 3a. ed. Lima: INGEMMET, 1006 p.
- Jaimes, F.; Navarro, J.; Santos, A. & Bellido, F. (2012). Geología del cuadrángulo de Las Lomas. INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 146, 118 p., 4 mapas.
- 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.
- Vicente, M.F. (2009). Origen, evolución y dinámica actual de cárcavas del piedemonte norte del Guadarrama. Métodos de estudio y criterios para su gestión con bases ecológicas. Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA9).
- Vicente, F.; Sanz, M.A.; Lucía, A.; Martín-Duque, J.F. (2009). Evolución geomorfológica en tiempos históricos recientes de cárcavas del borde del piedemonte norte del Guadarrama (Segovia, España): Estudio a partir de fuentes documentales. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Sec. Geol., 103(1-4): 49-64.
- Villacorta, S.; Fidel, L. & Zavala, B. (2012). Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa del Perú. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 69(3), 393–399. Vílchez, M., Luque, G. & Rosado, M. (2009). Zonas críticas por peligros geológicos en la región Piura-primer reporte.
- Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Vílchez, M.; Ochoa, M. & Pari, W. (2019) – Peligro geológico en la región Huancavelica, INGEMMET, Boletín N°69, Serie c: Geodinámica e Ingeniería Geológica. 216 p.
- Vílchez, M., Luque, G. & Rosado, M. (2013). Riesgo geológico en la región Piura. Boletín N° 52 serie C: Geodinámica e ingeniería geológica.
- Vílchez, M., Sosa, S. & Jaimes, S. (2017). Evaluación Geológica de las Zonas afectadas por El Niño Costero 2017 en la Región Piura.
- Vílchez, Sosa, Jaimes, Mamani, Cerpa y Martínez (2017). Peligros geológicos y geo-hidrológicos detonados por el Niño Costero 2017 en la región Piura: análisis geológico, geomorfológico y de peligros en la ciudad de Piura y centros poblados afectados por inundación en el tramo comprendido entre la presa Los Ejidos y la Unión.
- Hays, W. (1992). Facing geologic and hydrologic hazards. Washington, D.C.: U.S. Government Print. Office.

ANEXO 1: MAPAS Y PERFILES

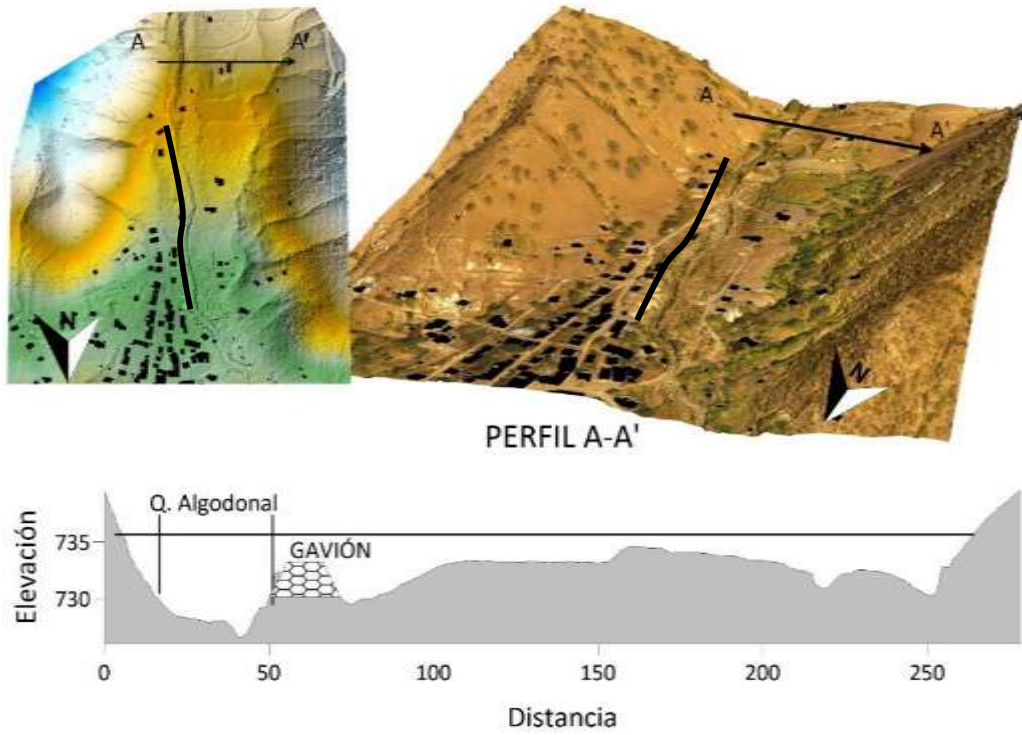


Figura 20. Perfil transversal ubicado a 230 m aguas arriba de la quebrada Algodonal.

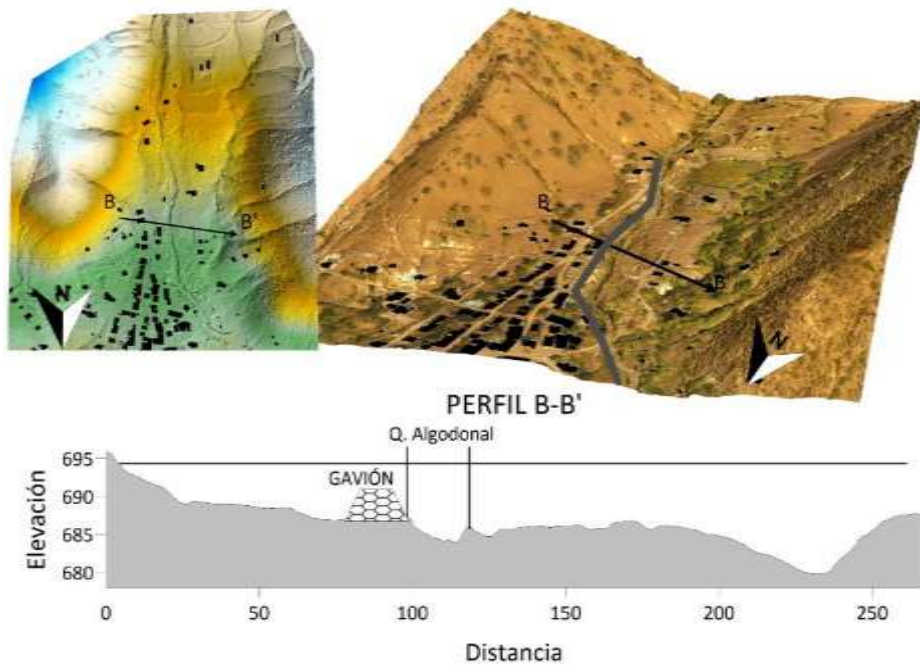


Figura 21. Perfil transversal ubicado a 270 m aguas abajo de la quebrada Algodonal.

Caída de rocas

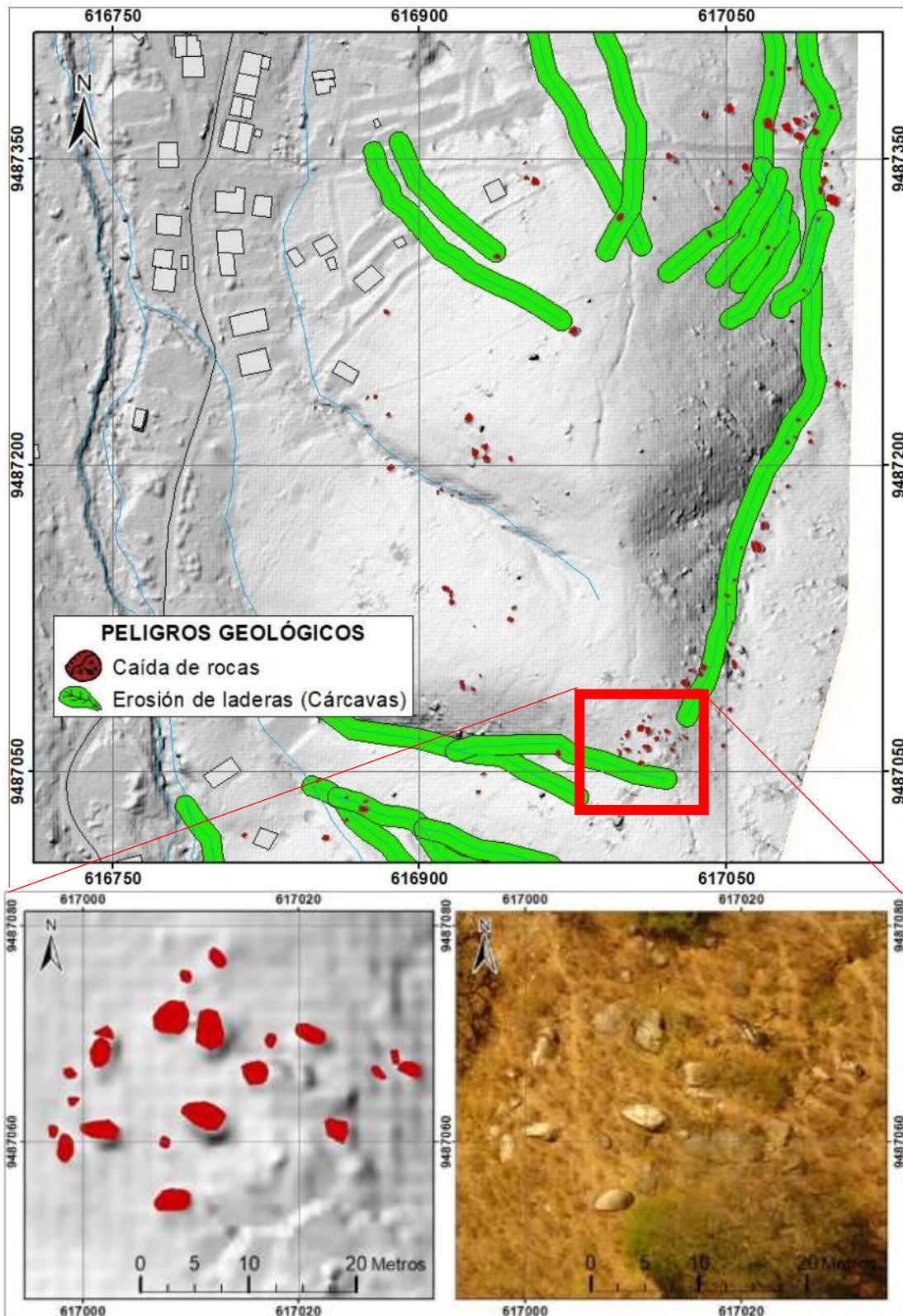


Figura 22. Zona de caída de rocas 01.

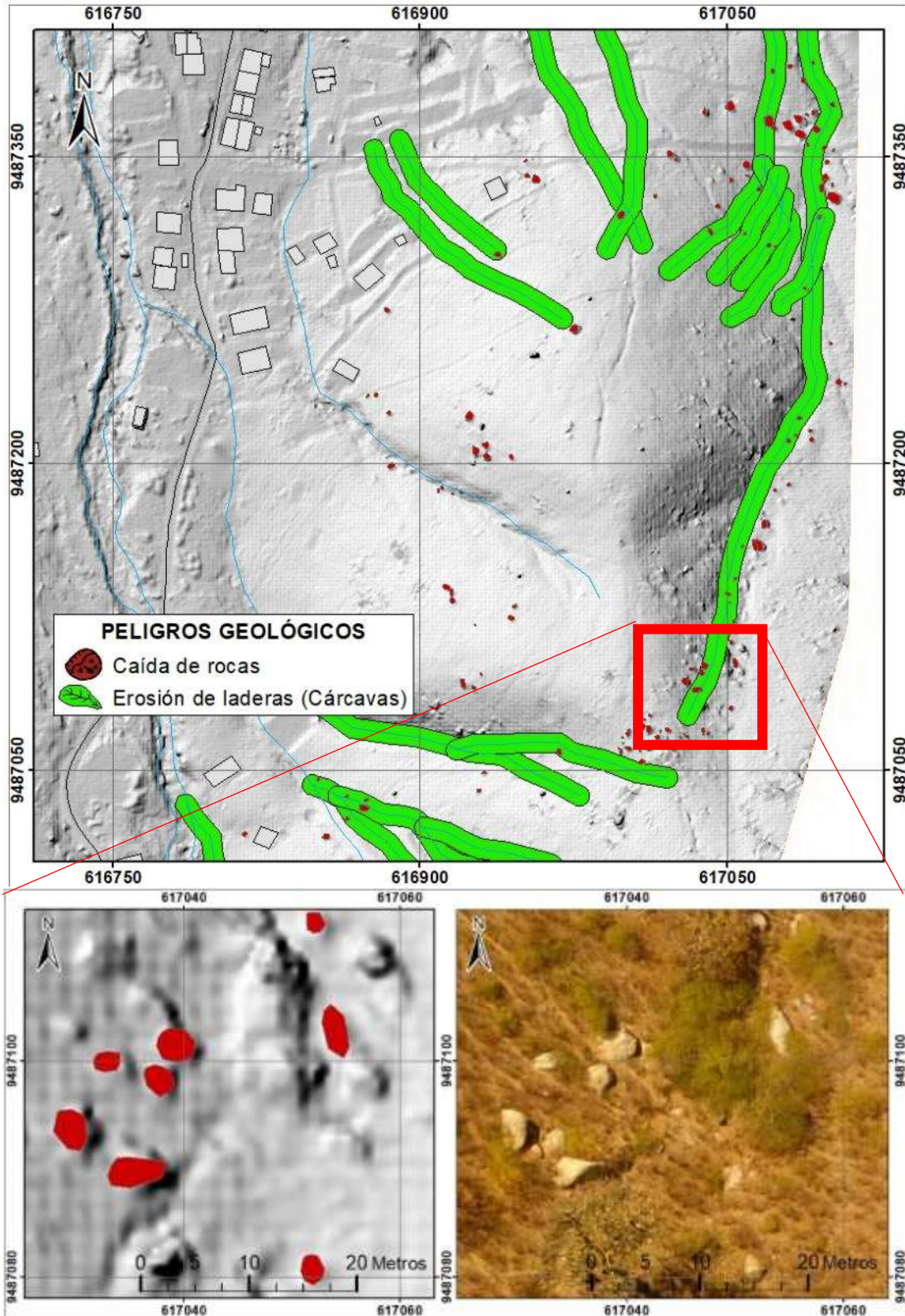


Figura 23. Zona de caída de rocas 02.

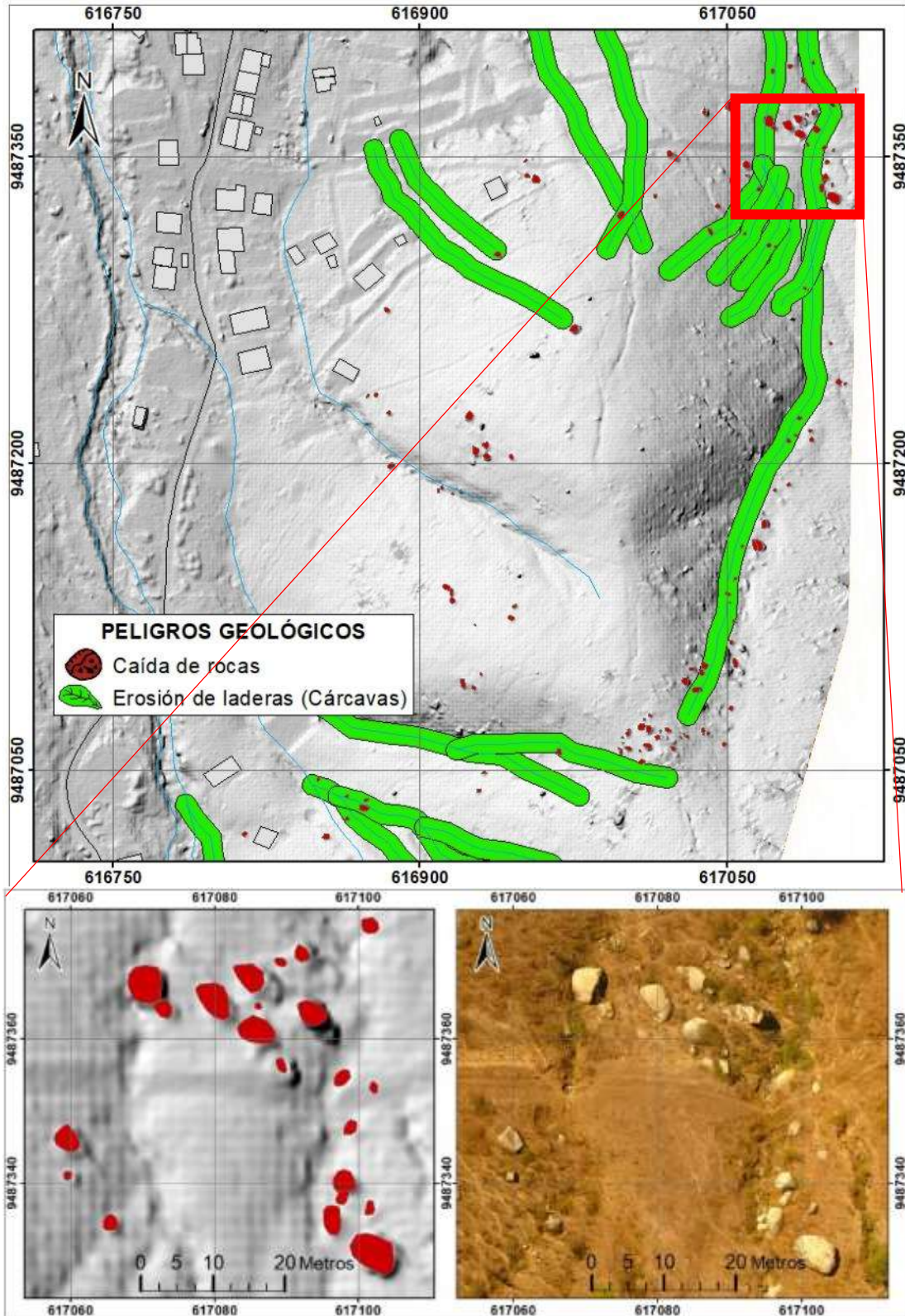


Figura 24. Zona de caída de rocas 02.

ANEXO 2: GLOSARIO

Flujo

Según Varnes (1978), un flujo 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 (figura 25). En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída.

Flujo de Detritos (Huaico)

Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos. Los flujos de detritos desarrollan pulsos usualmente con acumulación de bloques en el frente de onda. Como resultado del desarrollo de pulsos, los caudales pico de los flujos de detritos pueden exceder en varios niveles de magnitud a los caudales pico de inundaciones grandes (PMA: GCA, 2007). Esta característica hace que los flujos de detritos tengan un alto potencial destructivo.

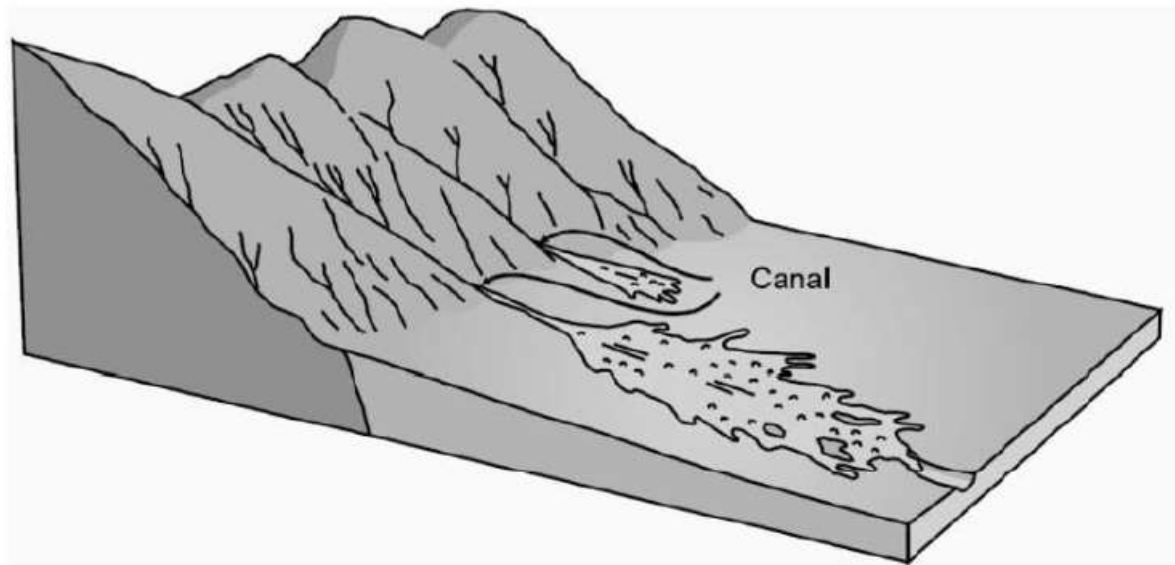


Figura 25. Esquema de un flujo canalizado (Cruden y Varnes, 1996).

Caída

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.

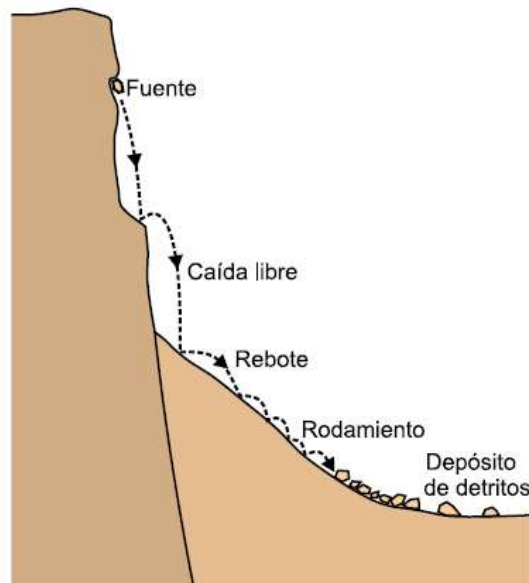


Figura 26. Esquema de la caída de rocas (Varnes, 1978).

Erosión de laderas (cárcavas)

Las incisiones que constituyen las cárcavas, se ven potenciadas por avenidas violentas y discontinuas, lluvias intensas o continuas sobre terrenos desnudos o por la concentración de flujos superficiales fomentados por obras de drenaje de caminos o carreteras.

En general, los cursos de agua fluctúan hacia un punto de equilibrio, de forma que, si el caudal se incrementa, el canal se ensanchará, profundizará o incrementará su pendiente hasta conseguirlo, y sólo podrá recuperar su estado original si las alteraciones son leves; pero si la cárcava comienza, será necesario un esfuerzo de mayor magnitud para conseguir volver a esa situación inicial. En la denominada erosión por cárcavas, el escurrimiento superficial es grande y con elevada energía erosiva, de forma que se concentra dando lugar a surcos o cárcavas que pueden alcanzar decenas de metros, tanto en dimensión longitudinal como altitudinal.

La FAO (1967) describe el crecimiento de las cárcavas como el resultado de la combinación de diferentes procesos, los cuales pueden actuar de manera aislada. Estos procesos comprenden:

- Erosión en el fondo o en los lados de la cárcava por la corriente de agua y materiales abrasivos (fragmentos de roca o partículas de suelo).
- Erosión por el agua de escorrentía que se precipita en la cabecera de la cárcava y que ocasiona la regresión progresiva de ésta.
- Derrumbes en ambos lados de la cárcava por erosión de las aguas de escorrentía.

Las cárcavas inicialmente tienen una sección transversal en forma de "V" pero al presentarse un material más resistente a la erosión o interceptar el nivel freático, se extienden lateralmente, tomando una forma en "U" (figura 27).

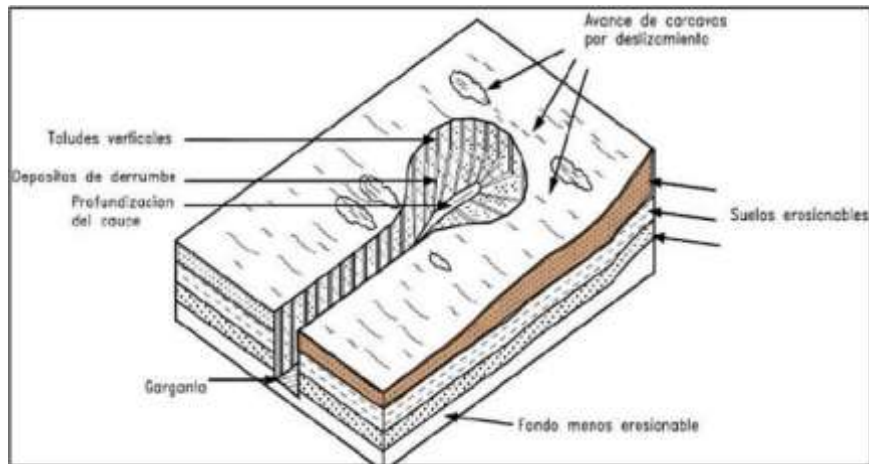


Figura 27. Esquema general de una cárcava. Tomado de Suárez (1998).

ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Mitigación de peligros por inundación y erosión fluvial

Para disminuir los daños ocasionados por inundaciones y/o erosión fluvial en la quebrada Algodonal, se pueden aplicar las siguientes medidas:

- Encauzamiento del lecho principal, ríos y quebradas afluentes, en zonas donde se produzcan socavamientos laterales de las terrazas aledañas. Para ello se debe construir espigones laterales, enrocado o gaviones (figura 28), para aumentar la capacidad de tránsito en el cauce de la carga sólida y líquida durante las crecidas y limpiar el cauce.

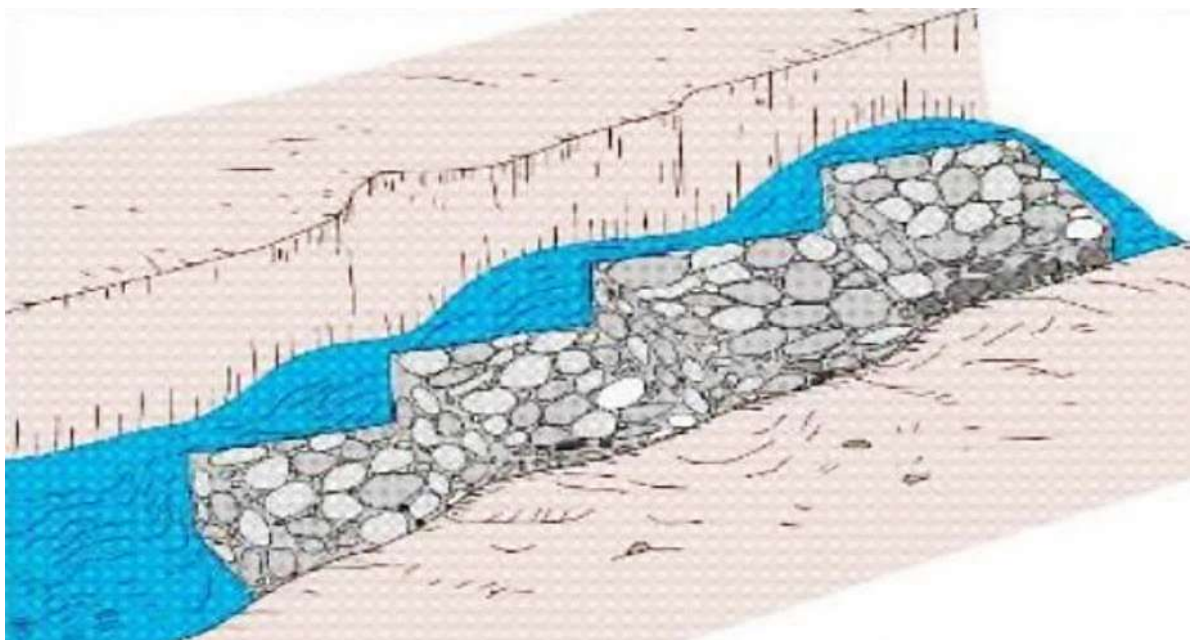


Figura 28. Gaviones para encauzar el lecho y ambas márgenes de la quebrada Algodonal.

- Protección de las terrazas aluviales de los procesos de erosión fluvial por medio de diques de defensa o espigones, que ayudan a disminuir el proceso de arranque y desestabilización (figura 29).

- Realizar trabajos que propicien el crecimiento de bosques ribereños con especies nativas (molle, sauce, carrizos, caña brava); pero evitar la implantación de cultivos en el lecho fluvial para que no interrumpa el libre discurrir de los flujos hídricos.

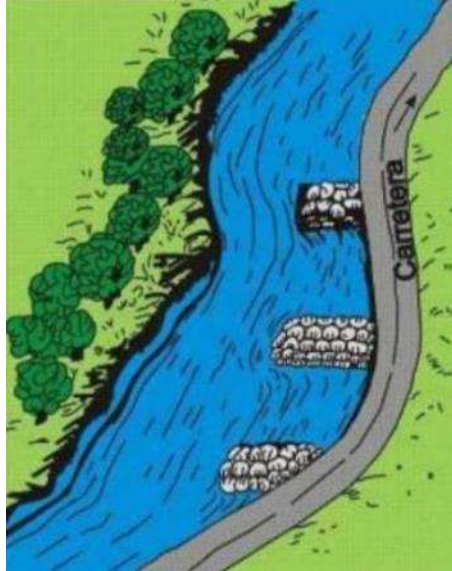


Figura 29. Espigones para proteger las terrazas aluviales.

- Una línea principal de defensa que proteja toda la zona o líneas locales de defensa que protejan diversas de la zona.
- Las estructuras de las líneas de defensa de protección contra las inundaciones deben consistir en: diques de defensa (malecones) o terraplenes, erigidos para proteger el terreno situado detrás. Deberá preverse un margen bastante amplio de altura para el caso de que las condiciones de cimentación sean deficientes, con el fin de compensar un exceso de asiento del terraplén.
- Muros de encauzamiento de avenidas, muelles y terraplenes construidos para proteger los asentamientos humanos.
- Carreteras y otras vías de comunicación para el acceso al sistema de defensa, que permita el tránsito de personas y equipos durante las operaciones de defensa o para los trabajos de mantenimiento.
- Reparación de los terraplenes, el mantenimiento de la capacidad de los cursos de agua mediante el dragado y limpieza, y la conservación de las esclusas compuertas y otros equipos.
- Construir presas transversales de sedimentación escalonada para controlar las fuerzas de arrastre de las corrientes de cursos de quebradas que acarrear grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional. Cuya finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos (figura 30).



Figura 30. Presas de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huaicos (INGEMMET, 2003).

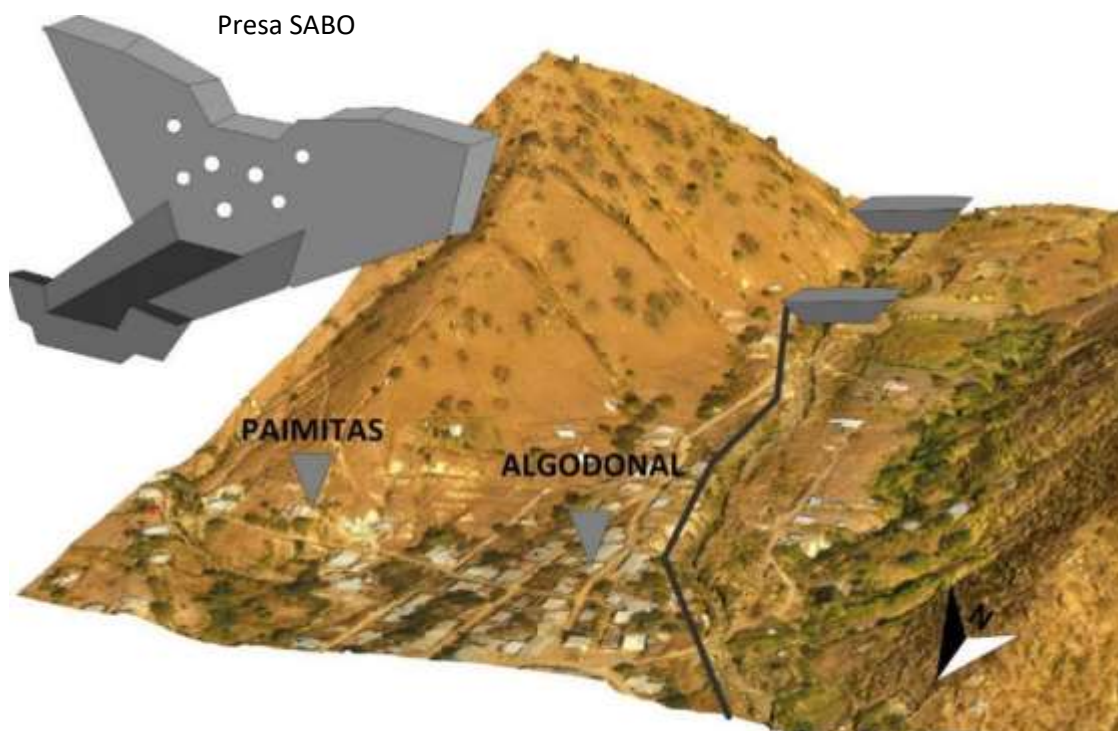


Figura 31. Presas de sedimentación en la quebrada Algodonal y gavión en la margen derecha.

- Las presas tipo SABO son una alternativa mucho más costosa pero que requiere de un mantenimiento mucho más alto en costo.