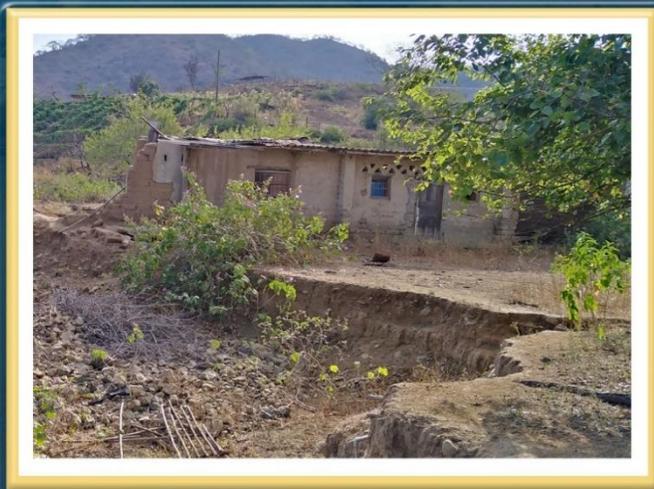


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7091

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS EN LOS SECTORES EL HIGUERÓN Y SAN PEDRO

Región Piura
Provincia Ayabaca
Distrito Paimas



**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS EN LOS
SECTORES EL HIGUERÓN Y SAN PEDRO, 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 y geohidrológicos en los sectores El Higuero y San Pedro. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7091, 40 p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.3. Aspectos generales	4
1.3.1. UBICACIÓN.....	4
1.3.2. ACCESIBILIDAD	5
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	6
2.1. Unidades litoestratigráficas	8
2.1.1. FORMACIÓN SAN LORENZO (Ki-vsl)	8
2.1.2. FORMACIÓN LA BOCANA (Ks-vbs).....	8
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	10
3.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)	10
3.2. Pendientes del terreno	10
3.3. Unidades geomorfológicas	13
3.3.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL	13
3.3.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL ..	14
4. PELIGROS GEOLÓGICOS Y/O GEOHIDROLÓGICOS	18
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	18
4.2. Flujo de detritos en el sector Higuierón	18
4.2.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO	18
4.3. Inundación fluvial en el sector El Higuierón	21
4.3.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO	21
4.4. Erosión fluvial	23
4.4.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO	23
4.5. Erosión de laderas (cárcavas)	25
4.5.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO	25
4.5.2. FACTORES CONDICIONANTES.....	28

4.5.3.	FACTORES DESENCADENANTES	29
4.5.4.	DAÑOS POR PELIGROS GEOLÓGICOS.....	30
5.	CONCLUSIONES.....	31
6.	RECOMENDACIONES.....	32
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	32
	ANEXO 1: MAPAS Y PERFILES.....	34
	ANEXO 2: GLOSARIO.....	35
	ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN.....	38

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizados en los sectores El Higuieron y San Pedro, que pertenecen 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 actualización, 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 volcánicos de las Formaciones San Lorenzo y La Bocana (lavas andesíticas con brechas y aglomerados volcánicos andesíticos; además de flujos piroclásticos con diques andesíticos). Los movimientos en masa tipo flujo de detritos, se desarrollaron principalmente en el cauce de la quebrada El Higuieron; mientras que, las inundaciones y procesos de erosión fluvial afectan las llanuras de inundación y bordes de la quebrada en ambas márgenes.

Las geoformas identificadas corresponden a las de origen tectónico-degradacional y erosional (colinas y lomadas en rocas volcánicas) y geoformas de carácter depositacional y agradacional principalmente originada por la ocurrencia de movimientos antiguos, que configuran geoformas de piedemonte (vertiente o piedemonte aluvial) y planicie inundable (llanura o planicie inundable); así como, cauce de río. Se considera que, el principal factor condicionante que origina la ocurrencia de peligros geológicos por flujos de detritos, inundaciones y erosión fluvial, es la pendiente del terreno que va de llana (<1°) a suavemente inclinadas (5°), los procesos de erosión y formación de cárcavas ocurren en relieves con pendientes moderadas (5°-15°).

Los procesos identificados en los sectores El Higuieron y San Pedro corresponden a los denominados movimientos en masa (flujo de detritos), eventos que se activan en temporadas de lluvias extraordinarias, como ocurrió en el mes de marzo con el Niño Costero 2017; también se identificó planicies y llanuras inundables y procesos de erosión fluvial 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 cruce Suyo a Paimas principal vía de acceso hacia Ayabaca.

Se concluye que, el área de estudio es considerada de **Alto** peligro a la ocurrencia de flujos, inundaciones y erosión fluvial que pueden ser desencadenados en la temporada de lluvias (octubre a marzo) y eventos anómalos como el Niño Costero.

Finalmente, se brinda recomendaciones que deben de implementarse en las zonas afectadas por los peligros geológicos identificados, los muros de contención, espigones de enrocado o gaviones se proyectan principalmente en la margen derecha de la quebrada Higuieron.

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, inundación, erosión fluvial y erosión de laderas”), ocurridos el día sábado, 25 de marzo de 2017 que afectó viviendas y terrenos de cultivo en los sectores El Higuierón y San Pedro.

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, 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 los sectores El Higuierón y San Pedro, 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 tramo de la carretera Suyo – Paimas y la quebrada El Higuierón afecta la vía de acceso hacia Ayabaca por ocurrencia de flujos de detritos.

- B) Boletín N° 52, serie C, geodinámica e ingeniería geológica: “Riesgo Geológico en la Región Piura” (2013); en el informe se menciona el tramo de la carretera Las Lomas – Paimas / Higuierón y al Saucha, donde el basamento está constituido por rocas volcánicas. Durante la época de lluvias este arrastra flujo de detritos cuyos clastos tienen diámetro mayor a 30 cm, presenta una pendiente ligeramente inclinada, que permite que el agua baje con gran energía y acumule el material detrítico en la carretera y provoque inundación de la misma, impidiendo el normal tránsito de vehículos y peatones.

- C) 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).

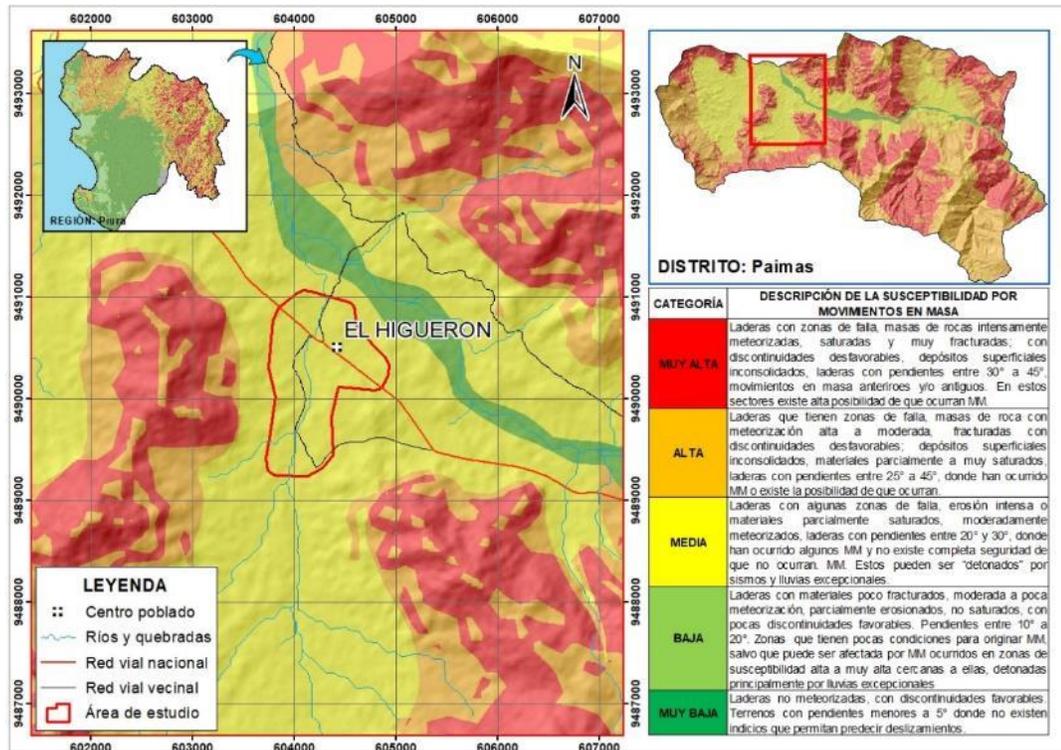


Figura 01. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la zona de evaluación (Vilchez et al., 2017).

D) Boletín N° 146, serie A, Carta Geológica Nacional: "Geología de los cuadrángulos de Las Lomas" (2012), se describe la geología a escala 1: 50,000 además de mapas geomorfológicos (Cordillera Occidental, planicies, lomas y valles o depresiones). Gran parte de los intrusivos de estas unidades se encuentra frescos con ligera alteración superficial, sobre todo por meteorización. Además, se presenta una síntesis geodinámica de los principales eventos que afectaron la región.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. UBICACIÓN

El área evaluada se enmarca en los sectores El Higuero y San Pedro que pertenecen al distrito de Paimas, provincia de Ayabaca, región Piura (figura 02), en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 17S) siguientes:

Cuadro 01. Coordenadas del área de estudio

N°	UTM - WGS84 - Zona 17L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	603722	9491070	-4.60°	-80.06°
2	604897	9491070	-4.60°	-80.05°
3	604897	9489239	-4.62°	-80.05°
4	603722	9489239	-4.62°	-80.06°

COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	604198	9490593	-4.60°	-80.06°

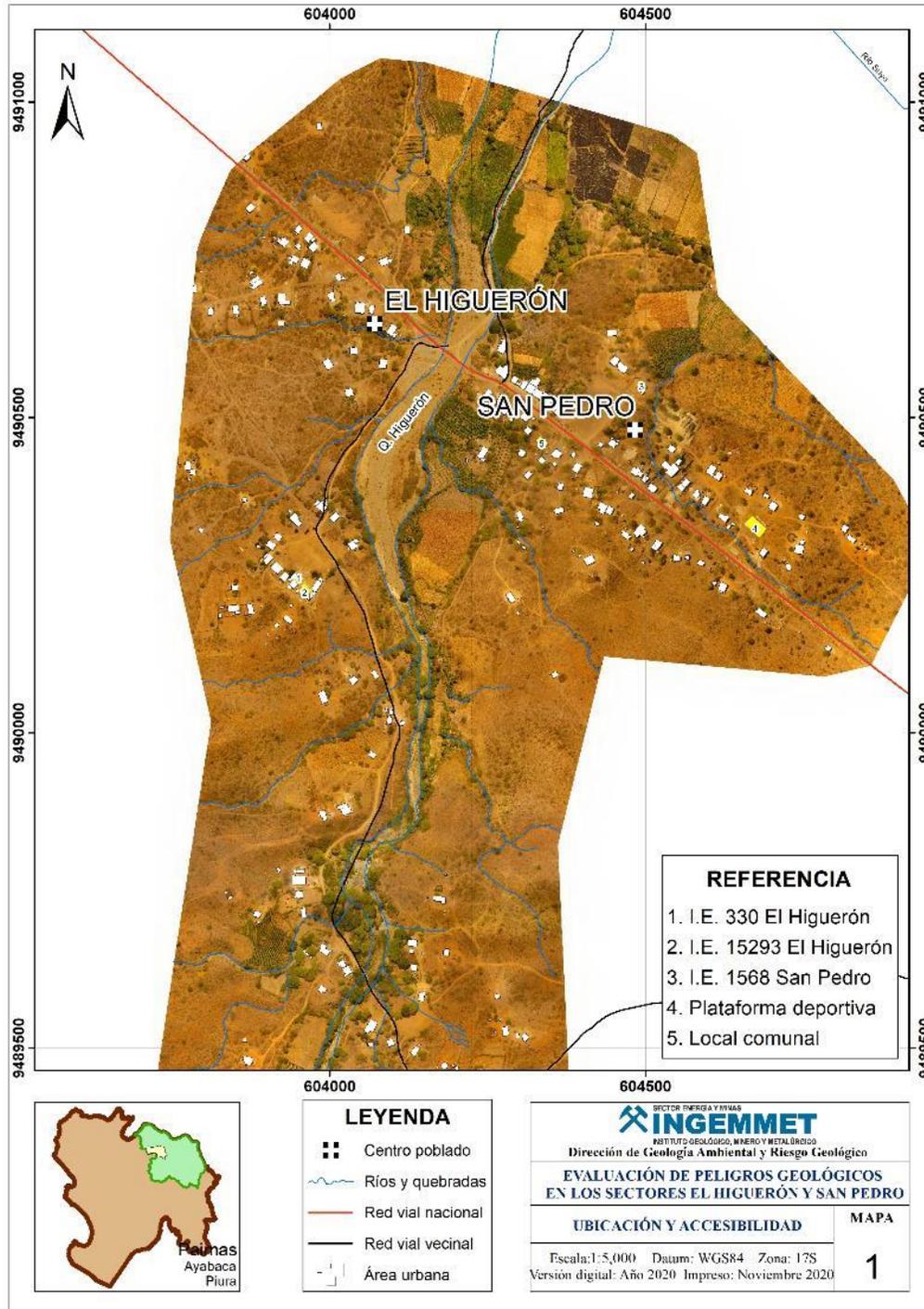


Figura 02. Mapa de ubicación.

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 – El Higuero	Asfaltada	12	10 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 El Higuero y San Pedro afloran aglomerados masivos de origen volcánico correspondiente al Volcánico La Bocana; mientras que, hacia el este, afloran andesitas basálticas que forman montañas y elevaciones medias que se han modelado con el paso del tiempo como colinas y lomas, los depósitos Cuaternarios están conformados por materiales aluviales producto de los flujos de detritos provenientes de la parte alta de la cuenca, así como, depósitos fluviales provenientes del río Suyo y la quebrada El Higuero (figura 03). La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

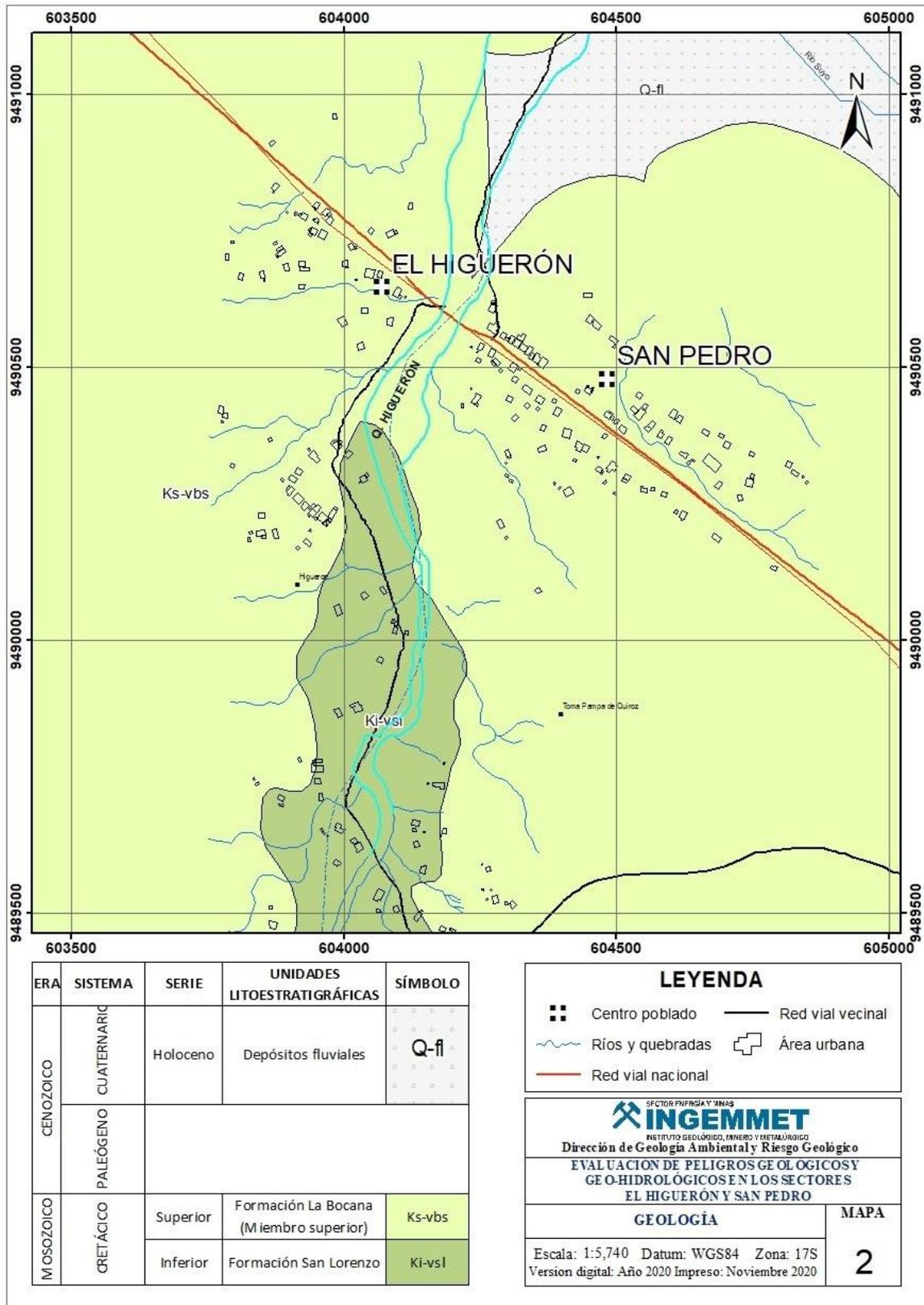


Figura 03. Geología del cuadrángulo de Las Lomas y la zona de estudio (Jaimes et al., 2012).

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)

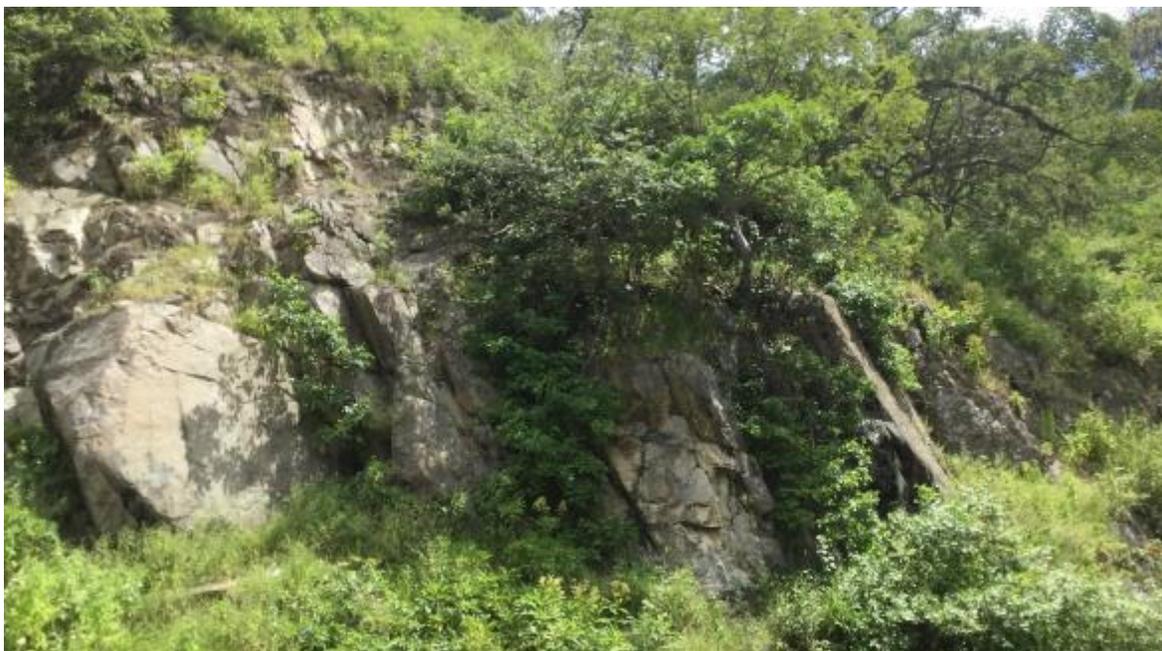
Está conformada por lavas andesíticas basálticas de aspecto masivo con brechas, estos afloramientos se ubican al sur y noroeste de la zona urbana del sector El Higuérón (fotografía 01).



Fotografía 01. Lavas andesíticas basálticas con niveles brechosos que afloran en la quebrada El Higuérón.

2.1.2. FORMACIÓN LA BOCANA (Ks-vbs)

En las inmediaciones de la zona de estudio afloran aglomerados volcánicos andesíticos y andesita basáltica con grandes litoclastos angulosos a subredondeados y con algunas intercalaciones de sedimentos calcáreos. Además, del miembro superior conformado por flujos piroclásticos con presencia de diques andesíticos (fotografía 02).



Fotografía 02. Andesitas basálticas con presencia de diques andesíticos.

2.1.3. DEPÓSITOS FLUVIALES (Q-fl)

Constituidos por gravas subredondeadas a subangulosas de composición principalmente andesítica, envueltos en una matriz de arenas gruesas y limos, se encuentran distribuidos de sur a norte, donde se ha emplazado el área urbana del sector El Higuero (fotografía 03).



Fotografía 03. Materiales aluviales distribuidos de sur a norte dando forma a un 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 levantamiento fotogramétrico permitió obtener un modelo digital de elevaciones, abarcando un total de 137 ha. El área urbana de los sectores El Higuierón y San Pedro se asienta sobre relieves con elevaciones entre 404 m s.n.m y 444 m s.n.m, distribuidas principalmente en la margen derecha de la quebrada del mismo nombre. Las máximas elevaciones se ubican al sur de la zona alcanzando más de 475 m de altitud, mientras que, hacia el noreste se encuentran relieves con elevaciones que descienden hasta 400 m s.n.m que ocupan el cauce y la desembocadura de la quebrada El Higuierón hacia el río Quiroz (figura 04).

3.2. Pendientes del terreno

El área de evaluación abarcó un total de 137 ha, de las cuales 52 ha (37%) tienen pendientes llanas a suavemente inclinadas ($<5^\circ$) estas áreas están expuestas a inundaciones y flujos, los relieves con pendientes moderadas a fuertes alcanzan 80 ha (58%), mientras que, solo 5 ha (5%) tienen pendientes muy fuertes a muy escarpadas que se distribuyen en colinas y lomadas (figura 05).

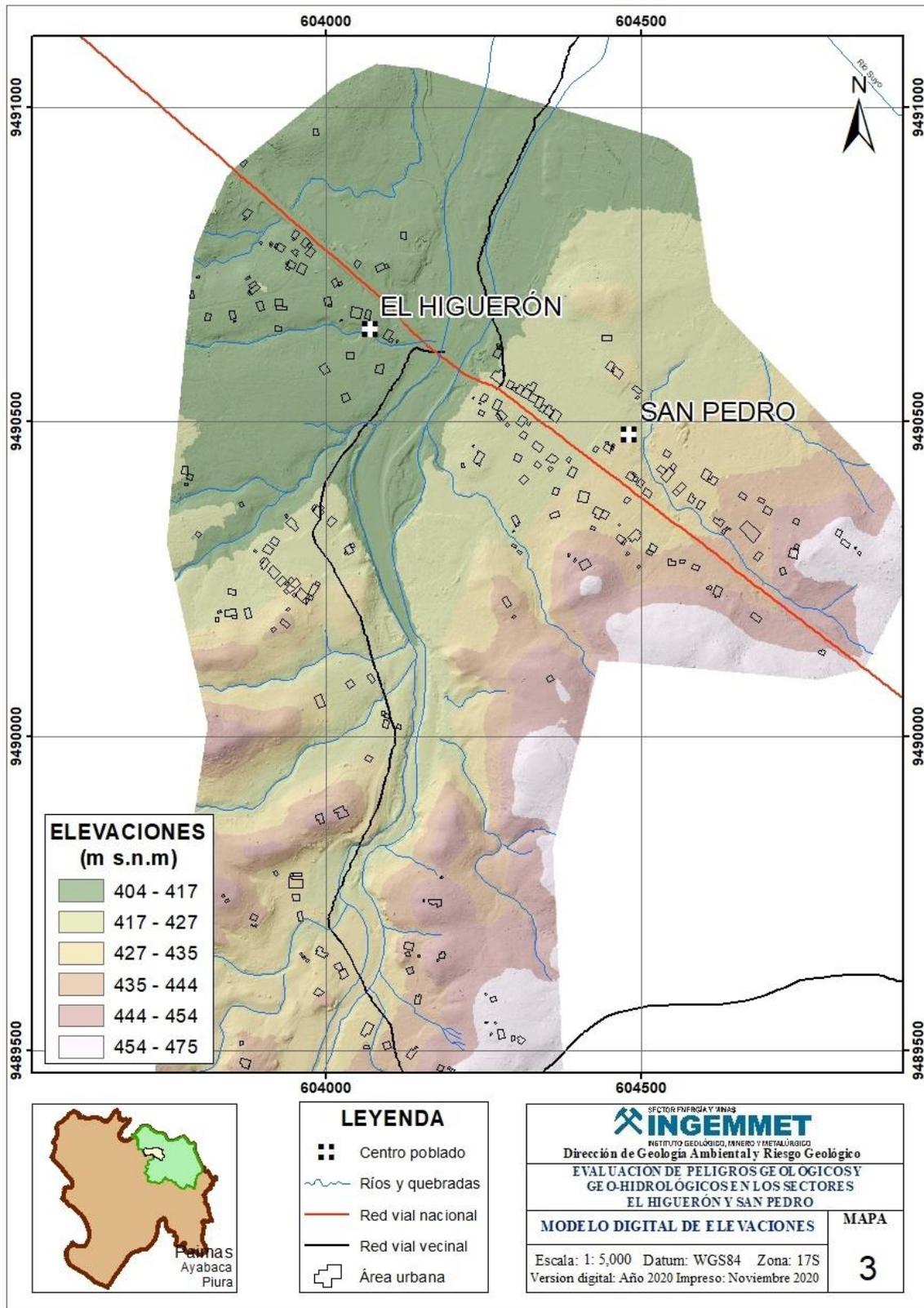


Figura 04. Mapa de elevaciones (Fuente propia).

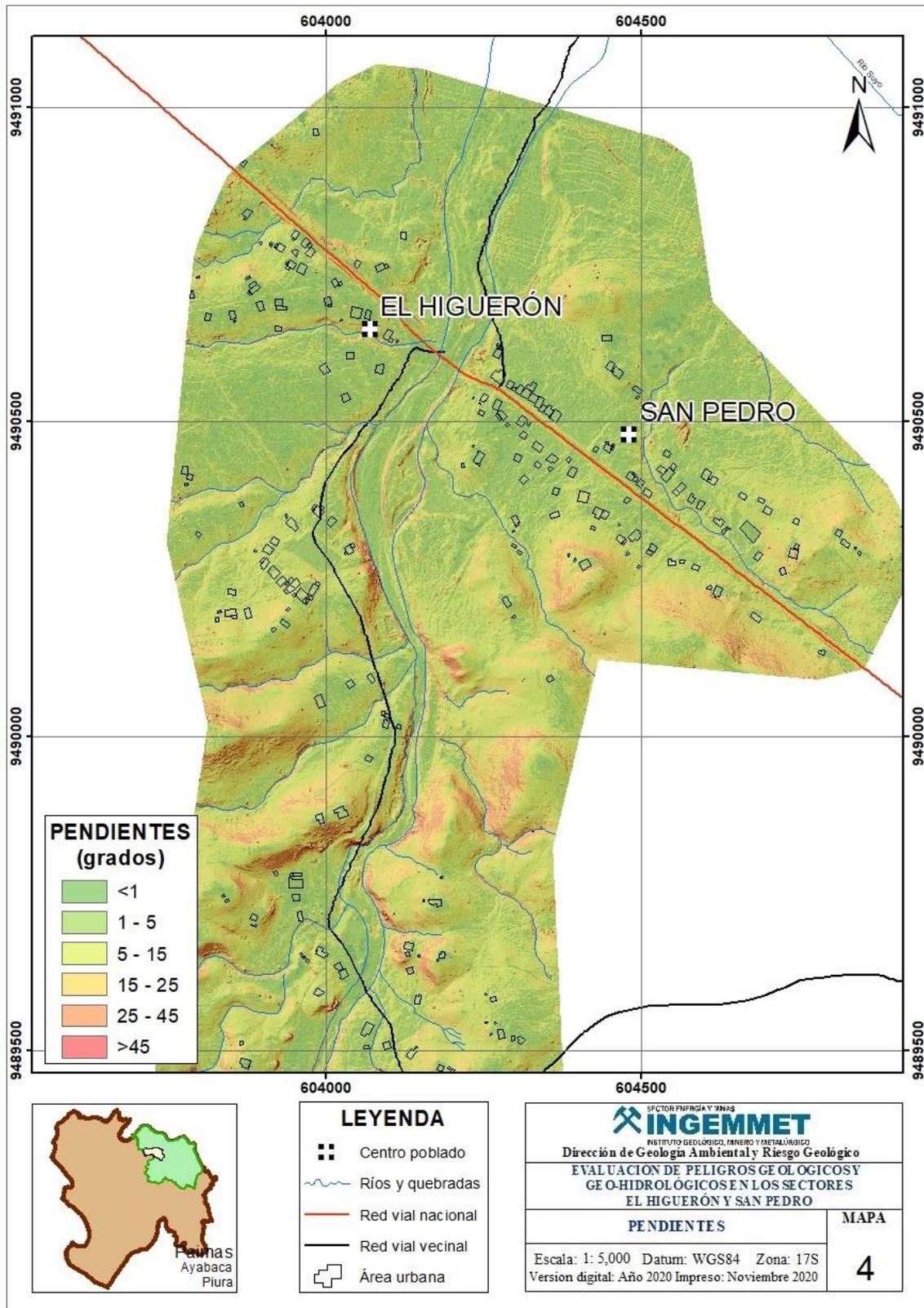


Figura 05. Mapa de pendientes del sector El Higuero (Fuente propia).

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 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).

Subunidad de colinas y lomadas en rocas volcánicas (RCL-rvs): Están conformadas por rocas volcánicas, modeladas por procesos erosionales dando origen a relieves redondeados y alargados sobre las cuales se asienta gran parte del área urbana del Higuierón y San Pedro. Las colinas y lomadas tienen una cobertura detrítica expuesta a procesos de erosión y formación de cárcavas (figura 06).



Figura 06. Colinas y lomadas ubicadas al norte de la zona de estudio

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 geoformas 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 vertiente o piedemonte aluvial (V-al): Están unidad se distribuye al norte y hacia ambas márgenes de la quebrada El Higuierón entre las colinas y las llanuras de inundación del cauce de la quebrada (figura 07).



Figura 07. Vista aérea del piedemonte aluvial en la zona de evaluación.

3.3.2.2. Unidad de planicie inundable

Área adyacente al río, formada por desbordamientos repetidos. Planicies aluviales aledañas a las corrientes de agua superficiales, como ríos, arroyos y lagunas, las cuales se han formado en el pasado con los sedimentos que periódicamente han depositado las inundaciones fluviales.

Subunidad de llanura o planicie inundable (PI-i): Son relieves con pendientes llanas adyacente a la quebrada El Higuierón, los desniveles entre el cauce y los terrenos es

menor a 1.5 m y se encuentran ubicados a ambas márgenes de la quebrada; se inundan en temporadas de lluvias intensas (figuras 08 y 09).



Figura 08. Relieves bajos adyacentes a la quebrada El Higuierón donde se asientan 3 viviendas en la margen izquierda de la quebrada.



Figura 09. Comparativa entre el cauce de la quebrada El Higuierón y las zonas inundables.

Subunidad de cauce de río (R): Esta unidad cruza la zona de estudio de sur a norte con anchos promedios de 40 m a 70 m; se caracteriza por estar conformada por clastos, gravas y arenas de grano grueso, etc., transportadas por las crecidas y flujos de la quebrada El Higuierón (figura 10).



Figura 10. Cauce de la quebrada El Higuero.

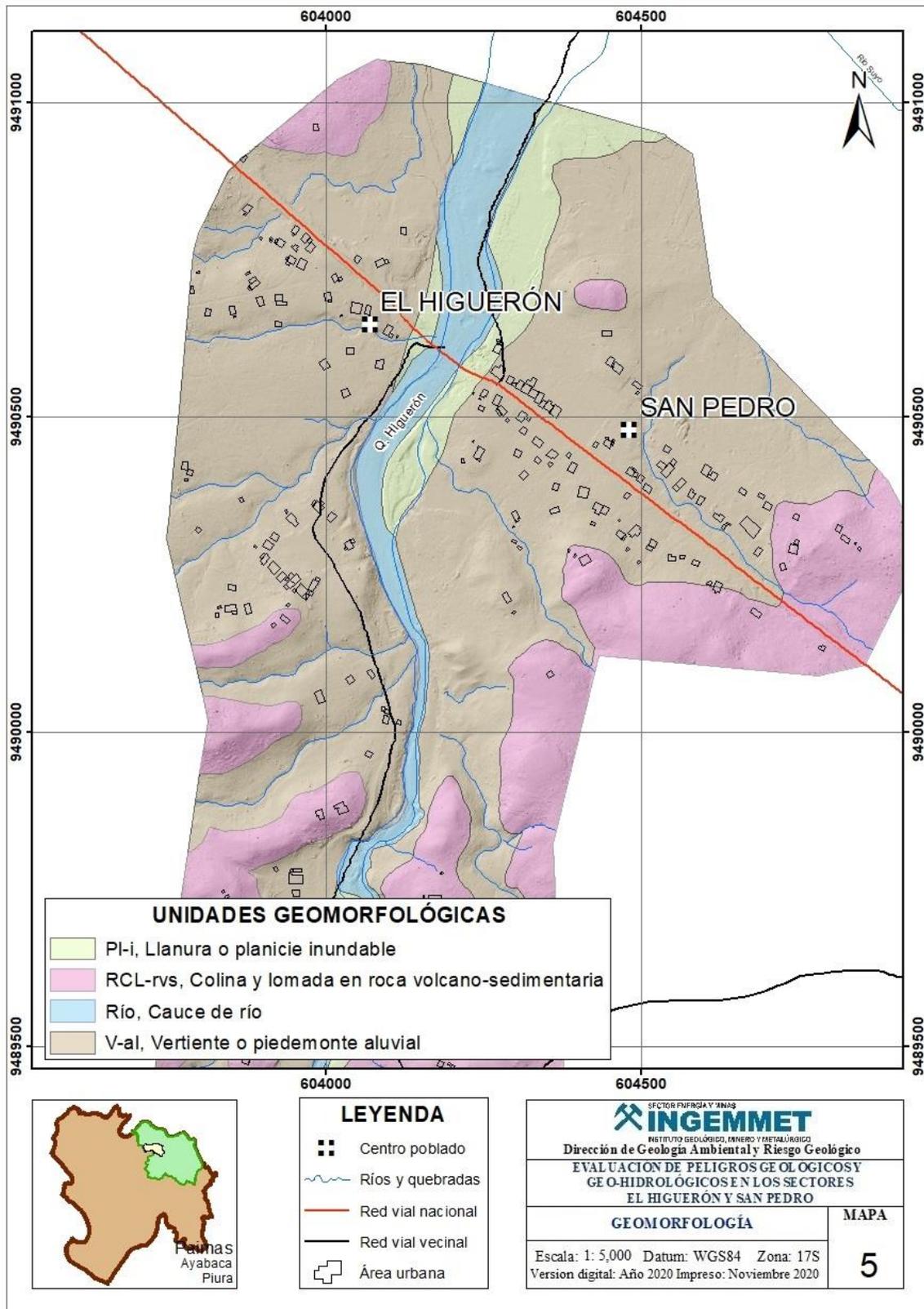


Figura 11. Mapa geomorfológico del sector El Higuieron (Elaboración propia)

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), erosión de laderas, inundación y erosión fluvial (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 “detonantes” 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 y 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 Higuierón

Según la estación meteorológica de SENAMHI, en enero y marzo del 2017 en el distrito de Paimas, se registraron picos diarios de hasta 63 mm. El flujo de detritos ocurrido en la quebrada EL Higuierón reportado en medios de prensa ocurrió el 25 de marzo durante el Niño Costero, este dato fue comparado con el registro pluviométrico de la estación local que llegó a 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 día 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, estos materiales arrastraron palizada lo que evidenció el poder erosivo del flujo (figura 12, 13 y 14).

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

- El emplazamiento del material originó un abanico aluvial aguas abajo del área urbana del Higuierón.

- El área afectada: 22 has.
- Ancho y altura del flujo: 45 m y 1.5 m.
- Volumen desplazado: 14 000 m³.
- Tamaños de bloques: Clastos (25%), gravas (40%) y arenas (35%).
- El flujo se canalizó en el cauce de la quebrada, recorriendo una distancia de 1.4 km.



Figura 12. Materiales proluviales depositados por el flujo en el mes de marzo del 2017, vista de oeste a este.

El basamento litológico conformado por rocas volcánicas constituye una plataforma poco erosionable, la profundidad del cauce no ha variado; sin embargo, producto de las crecidas y flujos, el cauce se colmata constantemente debido a la gran cantidad de materiales que llegan a las zonas bajas (figura 13).



Figura 13. Crecida en la quebrada El Higuерón, imagen tomada el 25 de marzo del 2017 en la quebrada El Higuерón.

La forma de drenaje rectilínea en la cuenca media y baja es controlada principalmente por la litología, afloramientos de rocas volcánicas poco erosionables y coberturas aluviales.



Figura 14. Materiales proluviales depositados por flujos rápidos en la quebrada El Higuерón.

4.3. Inundación fluvial en el sector El Higuero

El 25 de marzo del 2017 durante el Niño Costero, la estación pluviométrica de Paimas registró un pico histórico de 131.6 mm. Las intensas precipitaciones desencadenaron incrementos de caudales que inundaron cauces antiguos y llanuras próximas al área urbana del Higuero (figura 15).

4.3.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

La inundación fluvial en el sector El Higuero tiene las siguientes características:

- La llanura de inundación ubicada en la margen derecha abarca 5.7 ha, sobre esta existen zonas agrícolas.
- Vía de comunicación Piura-Ayabaca, 185 m lineales del tramo cruce Suyo Paimas.
- Altura de agua: 2.5 m.
- Avenida excepcional producto de lluvias intensas en el Niño Costero.
- Red hídrica principal del curso de la quebrada El Higuero: Rectilíneo.



Figura 15. Quebrada El Higuero con un tirante de agua de 0.5 cm, imagen tomada el 26 de marzo 2017 (Fuente: INDECI-Paimas).

Gran parte de la cuenca baja de la quebrada El Higuero, aguas abajo del área urbana, el cauce y relieves aledaños son ocupados como terrenos de cultivos, además existen canales y acequias de irrigación que derivan el agua del río Suyo hasta la zona, ante la ocurrencia de lluvias intensas estos cultivos podrían perderse por completo debido a las inundaciones (figura 16).



Figura 16. Pozo para extracción de agua para riego en agricultura

La morfometría del drenaje de tipo dendrítica en la parte alta de la cuenca y recta en la parte baja está controlada por la litología.

En ambos márgenes existen llanuras de inundación con desniveles menores a 1.5 m, estos relieves se modelan por el curso y evolución de ríos y quebradas y que han formado parte de lechos o cauces antiguos y que luego son ocupados por actividad antrópica (figuras 17 y 18).



Figura 17. Vista área de las llanuras de inundación en la zona de estudio.

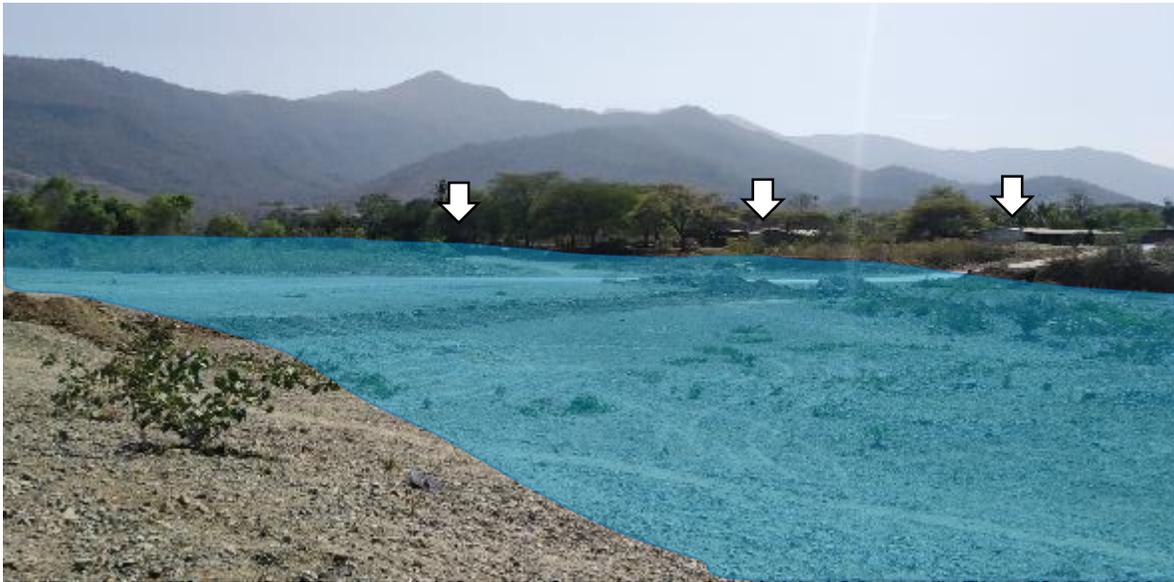


Figura 18. Viviendas ubicadas dentro de la llanura de inundación ubicada en la margen derecha de la quebrada.

4.4. Erosión fluvial

Los incrementos de caudales y la ocurrencia de flujos han originado zonas de erosión en relieves adyacentes al cauce de la quebrada El Higuierón. A continuación, se detallan las zonas de erosión (figuras 19 y 20).

4.4.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

La erosión fluvial en el sector El Higuierón tiene las siguientes características:

- La erosión afecta llanuras de inundación y terrazas adyacentes al cauce de la quebrada El Higuierón en ambas márgenes.
- En la zona de evaluación se ha identificado 06 puntos de erosión fluvial llegando hasta 390 m lineales de pérdida de suelos.



Figura 19. Erosión causada en la margen derecha de la quebrada El Higuérón.



Figura 20. Zona de erosión fluvial en la margen izquierda que afectó zonas de cultivo y viviendas.

La cantidad de suelo perdido debido a la erosión fluvial se ha definido en base al análisis multitemporal de imágenes satelitales, se ha calculado de 6 m a 30 m de ancho y 185 m lineales abarcando una total de 2745 m² (figura 21).

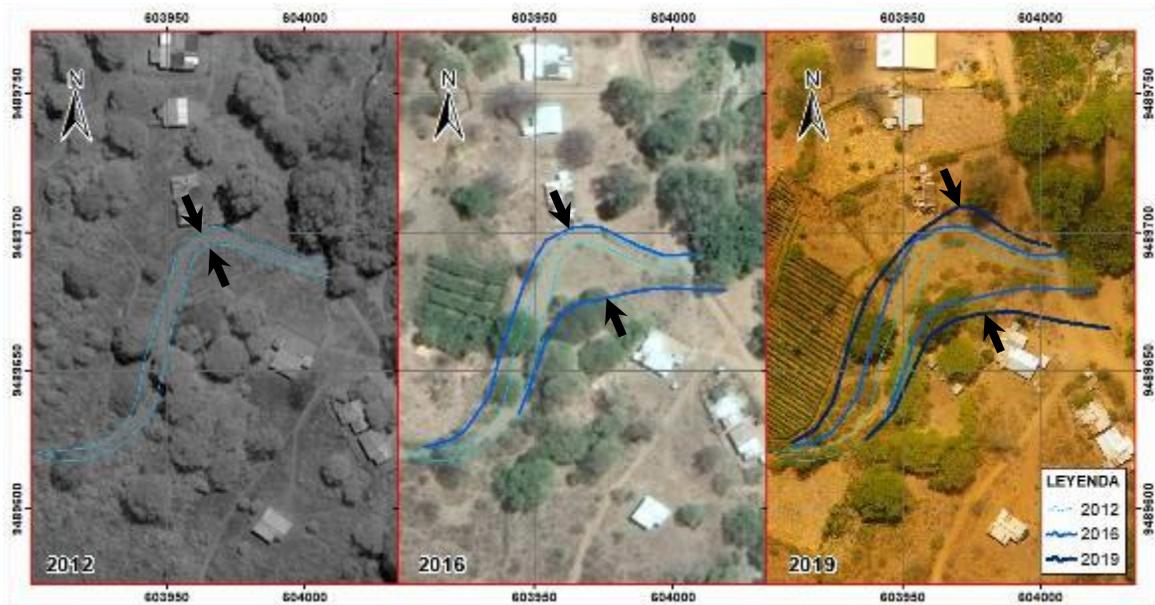


Figura 21. Imágenes satelitales analizadas desde el año 2012 al 2019.

4.5. Erosión de laderas (cárcavas)

Son geofomas 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 afectan coberturas aluviales o detríticas que son afectadas por aguas de escorrentía no canalizada, en la zona de estudio se han identificado formación de cárcavas que afectan viviendas (figuras 22 y 23).

4.5.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

Las cárcavas en el sector El Higuérón tiene las siguientes características:

- La erosión en ladera se encuentran en estado de evolución avanzada.
- Se dimensionaron cárcavas de 420 m de largo, 5 m de ancho y 1 m de profundidad.
- Las cárcavas se desarrollan próximas a las viviendas llegando muy cerca de las entradas y accesos de las mismas hacia la vía asfaltada a Paimas.
- Las viviendas más afectadas por procesos de erosión se ubican en el sector San Pedro ubicado hacia el este del Higuérón, margen derecha de la quebrada El Higuérón; el agua de escorrentía proveniente de la activación de estas quebradas y que se desplazan de este a oeste pasan por las viviendas. En el año 2017, durante El Niño Costero destruyó varias viviendas.



Figura 22. Viviendas del sector San Pedro afectadas por procesos de erosión cárcavas.



Figura 23. Las cárcavas tienen procesos retrogresivos que se aproximan a las viviendas.

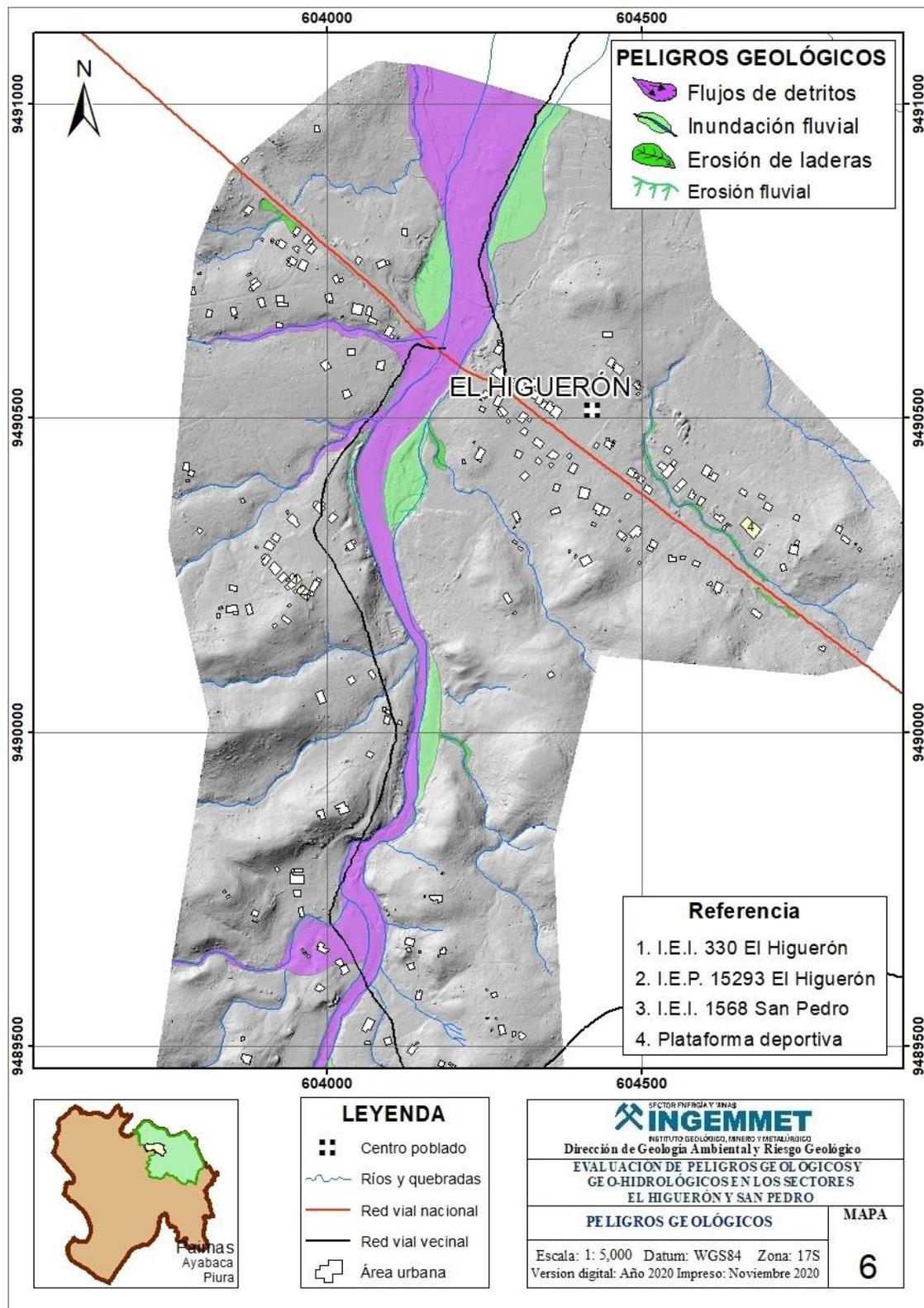


Figura 24. Mapas de peligros geológicos y geohidrológicos del sector El Higuero

4.5.2. FACTORES CONDICIONANTES

4.4.2.1. Litología

Los procesos geodinámicos como los movimientos en masa están condicionados por los tipos de rocas y coberturas Cuaternarias, tomando en cuenta la génesis, formación y modelado de estos se dividen en rocas y suelos. La resistencia de las rocas depende de la composición mineralógica y de su estado de meteorización y fracturamiento.

La zona de estudio está dominada por afloramientos volcánicos de lavas basálticas de aspecto masivo con presencia de brechas, además de, flujos piroclásticos con diques andesíticos. Los afloramientos observados en las inmediaciones de la zona de estudio se encuentran muy meteorizados y con intenso fracturamiento, los cuerpos de rocas más frescos tienen una dureza alta y ofrecen mayor resistencia a la erosión; sin embargo, la cobertura aluvial es menos compacta y está expuesta a procesos de erosión (fotografía 04).



Fotografía 04. Procesos de erosión en la margen derecha de la quebrada El Higuierón

4.4.2.2. Geomorfología

Las inundaciones fluviales están condicionadas a las geoformas y la morfometría de alturas de las zonas adyacentes al cauce de la quebrada El Higuierón. Para el análisis de las geoformas denominadas como llanuras o planicies de inundación se han creado 02 perfiles en base al Modelo Digital de Terreno (MDT) obtenido de la fotogrametría aérea con drones (figuras 25 y 26).

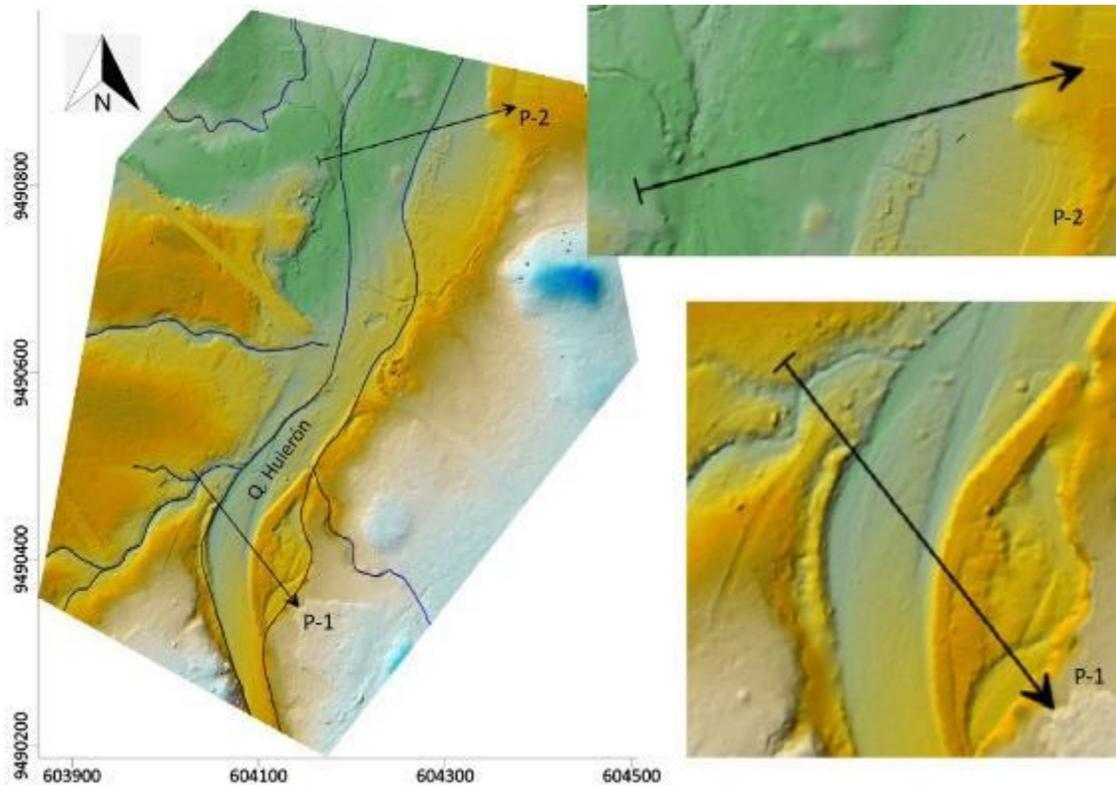


Figura 25. Perfiles transversales de la quebrada El Higuero y las llanuras de inundación.

Los perfiles transversales se adjuntan en el apartado de Anexos (anexo 1), en donde se realizó el análisis e interpretación a detalle de las zonas inundables.

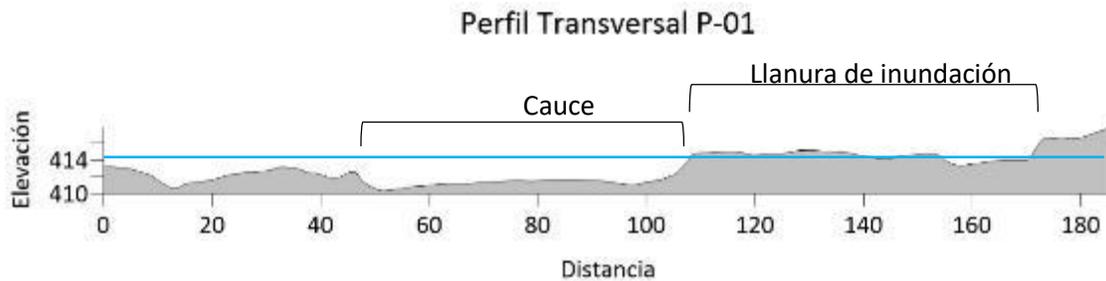


Figura 26. Perfil transversal P-1 ubicado aguas arriba de la quebrada El Higuero.

4.5.3. FACTORES DESENCADENANTES

Los flujos de detritos, inundaciones, erosión fluvial y cárcavas son procesos desencadenados por lluvias intensas o extraordinarias como las presentadas durante el Fenómeno El Niño y Niño costero. Entre los meses de enero a marzo del 2017 se registraron lluvias intensas, los días de mayor precipitación se registraron el 6 y 9 de enero los cuales 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 (SENAMHI).

4.5.4. DAÑOS POR PELIGROS GEOLÓGICOS

Los procesos de remoción en masa que causan grandes daños y pérdidas económicas a nivel nacional, debido a la afectación de vías de comunicación, servicios básicos de agua y electricidad, infraestructura de salud, entre otros. En la zona de evaluación se han producido los siguientes daños:

4.5.4.1. Viviendas

Los procesos de erosión afectaron viviendas ubicadas en la margen derecha la quebrada El Higuérón, los materiales de construcción como el adobe, quincha y concreto fueron afectados en los cimientos por el socavamiento producido por el agua de escorrentía activada durante El Niño Costero (figura 27)



Figura 27. Viviendas del sector San Pedro en ambas márgenes de la zona de erosión por cárcavas.

5. CONCLUSIONES

- a) En las inmediaciones del sector El Higuerón afloran andesitas basálticas intercaladas con sedimentos calcáreos; además de, flujos piroclásticos con diques andesíticos. Estos afloramientos se encuentran muy fracturados y meteorizados, con coberturas Cuaternarias aluviales detríticas conformadas por gravas angulosas a subangulosas con matriz limo arenosa poco compacta y susceptible a procesos de erosión.
- b) El área urbana de los sectores Higuerón y San Pedro se asientan sobre colinas y lomadas con pendientes moderadas a suavemente inclinadas cuyo modelado se debe a procesos tectónicos, degradacionales como antiguos procesos de remoción en masa y procesos de erosión, adyacente se encuentra la vertiente o piedemonte aluvial con pendientes suavemente inclinadas a llanas; mientras que, los relieves adyacentes al cauce de la quebrada conforman llanuras o planicies inundables con pendientes llanas donde se desarrolla una intensa actividad agrícola.
- c) Parte de las viviendas en el sector El Higuerón son afectadas por flujos de detritos, inundaciones y erosión fluvial; mientras que, el sector San Pedro presenta zonas con procesos de erosión (cárcavas) que afectan a más de 15 viviendas; 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 y posterior inundación. Los antecedentes recopilados evidencian eventos geodinámicos en los años 1983, 1987, 1998, 2012 y recientemente en el 2019 pero con menor intensidad.
- d) Los flujos de detritos generaron depósitos proluviales con alturas menores a 1 m conformados por gravas angulosas a subredondeadas con matriz areno limosa. Las inundaciones fluviales alcanzan alturas de hasta 2 m desde el lecho de la quebrada, sobre las llanuras o planicies inundables llegan a 1 m de tirante de agua y afectan principalmente a terrenos de cultivos.
- e) Tomando en cuenta las condiciones geomorfológicas actuales, se determina que las viviendas ubicadas en llanuras inundables próximas al cauce de la quebrada del sector El Higuerón tiene un “Peligro Alto por flujos de detritos, inundaciones y procesos de erosión fluvial”. Las cárcavas en el sector San Pedro afectan a más de 15 viviendas ubicadas en la margen derecha de la quebrada y tienen un “Peligro Alto” ante nuevos procesos geodinámicos en presencia de lluvias extraordinarias.

6. RECOMENDACIONES

- A) Prohibir o evitar construcción de infraestructura o viviendas en las zonas señaladas como llanuras o planicies de inundación (PI-i) zonas de alto peligro por desborde de la quebrada El Higuierón en presencia de lluvias extraordinarias.
- B) Tomar en cuenta los peligros geológicos y geoformas susceptibles a flujos, inundaciones 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.
- C) 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.
- D) Realizar el monitoreo del avance de los procesos de erosión en cárcavas, los cuales producen daños principalmente en viviendas.
- E) Mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales del centro poblado con el objetivo de evacuar las aguas superficiales hacia la quebrada El Higuierón.
- F) Construir las medidas de mitigación estructural en las infraestructuras señaladas como: los gaviones deben proyectarse sobre la margen derecha 160 m aguas arriba y 200 m aguas abajo, las barreras y canales deben ubicarse en el sector San Pedro 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.
- G) Las estructuras y extensiones propuestas son referenciales y deben de apoyarse en estudios de ingeniería definitiva para la proyección de materiales como canteras de bloques de rocas para la construcción de los gaviones.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto. Actividad 7
DGARG-INGEMMET



.....
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.

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.

Vílchez, M. & Ochoa, M. (2019) - Estudio de zonas críticas por peligros geológicos en la región Huancavelica, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico – INGEMMET.

Vílchez, M., Luque, G. & Rosado, M. (2013). Riesgo geológico en la región Piura. Boletín N° 52 serie C: Geodinámica e ingeniería geológica.

Hays, W. (1992). Facing geologic and hydrologic hazards. Washington, D.C.: U.S. Government Print. Office.

ANEXO 1: MAPAS Y PERFILES

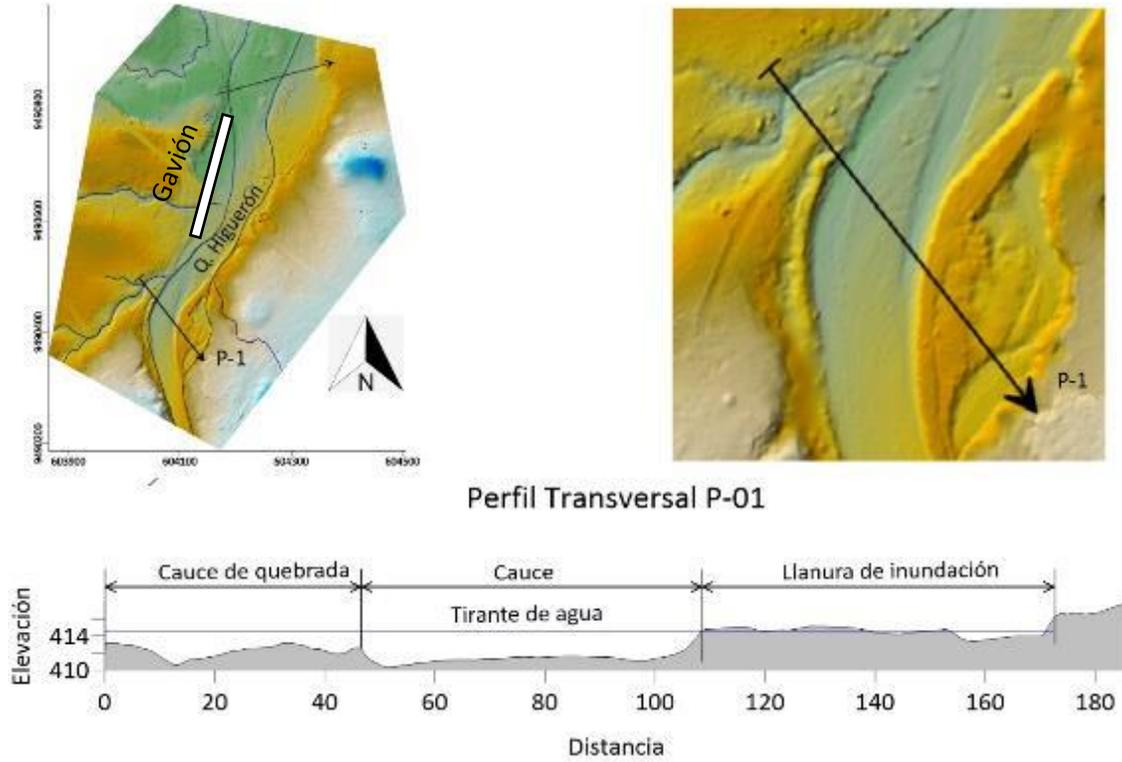


Figura 28. Perfil transversal ubicado a 230 m aguas arriba de la quebrada El Higuierón.

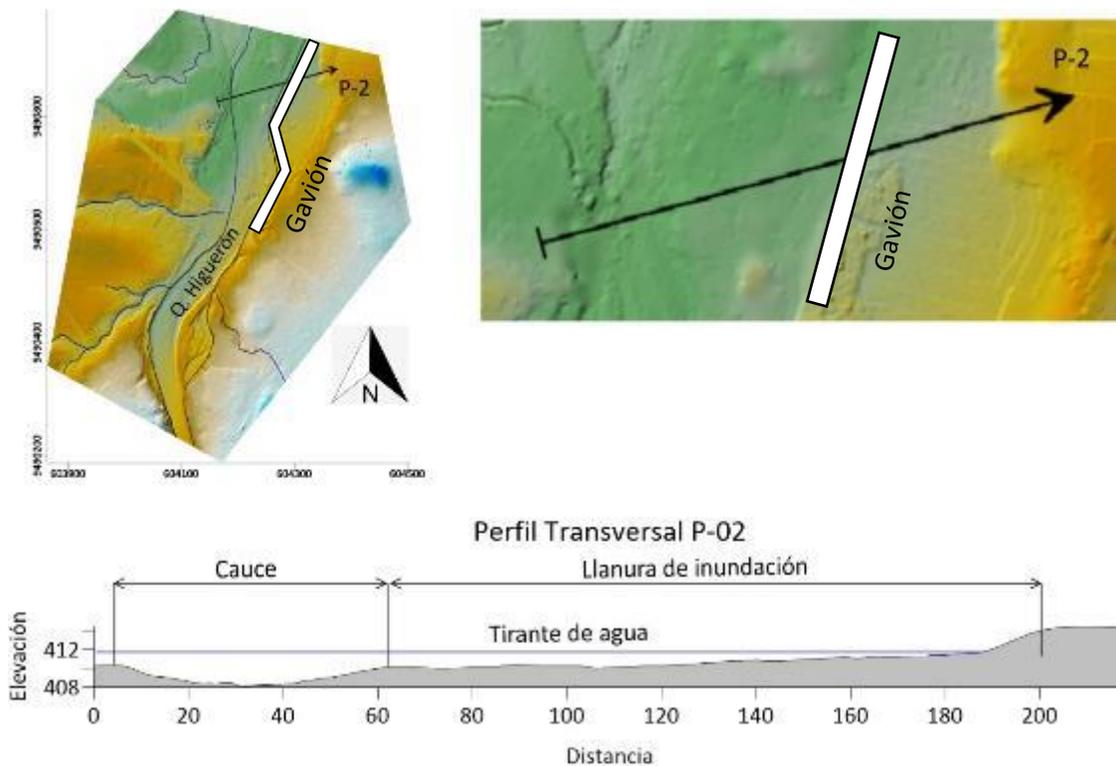


Figura 29. Perfil transversal ubicado a 270 m aguas abajo de la quebrada El Higuierón.

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 30). 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.

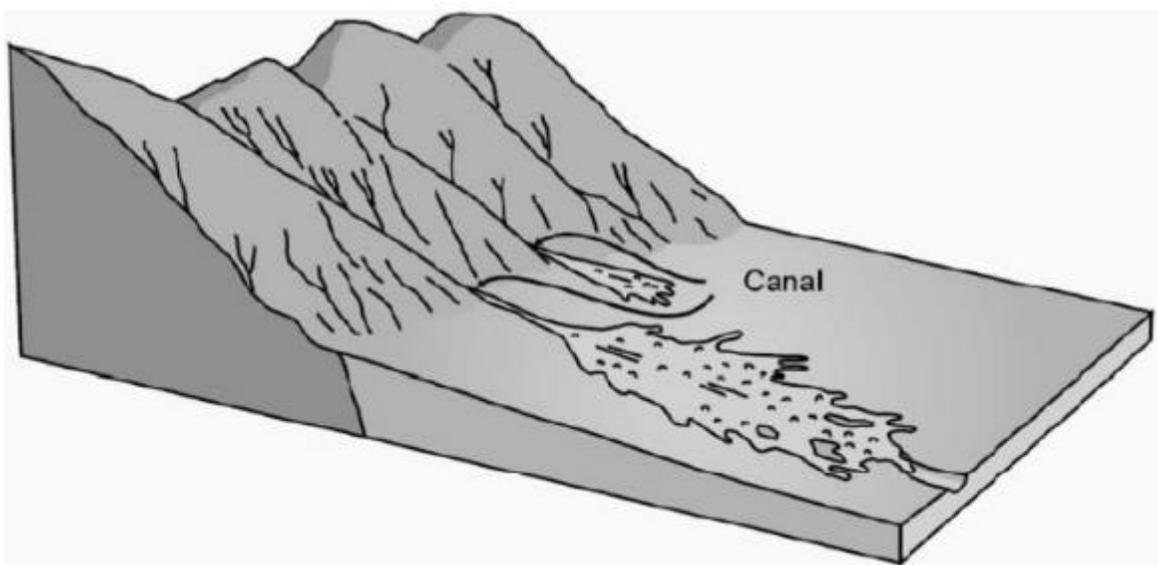


Figura 30. Esquema de un flujo canalizado (Cruden y Varnes, 1996).

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 31).

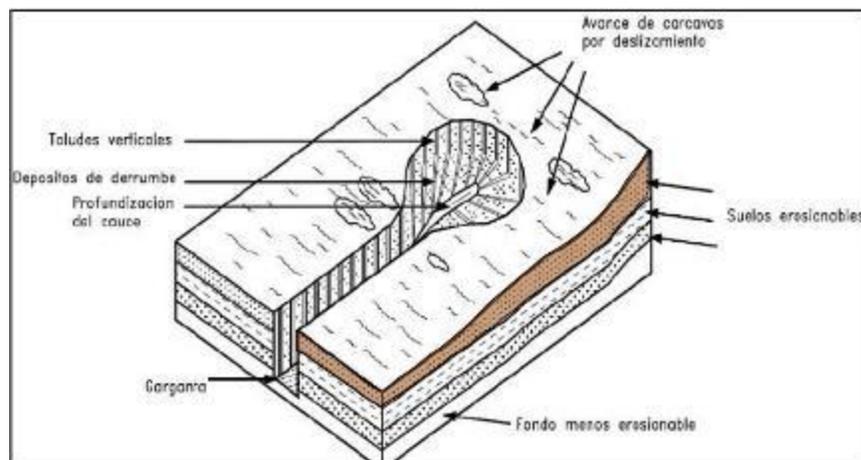


Figura 31. Esquema general de una cárcava. Tomado de Suárez (1998).

Inundación fluvial

La inundación es cualquier flujo de corriente anormalmente alto que sobrepasa las orillas naturales o artificiales de un arroyo. Las inundaciones son una característica natural de los ríos. Las llanuras de inundación son normalmente áreas de tierra seca y son una parte integral de un sistema fluvial que actúa como un depósito natural y un canal temporal para las aguas de inundación. Si se genera más escorrentía de la que pueden acomodar las orillas del canal de un arroyo, el agua rebasará las orillas del arroyo y se extenderá por la llanura de inundación (figura 32). Sin embargo, el factor último de daño no es la cantidad de agua que se descarga, sino la etapa de elevación de la superficie del agua (Hays, W. 1992).

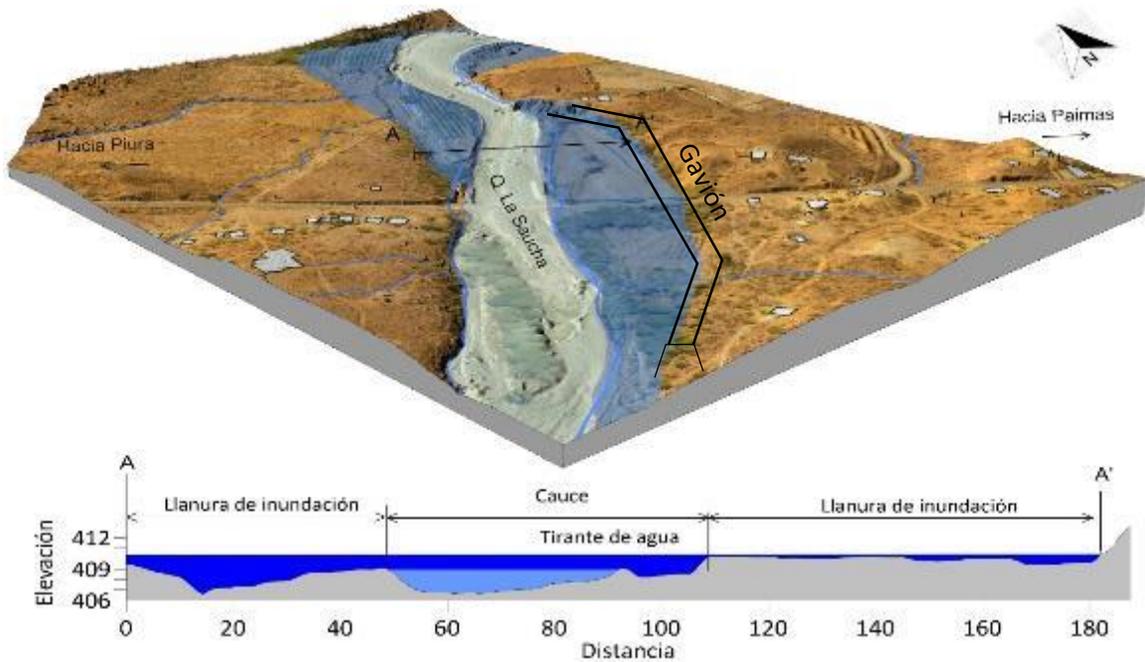


Figura 32. Esquema de llanuras de inundación (Elaboración propia).

Erosión fluvial

Se define como trabajo continuo que realizan las aguas corrientes sobre la superficie terrestre y se realiza en forma de arranque del material, abrasión fluvial, corrosión y atrición fluvial (figura 33). Además, la erosión fluvial socava el valle en forma de “V”, y también profundiza, ensancha y alarga el cauce; la intensidad de cada uno de estos procesos dependiendo el estado de desarrollo (Dávila. J. 1999).

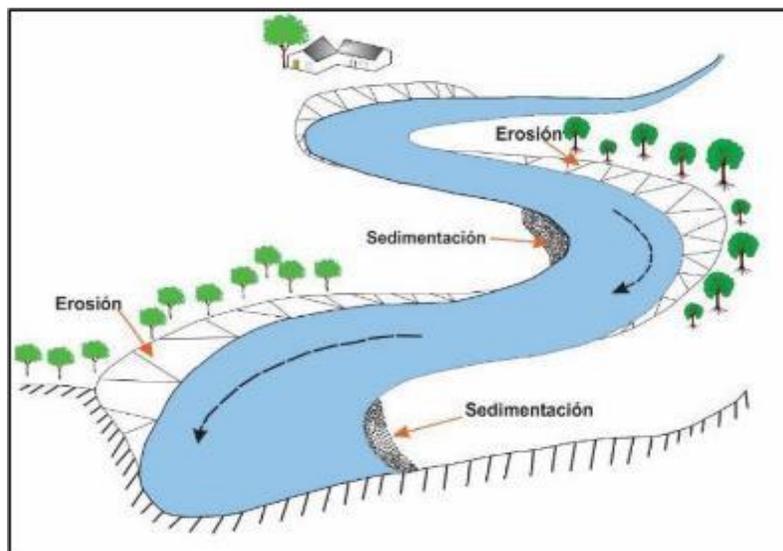


Figura 33. Erosión fluvial que ensancha el cauce de un río (Sosa, N., 2020).

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 El Higuérón, 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 34), para aumentar la capacidad de tránsito en el cauce de la carga sólida y líquida durante las crecidas y limpiar el cauce.

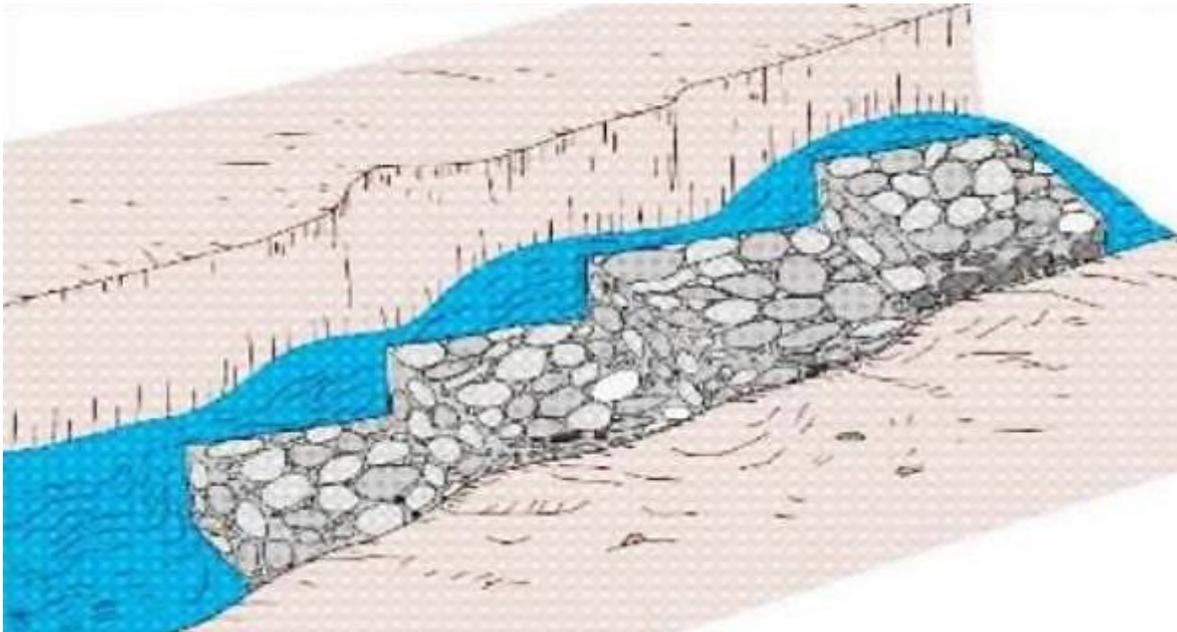


Figura 34. Gaviones para encauzar el lecho y ambas márgenes de la quebrada El Higuérón.

- 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 35).
- 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.

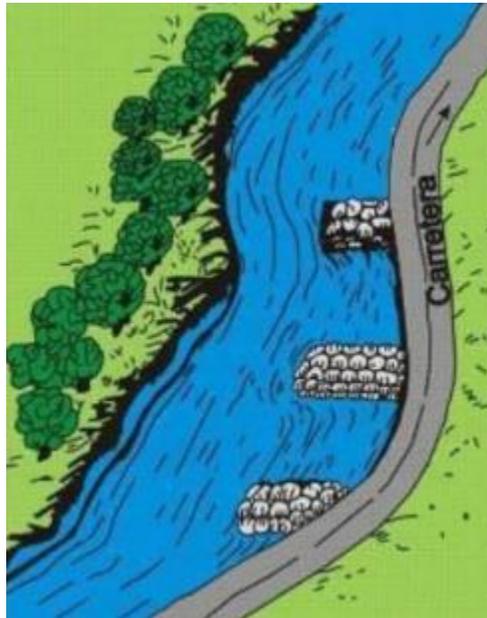


Figura 35. Espigones para proteger las terrazas aluviales.

- 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 acarrean grandes cantidades de sedimentos durante periodos de lluvia excepcional. Cuya finalidad es reducir el transporte de sedimentos gruesos (figura 36).



Figura 36. Presas de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huacos (INGEMMET, 2003).