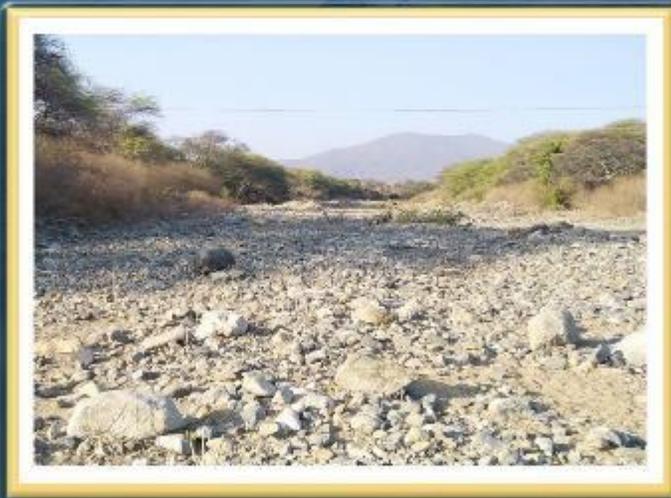


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7094

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS EN EL SECTOR LA SAUCHA

Región Piura
Provincia Ayabaca
Distrito Paimas



OCTUBRE
2020

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS EN EL SECTOR LA SAUCHA, 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 A7094, 33 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	6
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
2.1.3. DEPÓSITOS PROLUVIALES (Q-PL).....	9
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	17
4.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	17
4.2. Flujo de detritos en el sector La Saucha	17
4.2.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO	17
4.3. Inundación fluvial en el sector La Saucha	20
4.3.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO	20
4.4. Erosión fluvial	22
4.4.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO	22
4.5. Erosión de laderas (cárcavas)	24
4.5.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO	24

4.5.2.	FACTORES CONDICIONANTES.....	25
4.5.3.	FACTORES DETONANTES O DESENCADENANTES	27
4.5.4.	DAÑOS POR PELIGROS GEOLÓGICOS	28
5.	CONCLUSIONES.....	30
6.	RECOMENDACIONES	31
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	32
	ANEXO 1: MAPAS Y PERFILES	33
	ANEXO 2: GLOSARIO.....	36
	ANEXO 3: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	39

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizados en el sector La Saucha, 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 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 volcánicas de las Formaciones San Lorenzo y La Bocana (Lavas andesíticas con brechas y aglomerados volcánicos andesíticos; además de, flujos piroclásticos con diques andesíticos).

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 ($<1^\circ$) a suavemente inclinadas (5°), los procesos de erosión y formación de cárcavas ocurren en relieves con pendientes moderadas (5° - 15°).

Los procesos identificados en el sector La Saucha corresponden a los denominados movimientos en masa (flujo de detritos), desarrollados principalmente en el cauce de la quebrada del mismo nombre; mientras que, las inundaciones y procesos de erosión fluvial ocurren a lo largo de las llanuras de inundación y ambos márgenes de la quebrada. Estos eventos se activan en temporadas de lluvias extraordinarias como las presentadas en el Niño Costero; que generó incrementos súbitos de lluvias en la parte alta de las cuencas.

Estas variables climáticas también generan flujos de escorrentía que forman cárcavas en estado inicial. Todos estos procesos han afectado el tramo de carretera que conduce del cruce Suyo a Paimas que corresponde a la vía de acceso principal hacia Ayabaca. Se concluye que, las viviendas próximas a la quebrada La Saucha se encuentran en **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 como la construcción de muros de contención, espigones de enrocado o gaviones; que deben de implementarse en la margen derecha de la quebrada La Saucha afectada por peligros geológicos, con la finalidad de mitigar los posibles daños causados a viviendas e infraestructura y pérdidas de vidas.

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) 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 y erosión de laderas”), ocurridos el día sábado, 25 de marzo de 2017 que afectó viviendas y terrenos de cultivo en el sector La Saucha.

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

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, etc.), 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 La Saucha, que pueden comprometer la seguridad física de la población, sus 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 que conduce del cruce Suyo hacia Paimas, relacionados a temas de geología y geodinámica externa, de los cuales destacan los siguientes:

- A) Boletín N° 52 Serie C: “Riesgo Geológico en la Región Piura” - INGEMMET, (Vílchez et al., 2013). Se menciona que, el tramo de la carretera Suyo – Paimas está

expuesto a movimientos en masa y presenta una susceptibilidad media a alta ante la ocurrencia de los mismos.

- 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 geoprocesamiento en GIS, en la generación de los respectivos peligros obteniéndose una zonificación del peligro (figura 01).

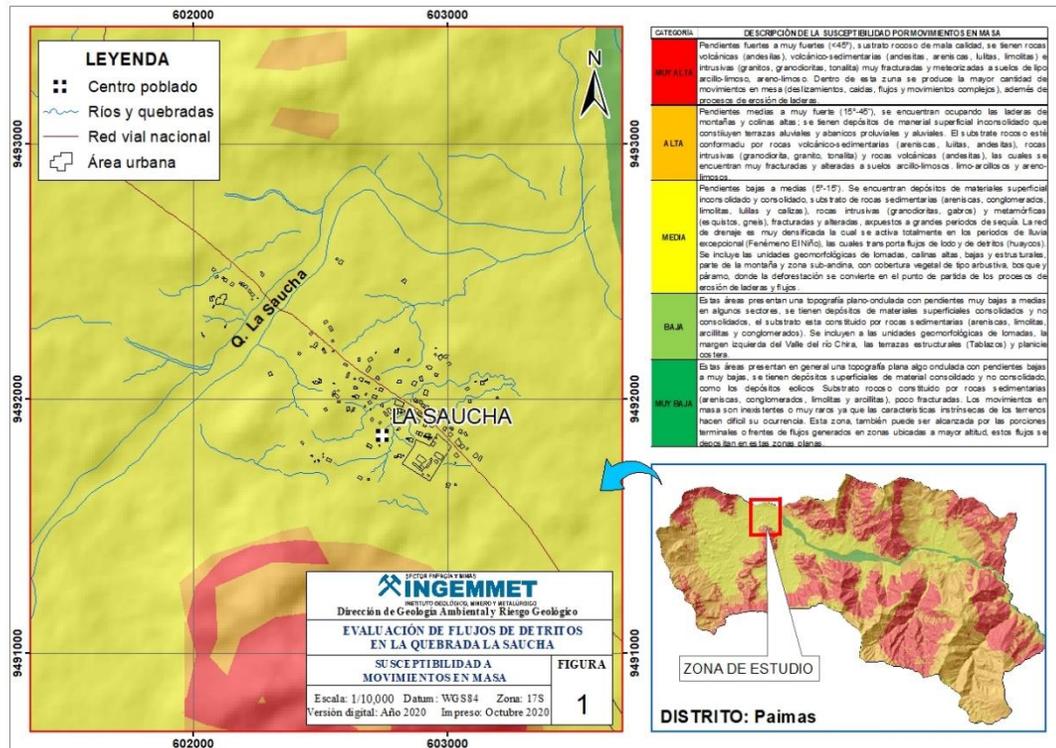


Figura 01. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la zona de evaluación (Vílchez et al., 2017).

c) 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 intemperismo. 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 el sector La Saucha que pertenece al distrito de Paimas, provincia de Ayabaca, región Piura (figura 02), georreferenciado en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 17S):

Cuadro 01. Coordenadas del área de estudio.

N°	UTM - WGS84 - Zona 17L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	601657	9493055	-4.58°	-80.08°
2	603502	9491539	-4.58°	-80.06°
3	603502	9491539	-4.59°	-80.06°

4	601657	9491539	-4.59°	-80.06°
<i>COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL</i>				
C	602329	9492387	-4.59°	-80.07°

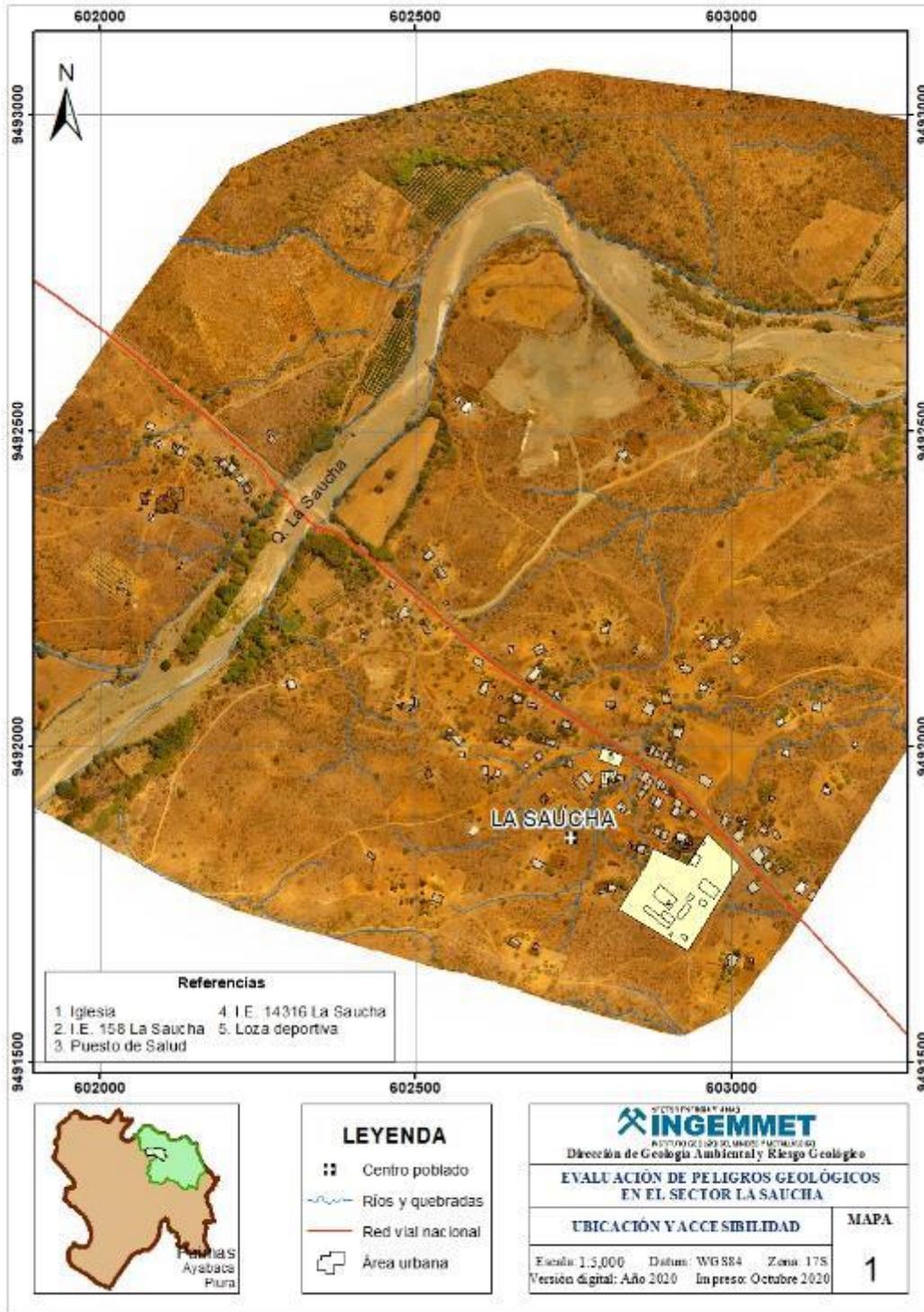


Figura 02. Mapa de ubicación.

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 – La Saucha	Asfaltada	5	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), quien muestra en las inmediaciones de los sectores La Saucha y La Copa afloramientos de 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; finalmente los depósitos Cuaternarios están conformados por materiales proluviales 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 La Saucha (figura 03). La geología se complementó con trabajos de interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

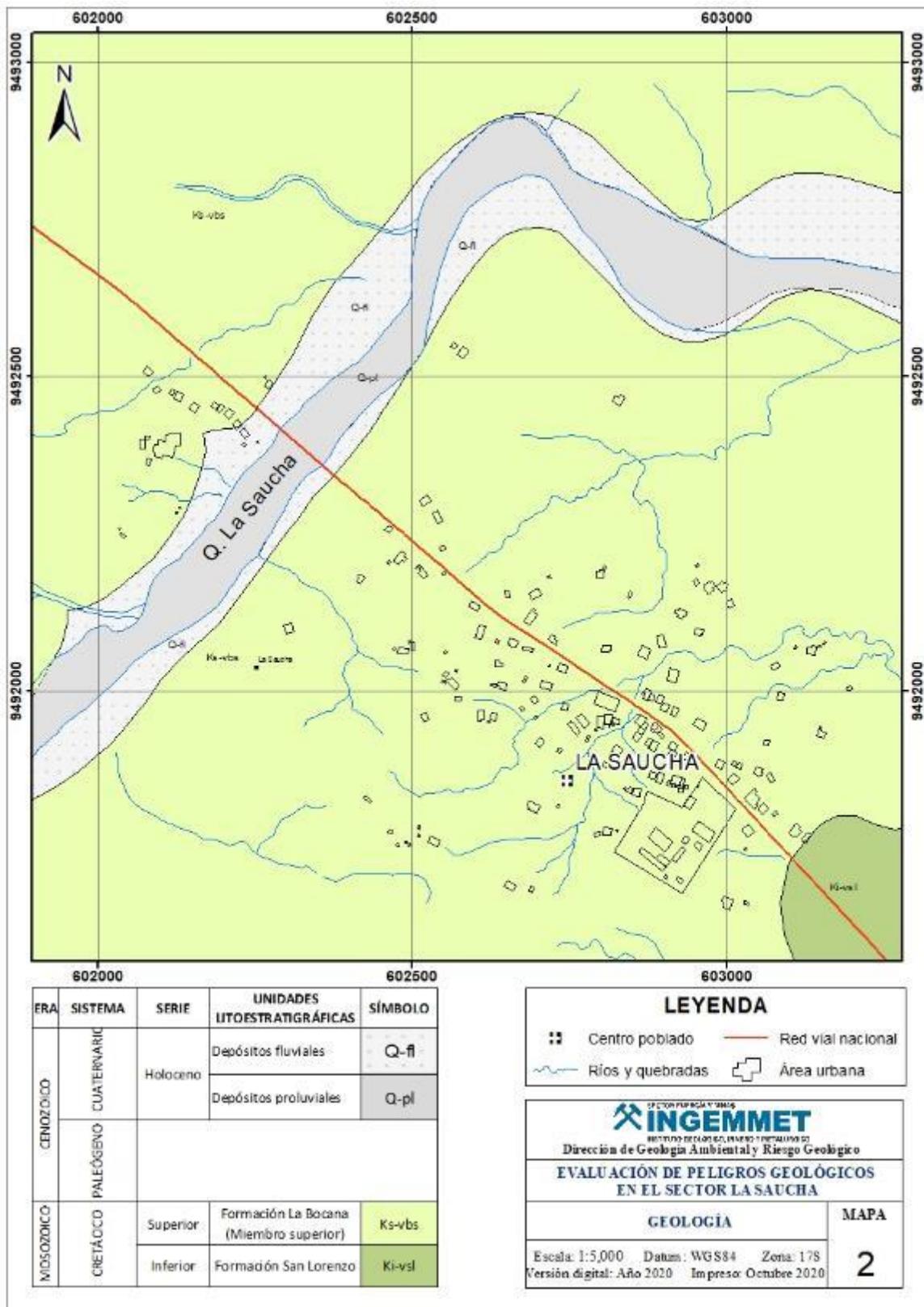


Figura 03. Geología del cuadrángulo de Las Lomas y la zona de estudio (Jaimes et al., 2012).

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 La Saucha (fotografía 01).



Fotografía 01. Lavas andesíticas basálticas con niveles brechosos que afloran en la quebrada La Saucha.

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 PROLUVIALES (Q-PL)

Se encuentran dispuestos en el cauce de la quebrada La Saucha, están conformados por fragmentos rocosos heterométricos de rocas intrusivas en una matriz areno limosa (fotografía 03).



Fotografía 03. Depósitos proluviales en la quebrada La Saucha.

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 La Saucha se asienta sobre relieves con elevaciones entre 420 m s.n.m y 440 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 460 m de altitud, mientras que, hacia el noreste se encuentran relieves con elevaciones que descienden hasta 394 m s.n.m que ocupan el cauce y la desembocadura de la quebrada La Saucha hacia el río Quiroz (figura 04).

3.2. Pendientes del terreno

El área de evaluación abarca un total de 196 has, de las cuales 85 has (43%) tienen pendientes llanas a suavemente inclinadas ($<5^\circ$), las cuales se encuentran expuestas a inundaciones y flujos, los relieves con pendientes moderadas a fuertes alcanzan 104 has (53%), mientras que, solo 7 has (4%) tienen pendientes muy fuertes a muy escarpadas que se distribuyen en colinas, lomadas y afloramientos de rocas (figura 05).

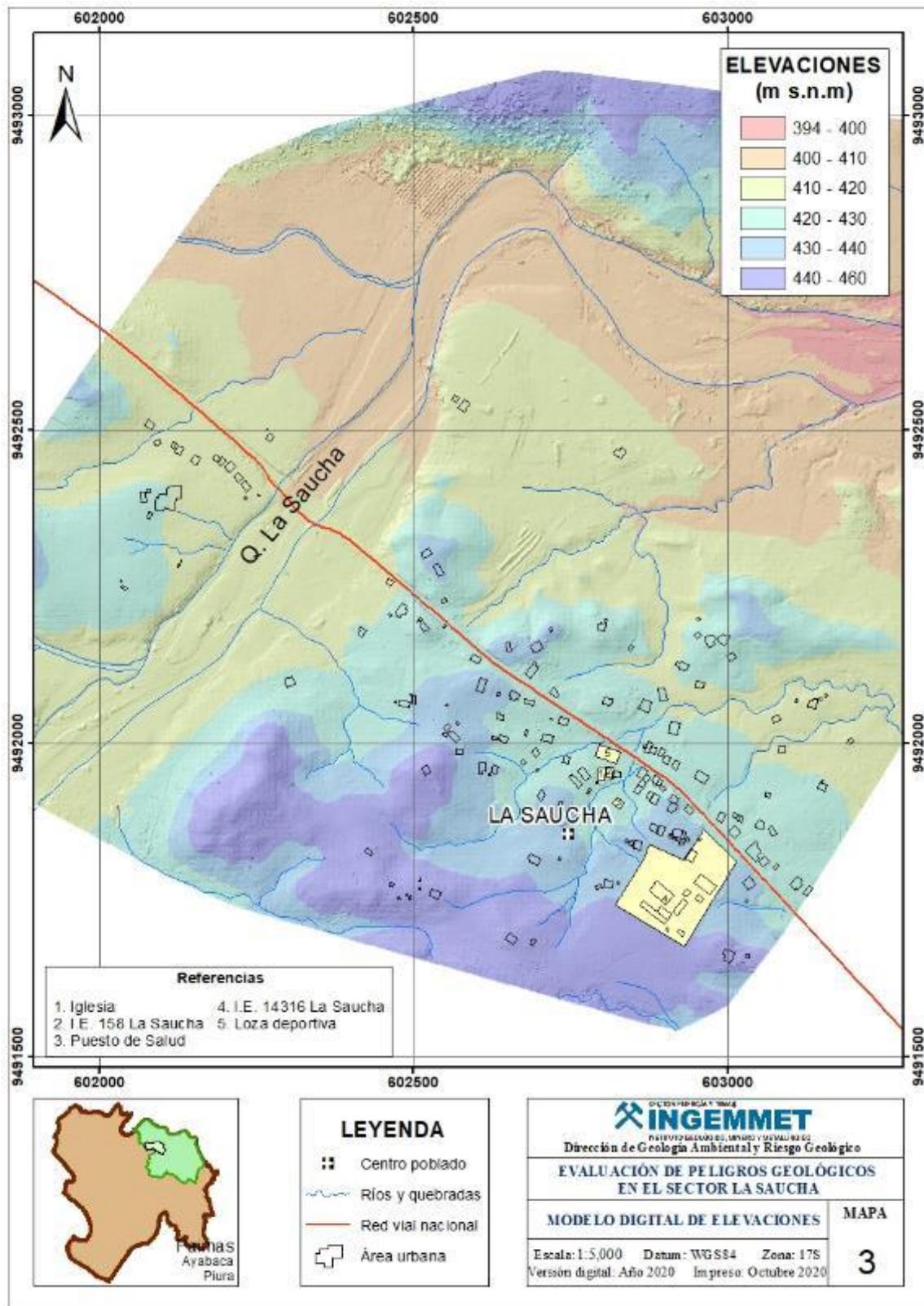


Figura 04. Mapa de elevaciones (Elaboración propia).

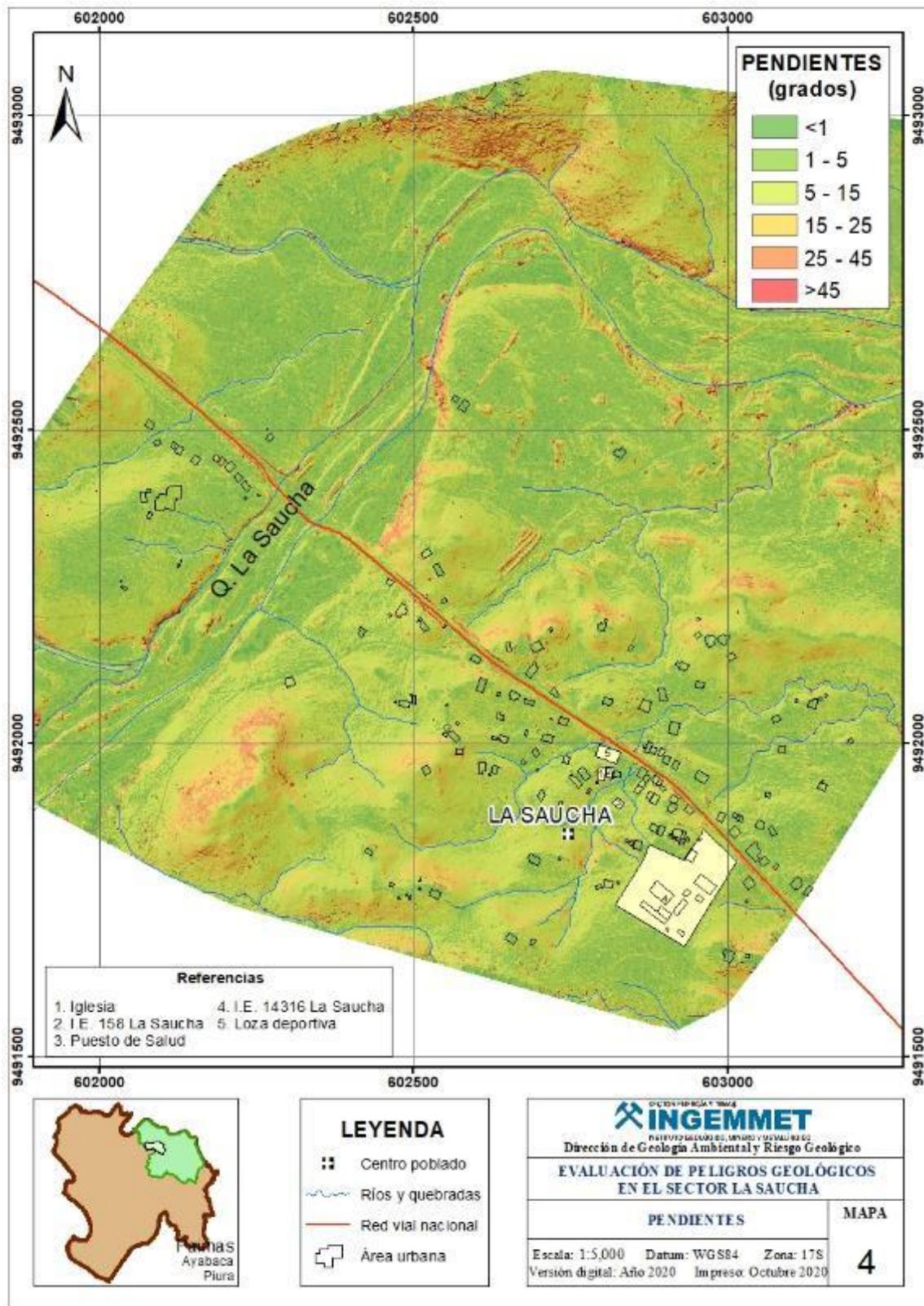


Figura 05. Mapa de pendientes del sector La Saucha (Elaboración propia).

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).

De lo cual se identifican las siguientes geoformas, unidades y subunidades que se describen a continuación:

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; las inclinaciones de sus laderas en promedio son superiores a los 16% (FAO, 1968, citado por Villota. 2005, p. 44).

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 de La Saucha. 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 La Saucha entre las colinas y las llanuras de inundación del cauce 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 desbordes continuos y recurrentes. Se consideran las 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 La Saucha, los desniveles entre el cauce y los terrenos es menor a 1.5 m y se encuentran ubicados a ambas márgenes de la quebrada; las cuales se inundan en temporadas de lluvias intensas (figura 08).



Figura 08. Relieves bajos adyacentes a la quebrada La Saucha en donde se puede observar un cauce antiguo.

Subunidad de cauce de río (R): Esta unidad cruza la zona de estudio de suroeste a noreste con anchos promedios de 60 m a 150 m; se caracteriza por estar conformada de clastos, gravas y arenas de grano grueso, etc., transportadas por las crecidas y flujos de la quebrada La Saucha (figura 09).



Figura 09. Cauce de la quebrada La Saucha rellena con depósitos flujo aluviales.

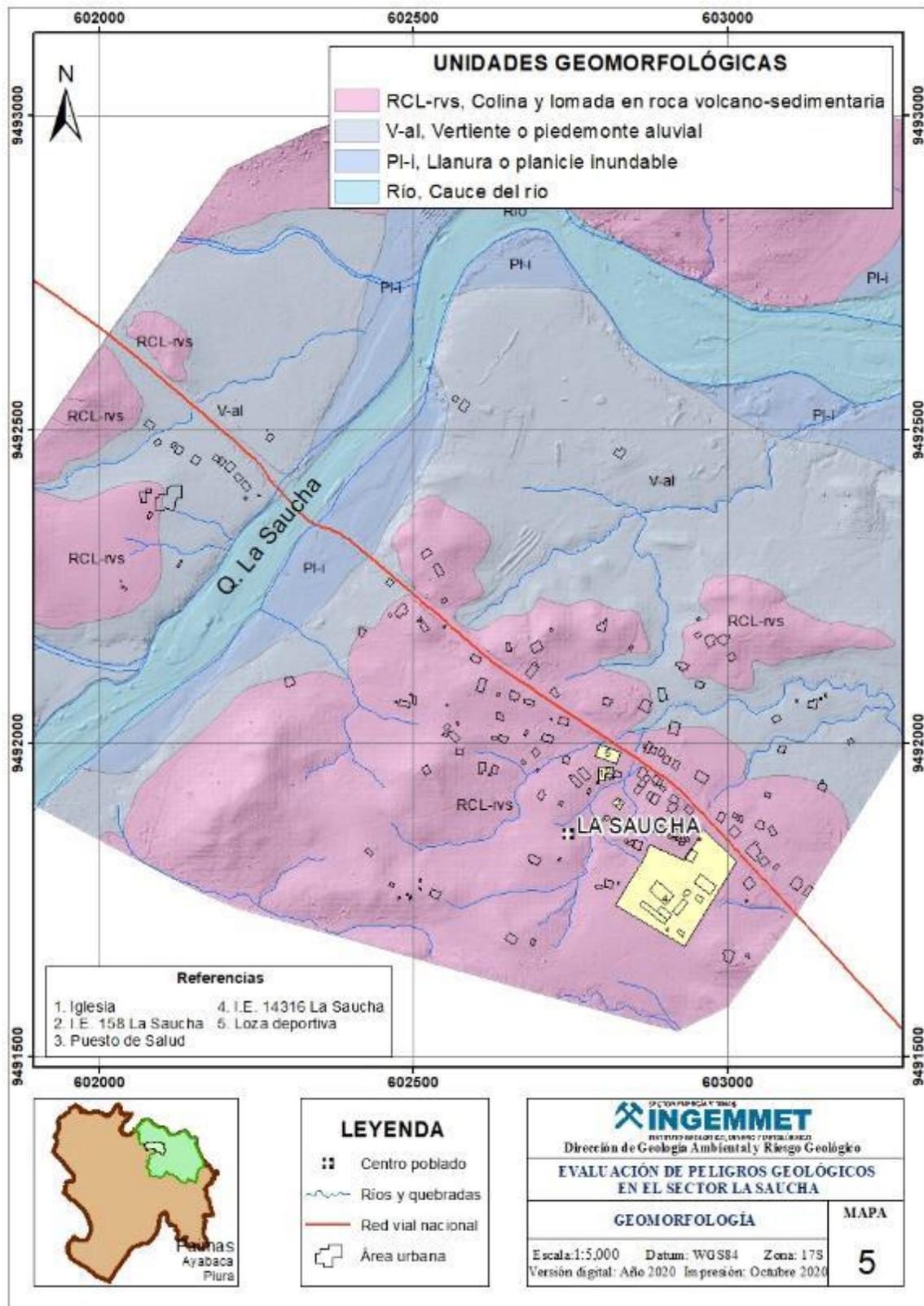


Figura 10. Mapa geomorfológico del sector La Saucha.

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 y 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, trajo consigo lluvias intensas en la zona norte del Perú desencadenando procesos geodinámicos como deslizamientos, caídas de rocas, flujos de detritos y lodos en zonas altas de la sierra de Piura; mientras que, en los valles y planicies se formaron inundaciones y desembocaron flujos producidos en las partes altas. En la zona de estudio se han identificado y caracterizado los siguientes peligros geológicos:

4.2. Flujo de detritos en el sector La Saucha

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, los cuales activaron quebradas y formaron flujos de detritos, como el ocurrido en la quebrada La Saucha, que según medios de comunicación reportan su ocurrencia el 25 de marzo durante el Niño Costero, donde el registro pluviométrico de la estación local reportó valores históricos de hasta 131.6 mm. El evento geodinámico afectó áreas de cultivo, viviendas y vías de acceso. De igual modo mencionar que de acuerdo a los antecedentes y testimonio recopilados en campo indican la ocurrencia de eventos más críticos en los años 1983, 1987, 1997-1998, 2012 y recientemente, en el mes de febrero del 2019 con crecidas importantes.

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 (figuras 11, 12 y 13).

El flujo ocurrido en la quebrada La Saucha tiene las siguientes características:

- El emplazamiento del material originó un abanico proluvial aguas abajo del área urbana de La Saucha.
- El área afectada: 30 has.
- Ancho y altura del flujo: 85 m y 1 m.
- Volumen desplazado: 27 000 m³.
- Tamaños de bloques: Clastos (35%), gravas (45%) y arenas (20%).
- El flujo se canalizó en el cauce de la quebrada, recorriendo una distancia de 2.8 km.



Figura 13. Materiales proluviales depositados por el flujo en el mes de marzo del 2017, vista aguas arriba.

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 14).



Figura 14. Trabajos de descolmatación en la quebrada La Saucha.

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

En la quebrada La Saucha a 1.4 km aguas arriba se desarrolla una intensa extracción de materiales de agregados, principalmente gravas y arenas para afirmado y construcción, esta actividad modifica el cauce natural lo que incrementa la susceptibilidad del relieve a ser afectado por inundaciones y procesos de erosión (figura 15).



Figura 15. Área ya explotada por canteras de agregados.

4.3. Inundación fluvial en el sector La Saucha

El 25 de marzo del 2017 durante el Niño Costero, la estación pluviométrica de Paimas registró un pico histórico de 131.6 mm, las cuales generaron incrementos de caudales que inundaron cauces antiguos y llanuras próximas al área urbana de La Saucha (figura 16).

4.3.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

La inundación fluvial en el sector La Saucha tiene las siguientes características:

- La llanura de inundación ubicada en la margen derecha abarca 5.7 has, sobre la cual existen zonas agrícolas.
- El incremento del caudal afecto 185 m lineales de la vía de comunicación Piura-Ayabaca.
- Altura de agua: 2.5 m.
- Avenida excepcional producto de lluvias intensas en el Niño Costero.
- Curso principal de la quebrada La Saucha de forma rectilíneo.



Figura 16. Quebrada La Saucha con un tirante de agua de 50 cm a 70 cm, imagen tomada el 26 de marzo 2017 (Fuente: INDECI-Paimas).

En la parte baja de la quebrada La Saucha a 300 m de la vía Suyo Paimas, el depósito fluvial tiene un espesor de 3.5 m observado en pozos excavados para la extracción de agua, esta cobertura constituye una base medianamente erosionable. 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 17).



Figura 17. 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 18 y 19).



Figura 18. Vista área de las llanuras de inundación en la zona de estudio.



Figura 19. 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. A continuación, se detallan las zonas de erosión (figuras 20 y 21).

4.4.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

La erosión fluvial en el sector La Saucha tiene las siguientes características:

- La erosión afecta llanuras de inundación y terrazas adyacentes al cauce de la quebrada La Saucha en ambas márgenes.
- En la zona de evaluación se ha identificado 09 puntos de erosión fluvial llegando hasta 285 m lineales de pérdida de suelos.

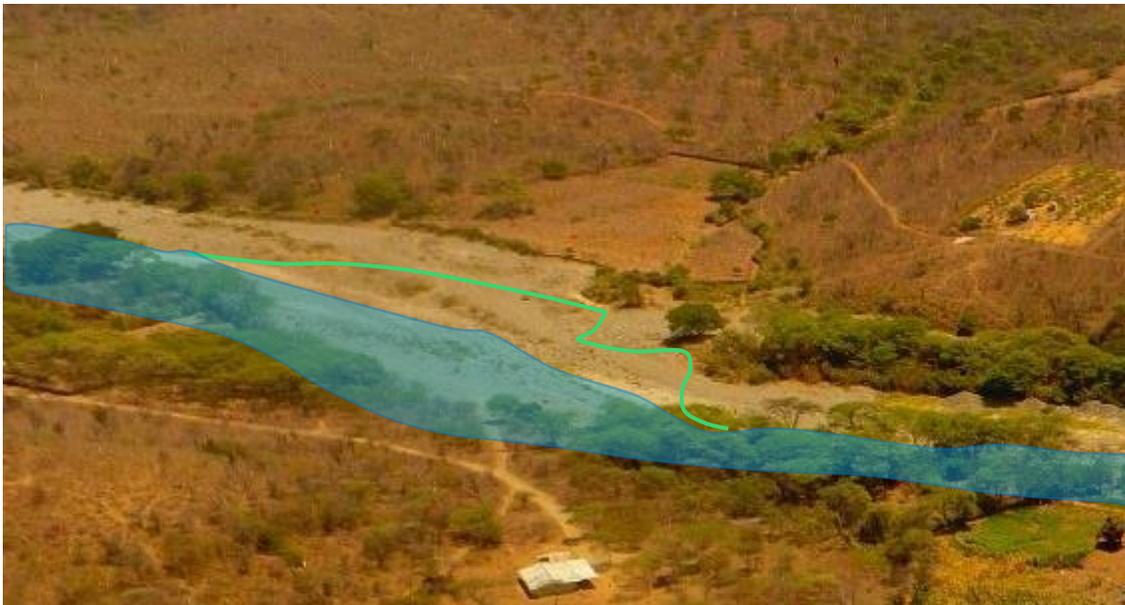


Figura 20. Vista aérea de la zona de erosión en la margen izquierda de la quebrada La Saucha.



Figura 21. Zona de erosión fluvial que afectó zonas de cultivo.

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 22).



Figura 22. Imágenes satelitales antes y después del Niño Costero 2017.

4.5. 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 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 incipientes en el Puesto de Salud La Saucha y en la I.E. 14316 La Saucha de nivel primario y secundario (figura 23 y 24).

4.5.1. CARACTERÍSTICAS VISUALES DEL EVENTO

Las cárcavas en el sector La Saucha tiene las siguientes características:

- Incisión en ladera en estado de evolución inicial.
- Cárcavas con dimensiones de 70 m de largo, 30 cm de ancho y 25 cm de profundidad.
- Las cárcavas se ubican principalmente en el área urbana, la I.E. 14316 La Saucha tiene procesos de erosión en el ingreso al colegio debido a la escorrentía que proviene de la parte alta.
- El perímetro del Puesto de Salud es afectado por cárcavas de 20 m de longitud, 40 cm de ancho y 20 cm de profundidad.



Figura 23. Puesto de salud La Saucha afectada por cárcavas.



Figura 24. Institución Educativa N° 14316, afectada por procesos de erosión.

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.

En la zona de estudio afloran rocas volcánicas conformadas por lavas basálticas con presencia de brechas, además de, flujos piroclásticos con diques andesíticos. Las rocas adyacentes al cauce se encuentran muy meteorizadas e intensamente fracturadas; sin embargo, los cuerpos de rocas más frescos tienen una dureza alta y ofrecen mayor resistencia a la erosión y están ubicadas en la base del lecho de la quebrada (fotografía 04).

La cobertura aluvial es erosionada debido a incrementos de caudales y ocurrencia de flujos (fotografía 05).



Fotografía 04. Afloramientos ubicados en la margen izquierda de La Saucha con alta resistencia a la erosión.



Fotografía 05. Coberturas aluviales afectadas por procesos de erosión.

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 La Saucha. Para el análisis de las geoformas denominadas como llanuras o planicies de inundación se han creado 04 perfiles en base al Modelo Digital de Terreno (MDT) obtenido de la fotogrametría aérea con drones (figuras 25 y 26).

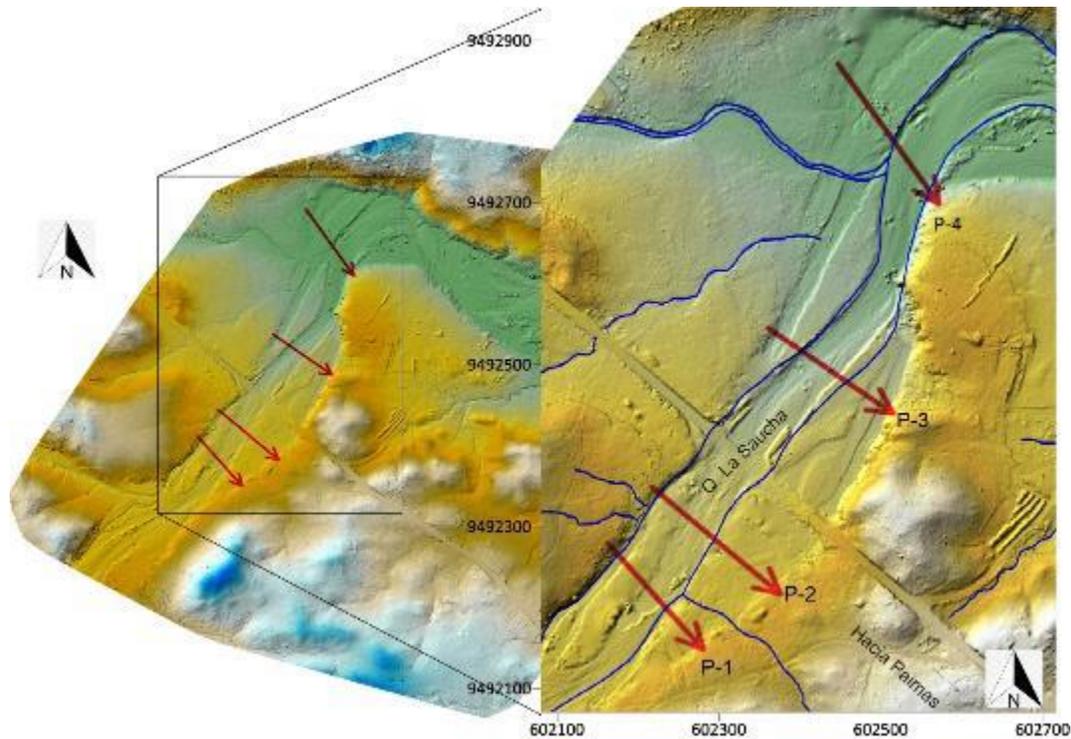


Figura 25. Perfiles transversales de la quebrada La Saucha y las llanuras de inundación.

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

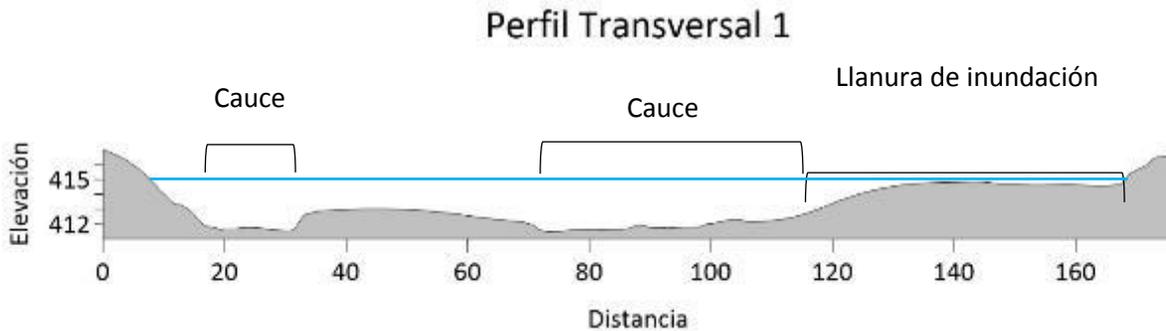


Figura 26. Perfil transversal 01 ubicado aguas arriba de la quebrada La Saucha.

4.5.3. FACTORES DETONANTES O 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.

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. Canal de riego La Saucha

Los procesos de erosión han afectado la toma de agua para riego, destrucción de canal y tuberías que conducían el agua de la quebrada hasta la cámara de bombeo. De igual manera el canal ubicado en la margen izquierda quedó en varios tramos sin cimientos e interrumpido dejando sin abastecimiento de agua a terrenos de cultivo del sector oeste de La Saucha (figuras 27 y 28)



Figura 27. Toma de agua en la margen izquierda de la quebrada La Saucha.

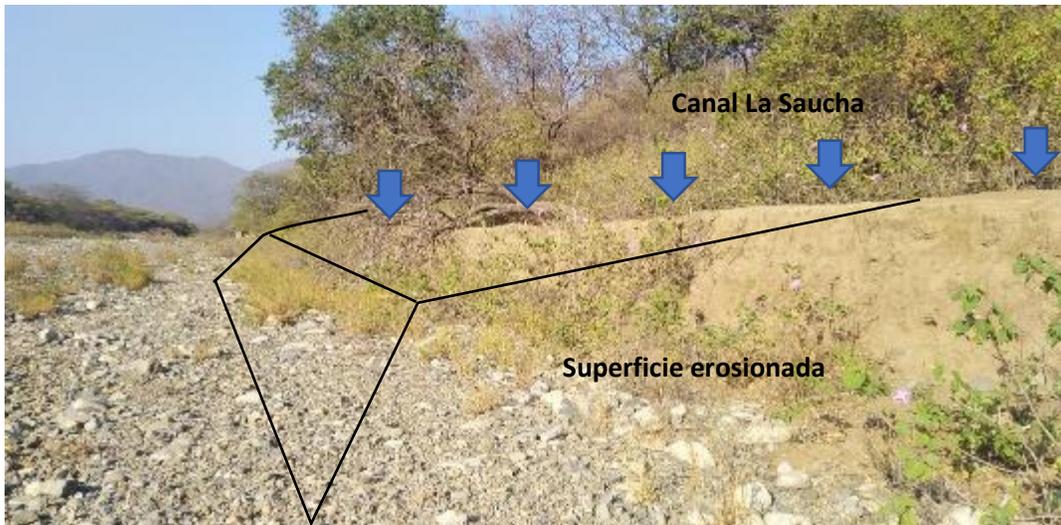


Figura 28. Canal de riego La Saucha afectado por el flujo de detritos ocurrido en el mes de marzo del 2017.

5. CONCLUSIONES

- a) En las inmediaciones del sector La Saucha 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 La Saucha se asienta 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. La vertiente o piedemonte aluvial tiene pendientes suavemente inclinadas a llanas; mientras que, las llanuras o planicies inundables son relieves adyacentes al cauce de la quebrada conformando pendientes llanas.
- c) Las viviendas ubicadas cerca la quebrada La Saucha son afectadas por flujos de detritos, inundaciones y erosión fluvial; mientras que, el Centro de Salud La Saucha y la I.E. 14316 son afectados por cárcavas que se activan en temporada de lluvias intensas. Tal es así que, el 25 de marzo del 2017, donde se registró el pico más alto de precipitación en el distrito de Paimas con 136 mm, trajo consigo la ocurrencia de un flujo y posterior inundación. Los antecedentes recopilados evidencian eventos geodinámicos en los años 1983, 1987, 1998, 2012 y recientemente en el 2019.
- d) Los flujos de detritos generaron depósitos proluviales con alturas menores a 1 m conformados por clastos, gravas y arenas. Las inundaciones fluviales alcanzan alturas de hasta 2.5 m desde el lecho de la quebrada y sobre las llanuras o planicies inundables llegan a 1 m de tirante de agua, que afectan principalmente a terrenos de cultivos.
- e) Se determina que, las viviendas ubicadas cerca al cauce de la quebrada La Saucha tiene un “Peligro Alto por flujos de detritos e inundaciones fluviales”, además de Peligro Alto por procesos de erosión (cárcavas) que afectan infraestructuras como el Puesto de Salud, la I.E. 14316 La Saucha y viviendas.
- f) El peligro a nuevos procesos geodinámicos es inminente ante la presencia de lluvias extraordinarias.

6. RECOMENDACIONES

- A) No construir infraestructura o viviendas en las zonas señaladas como llanuras o planicies de inundación (PI-i), ya que se consideran zonas de alto peligro por desborde de la quebrada La Saucha en presencia de lluvias extraordinarias.
- B) Se debe tomar en cuenta la cartografía geodinámica y geoformas susceptibles a flujos e inundaciones, a fin de zonificar y planificar la expansión urbana; lo cual disminuirá el crecimiento indiscriminado y no planificado de la población, lo que representaría e incrementaría el grado de exposición y vulnerabilidad a 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 en infraestructuras de salud y educativas de La Saucha.
- E) Mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales del centro poblado con el objetivo de evacuar las aguas superficiales hacia la quebrada La Saucha.
- F) Replantear el trazo del canal de riego La Saucha, elevando su nivel a 1 m sobre el nivel de las zonas inundables establecidas en los perfiles adjuntos.
- G) Proponer la construcción de medidas de mitigación estructural en las infraestructuras en riesgo, tales como 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.



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.

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.

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.

Vílchez, Sosa, Jaimes, Mamani, Cerpa y Martínez (2017). Peligros geológicos y geohidrológicos 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.

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

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

ANEXO 1: MAPAS Y PERFILES

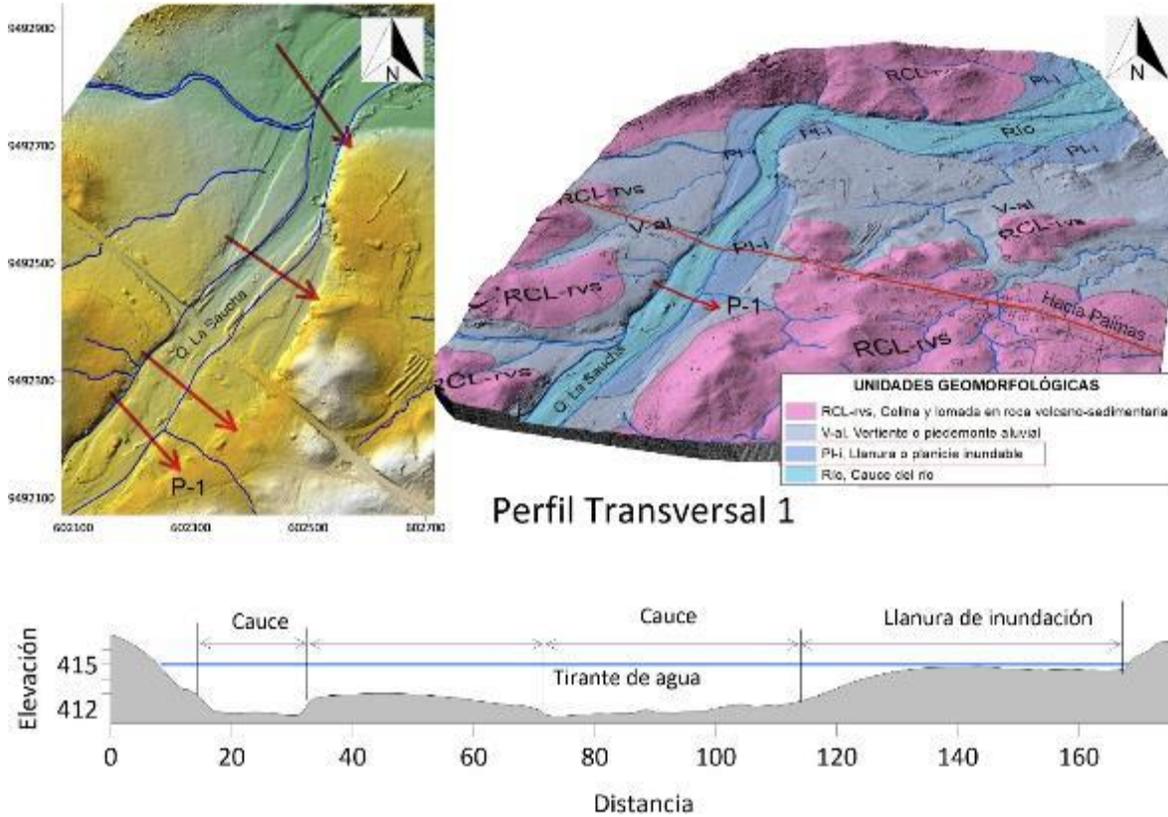


Figura 29. Perfil transversal ubicado a 200 m aguas arriba de la quebrada La Saucha.

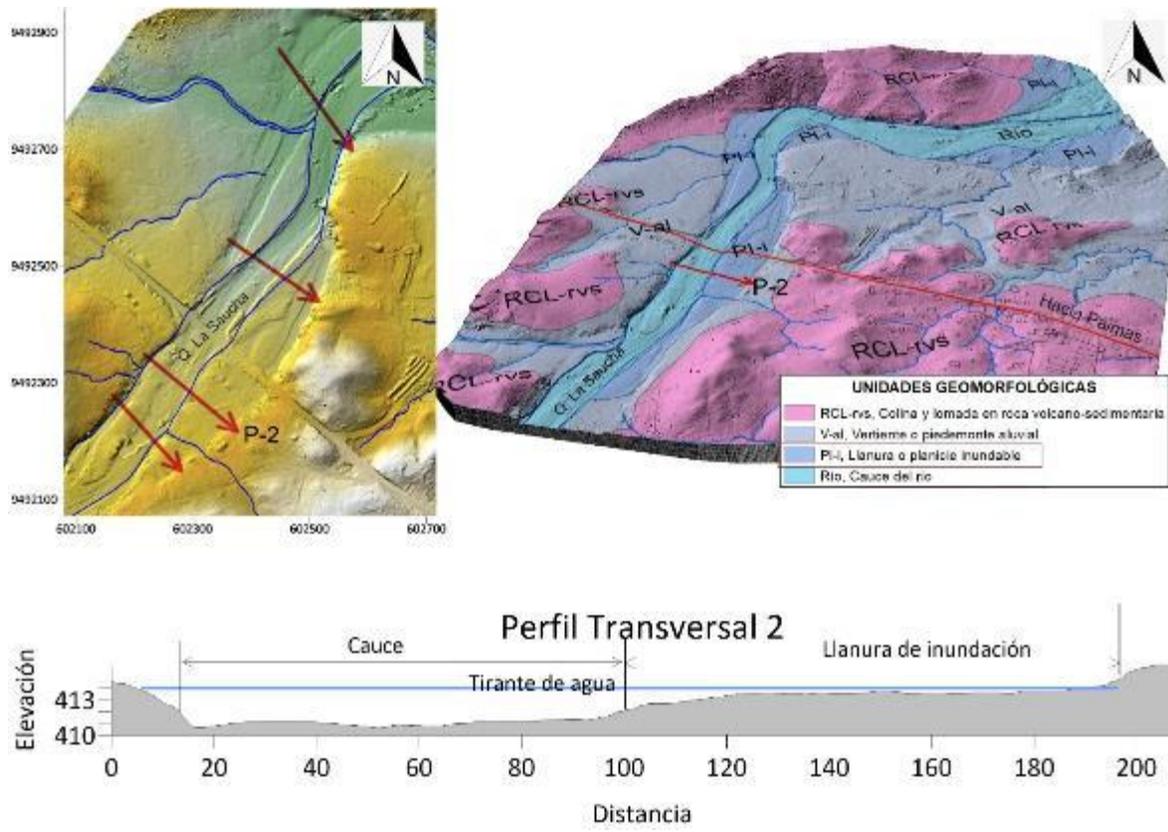


Figura 30. Perfil O2 próximo a la vía Suyo -Paimas en la quebrada La Saucha.

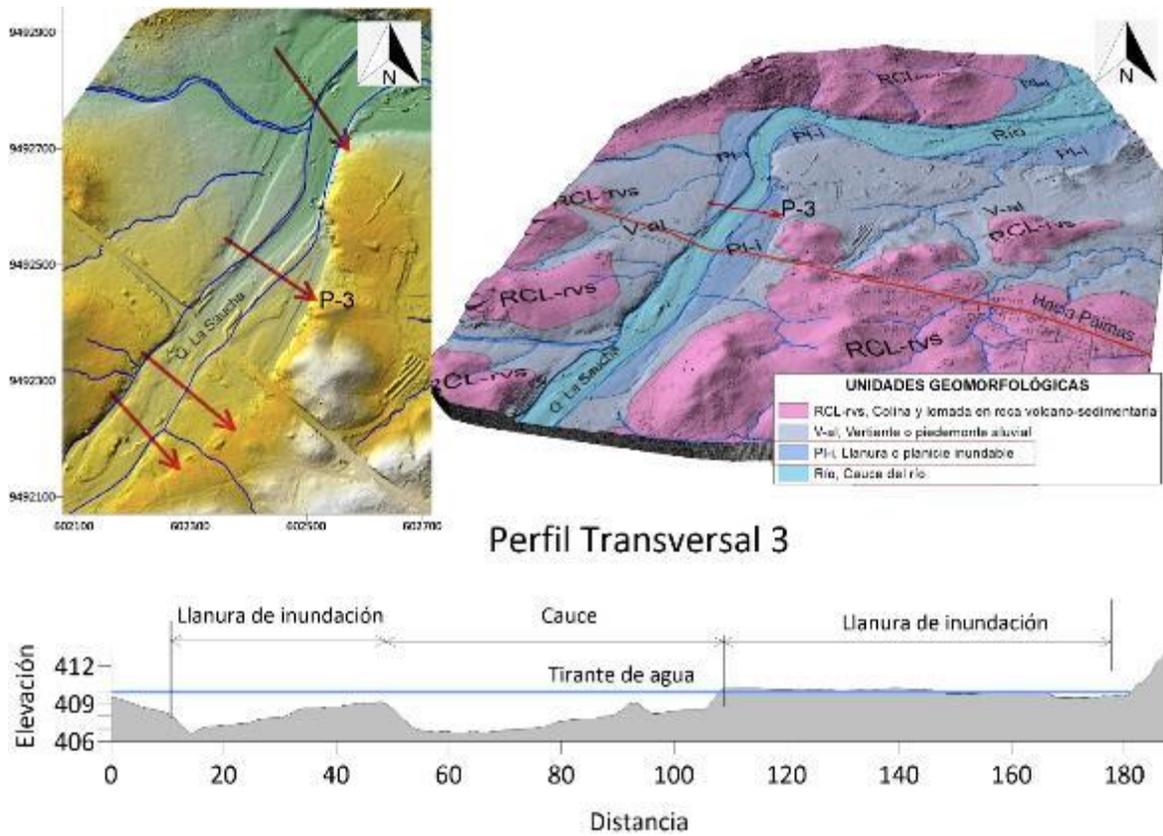


Figura 31. Perfil transversal ubicado aguas abajo donde se señala la llanura de inundación.

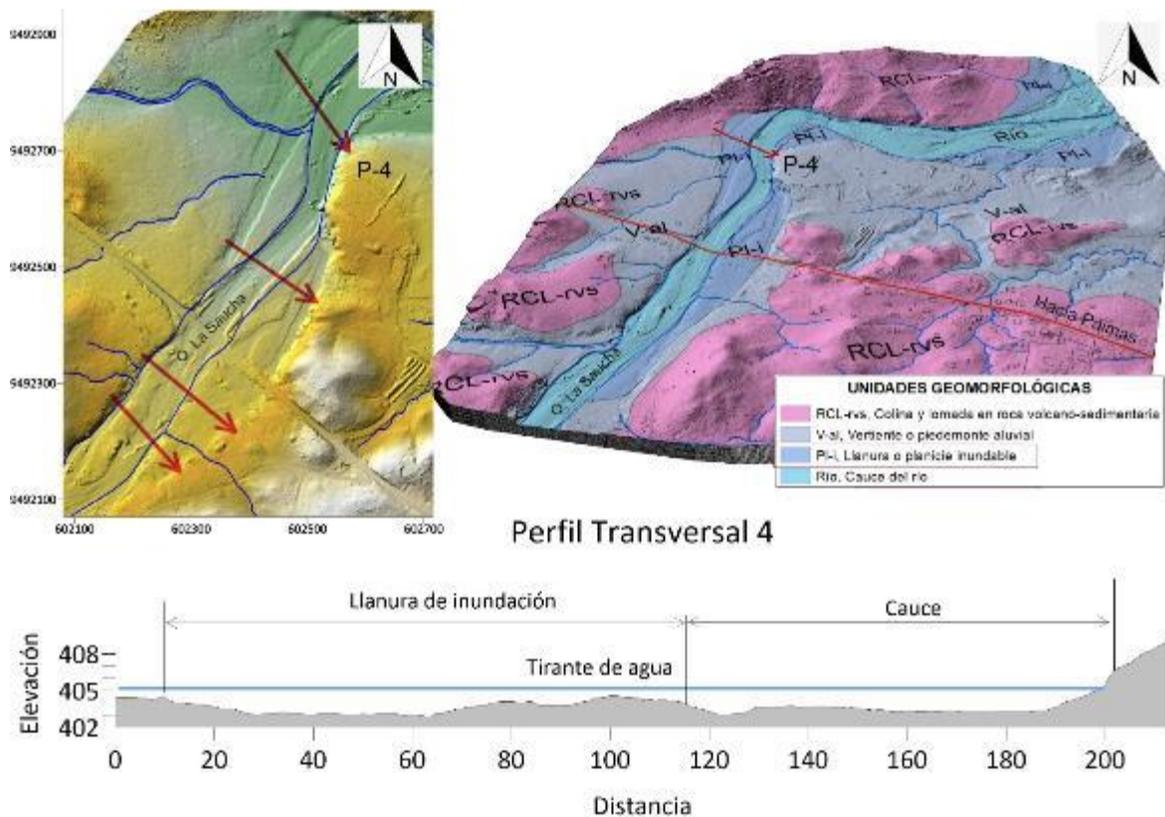


Figura 32. Perfil 04 ubicado a 350 m aguas debajo de la quebrada.

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 33). 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.

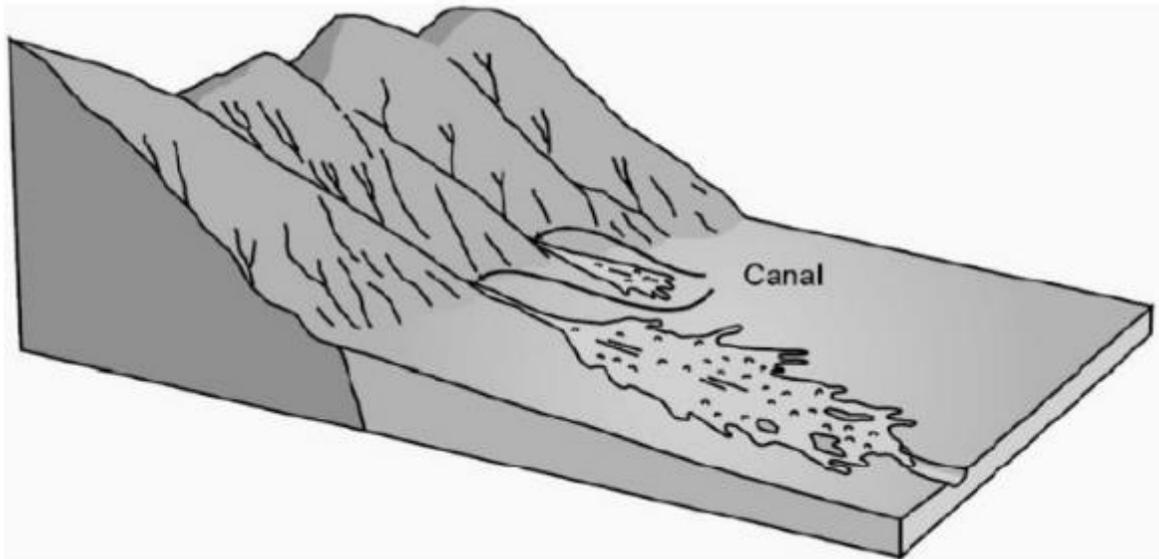


Figura 33. Esquema de un flujo canalizado (Cruden y Varnes, 1996).

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 34).

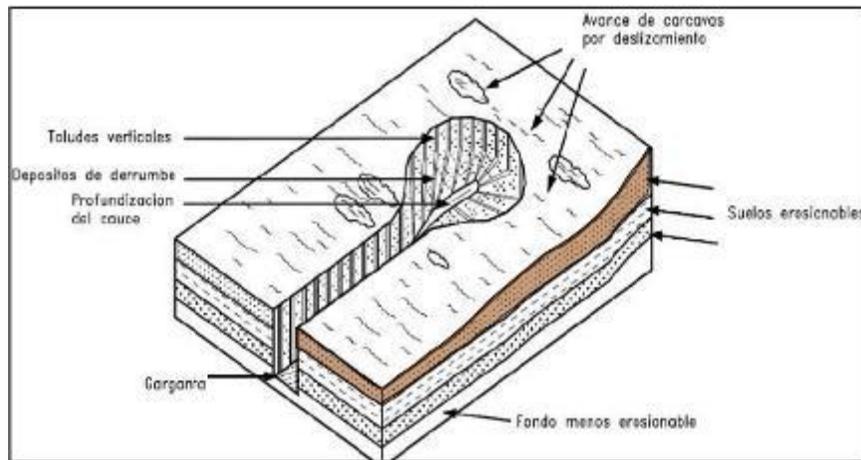


Figura 34. Esquema general de una cárcava. Tomado de Suárez (1998).

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 35). 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).

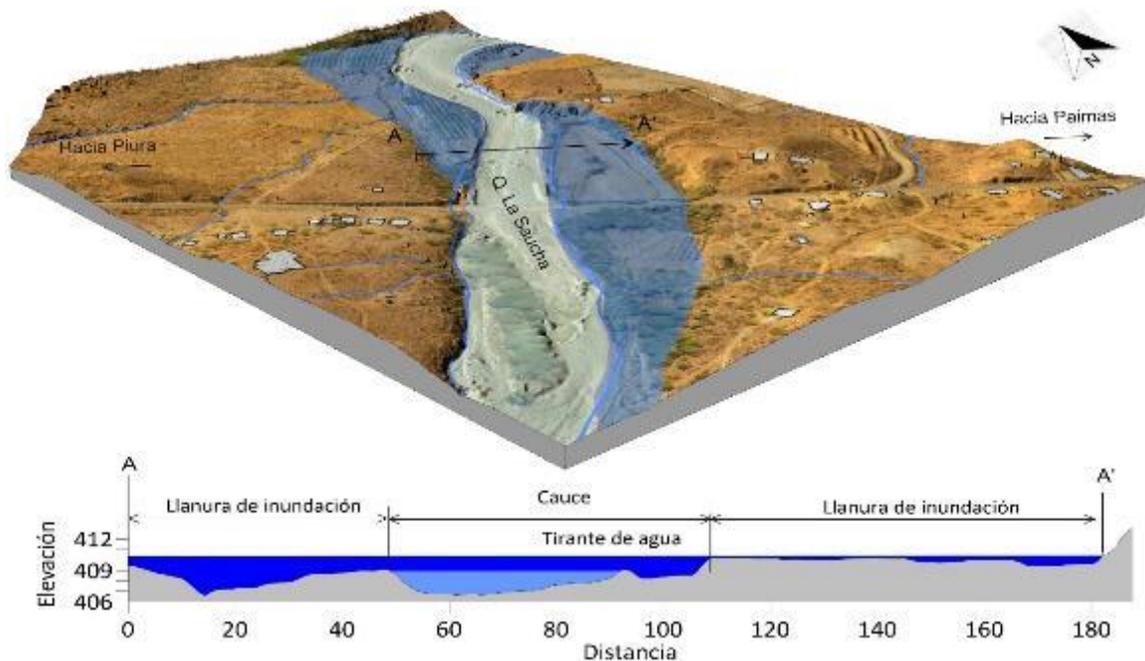


Figura 35. Esquema de llanuras de inundación (Elaboración propia).

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 36). 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).

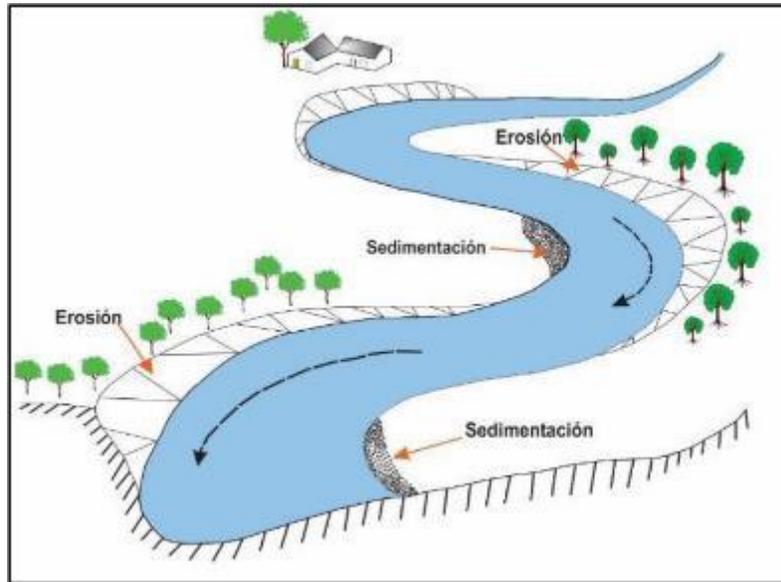


Figura 36. Erosión fluvial que ensancha el cauce de un río (Sosa, N., 2020).

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 La Saucha, 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 37), para aumentar la capacidad de tránsito en el cauce de la carga sólida y líquida durante las crecidas y limpiar el cauce.

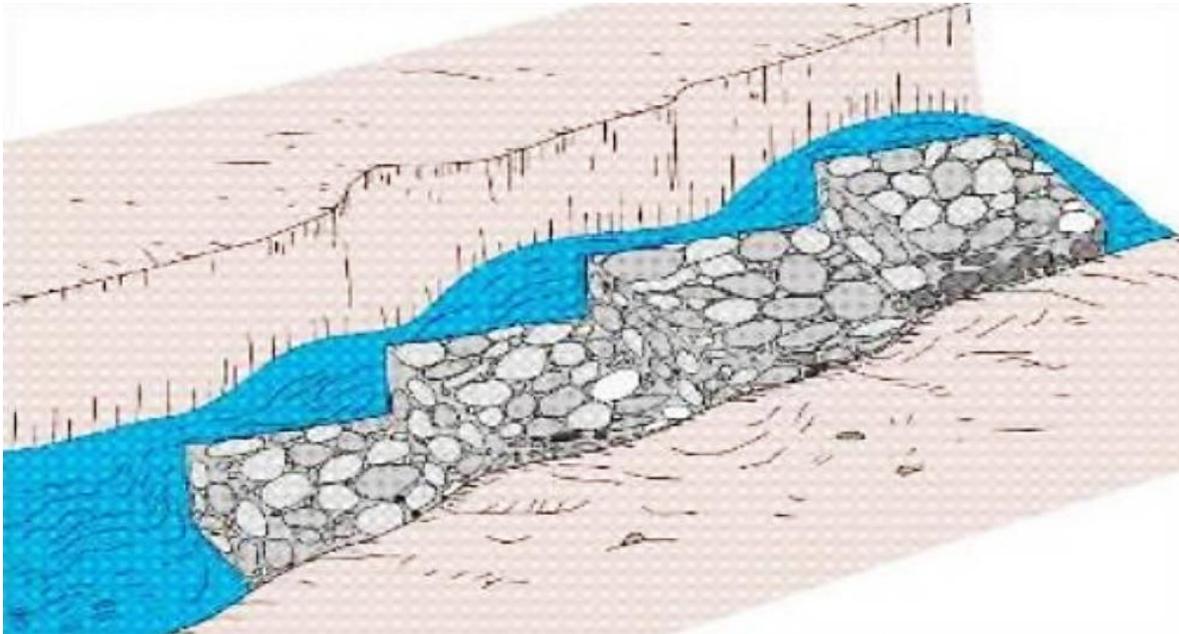


Figura 37. Gaviones para encausar el lecho y amabas márgenes de la quebrada La Saucha.

- 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 38).
- 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.

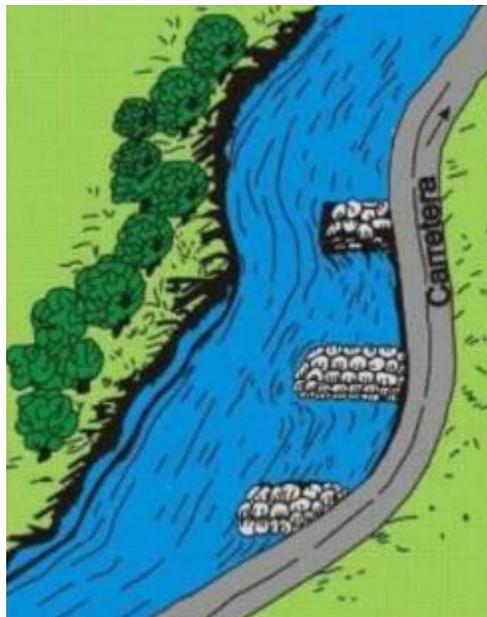


Figura 38. Espigones para proteger las terrazas aluviales.

- 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 contruidos 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 39).



Figura 39. Presas de sedimentación escalonada para controlar la fuerza destructiva de los huaiacos (INGEMMET, 2003).