

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7376

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR EROSIÓN EN CÁRCAVAS EN EL CASERÍO CULEBREROS

Departamento Piura
Provincia Morropón
Distrito Santa Catalina de Mossa



ABRIL
2023

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR EROSIÓN EN CÁRCAVAS EN EL CASERÍO CULEBREROS

Distrito Santa Catalina de Mossa, provincia Morropón, departamento Piura



Elaborado por la

Dirección de Geología

Ambiental y Riesgo

Geológico del

INGEMMET

Equipo de investigación:

Cristhian Chiroque Herrera

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2023). *Evaluación de peligros geológicos por erosión en cárcavas en el caserío Culebreros*. (Distrito Santa Catalina de Mossa, provincia Morropón, departamento Piura). Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7376, 39p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. Objetivos del estudio	2
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	2
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación.....	5
1.3.2. Accesibilidad.....	5
2. DEFINICIONES	7
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	7
3.1. Unidades litoestratigráficas	7
3.1.1. Formación San Pedro (Ki-sp).....	8
3.1.2. Superunidad Paltashaco – Tonalita Pamparumbe (K-to-p).....	8
3.1.3. Centro volcánico Sondorillo (P-tb-s).....	8
3.1.4. Depósitos cuaternarios.....	8
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	9
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)	9
4.2. Pendientes del terreno	9
4.3. Unidades geomorfológicas	10
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional.....	11
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional.....	12
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	14
5.1. Otros peligros geológicos	14
5.1.1. Erosión en cárcavas.....	14
Calle Comercio	15
Calle La Palmeras	16
Jirón Pedro Ruiz Gallo	18
Calle Tupac Amaru	19
5.2. Factores condicionantes	20
5.2.1. Litología.....	20

5.2.2.	Pendientes.....	21
5.3.	Factores desencadenantes	22
5.3.1.	Lluvias intensas y prolongadas, como las del Niño Costero	22
5.4.	Daños por peligros geológicos	23
5.4.1.	Viviendas	23
5.4.2.	Calles y vías de acceso.....	24
5.4.3.	Plaza central de Culebreros	25
6.	CONCLUSIONES	26
7.	RECOMENDACIONES	27
8.	BIBLIOGRAFÍA	28
	ANEXO 1: MAPAS	29
	ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	33

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por procesos de erosión de laderas denominados como cárcavas en el caserío Culebreros, que pertenece a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Santa Catalina de Mossa, provincia de Morropón, departamento Piura. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica en peligros geológicos para los tres niveles de gobierno.

Las viviendas del caserío en mención, se asientan sobre depósitos coluvio-deluviales originados por antiguos deslizamientos, conformados por bloques (15%) y clastos (10%) angulosos en una matriz limo-arcillosa (45%). Estos depósitos, sobreyacen a rocas intrusivas tipo tonalitas completamente meteorizadas (deleznables) y muy fracturadas de la Superunidad Paltashaco.

Geomorfológicamente, el área urbana del caserío se ubica sobre una vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd) con terrenos de pendientes moderadas a fuertes (5°-25°), en los alrededores se encuentran montañas en rocas intrusivas (RM-ri) que limitan al norte con montañas en rocas volcánicas (RM-rv) y al sur con montañas en rocas sedimentarias (RM-rs), ambas geoformas tienen pendientes fuertes a muy escarpadas (15°-45°).

Las vertientes o piedemontes aluvio torrenciales, fueron originados y modelados por flujos de detritos (huaicos) antiguos. Estos provienen de la activación de las quebradas La Laja y Rinconada, que desembocan al río Chalaco por la margen derecha, ubicado a 1.1 km al sur del caserío Culebreros, siendo el principal recolector.

A partir del cartografiado geológico y análisis de imágenes satelitales, se determinó que, el caserío Culebreros es afectado por procesos de erosión de laderas (cárcavas) que se activan ante la presencia de lluvias intensas y prolongadas, como las ocurridas en el mes de marzo del 2017 y recientemente en febrero del 2020.

Se concluye que, el caserío Culebreros tiene **Peligro Alto** por erosión en cárcavas, estos eventos geológicos son desencadenados por lluvias intensas y/o prolongadas, como las que se presentan durante el fenómeno El Niño o lluvias anómalas.

Se recomienda, implementar el sistema de drenaje pluvial con cunetas revestidas de PVC, además de, un adecuado manejo agrícola con mejoras en el tipo de riego, realizar el monitoreo de zonas con probable ocurrencia de nuevos procesos erosivos. Estas medidas están orientadas a disminuir los avances erosivos y mitigar sus efectos a viviendas e infraestructuras. Finalmente, se recomienda, realizar un Informe de Evaluación de Riesgos (EVAR) tomando como información esencial las geoformas y los peligros identificados.

1. INTRODUCCIÓN

El INGEMMET, ente técnico-científico que desarrolla a través de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) la “Evaluación de peligros geológicos a nivel nacional (ACT. 11)”, 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 Santa Catalina de Mossa, según Oficio N° 090-2021-MDSCM-P-A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa de tipo “cárcavas”, que ocurrieron en marzo 2017, febrero 2020 y marzo del 2021, estos eventos geodinámicos afectaron viviendas, calles y vías de acceso en el caserío Culebreros.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó al ingeniero Cristhian Chiroque Herrera para realizar la evaluación geológica, geomorfológica y geodinámica de los peligros geológicos que afectan el área urbana.

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), 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 Santa Catalina de Mossa y las entidades encargadas de la gestión de riesgos de desastres, 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 caserío Culebreros, procesos geodinámicos que pueden comprometer la seguridad física de la población, viviendas, obras de infraestructura y vías de comunicación.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia de movimientos en masa.
- c) Emitir las recomendaciones generales para la reducción o mitigación de los daños que puedan causar los peligros geológicos identificados.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

Existen trabajos previos y publicaciones del INGEMMET relacionados a temas de geología y geodinámica externa de los cuales destacan los siguientes:

- A. 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” (Vílchez et al., 2017). En este trabajo, se 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. Además, se actualizó el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la región a escala 1:100 000, el caserío Culebreros se ubica en una zona con alta susceptibilidad por movimientos en masa, se describen zonas con afloramientos de rocas muy meteorizadas, fracturadas con discontinuidades, depósitos superficiales inconsolidados y parcialmente saturados. Las laderas de montañas tienen pendientes entre 25° a 45°, donde se ubican movimientos en masa antiguos y la probable ocurrencia de nuevos deslizamientos (figura 1).
- B. Boletín N° 39, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca 9-c, 9-d, 10-c, 10-d, 10-e, 11-c, 11-d, 11-e, 12-d y 12-e (Reyes & Caldas, 1987). Se describe la geología a escala 1: 100,000, donde afloran lavas y andesitas basálticas de la Formación San Lorenzo y granodioritas y tonalitas de la Superunidad Paltashaco denominadas como tonalitas Pamparumbe. Esta información fue tomada como referencia para delimitar los afloramientos de tonalitas en las inmediaciones del caserío Culebreros.
- C. Mapa geológico del cuadrángulo de Ayabaca 11d4 (Jaimes et al., 2016) a escala 1:50 000, describe las principales unidades litoestratigráficas conformadas por areniscas tobáceas de la Formación San Pedro. Mientras que, al norte y este afloran unidades volcánicas conformadas por tobas de composición andesítica y dacítica. En las inmediaciones del caserío Culebreros afloran tonalitas altamente meteorizadas, muy deleznales y medianamente fracturadas, este tipo de litología favorece la formación de zonas de intensa erosión denominadas como cárcavas.

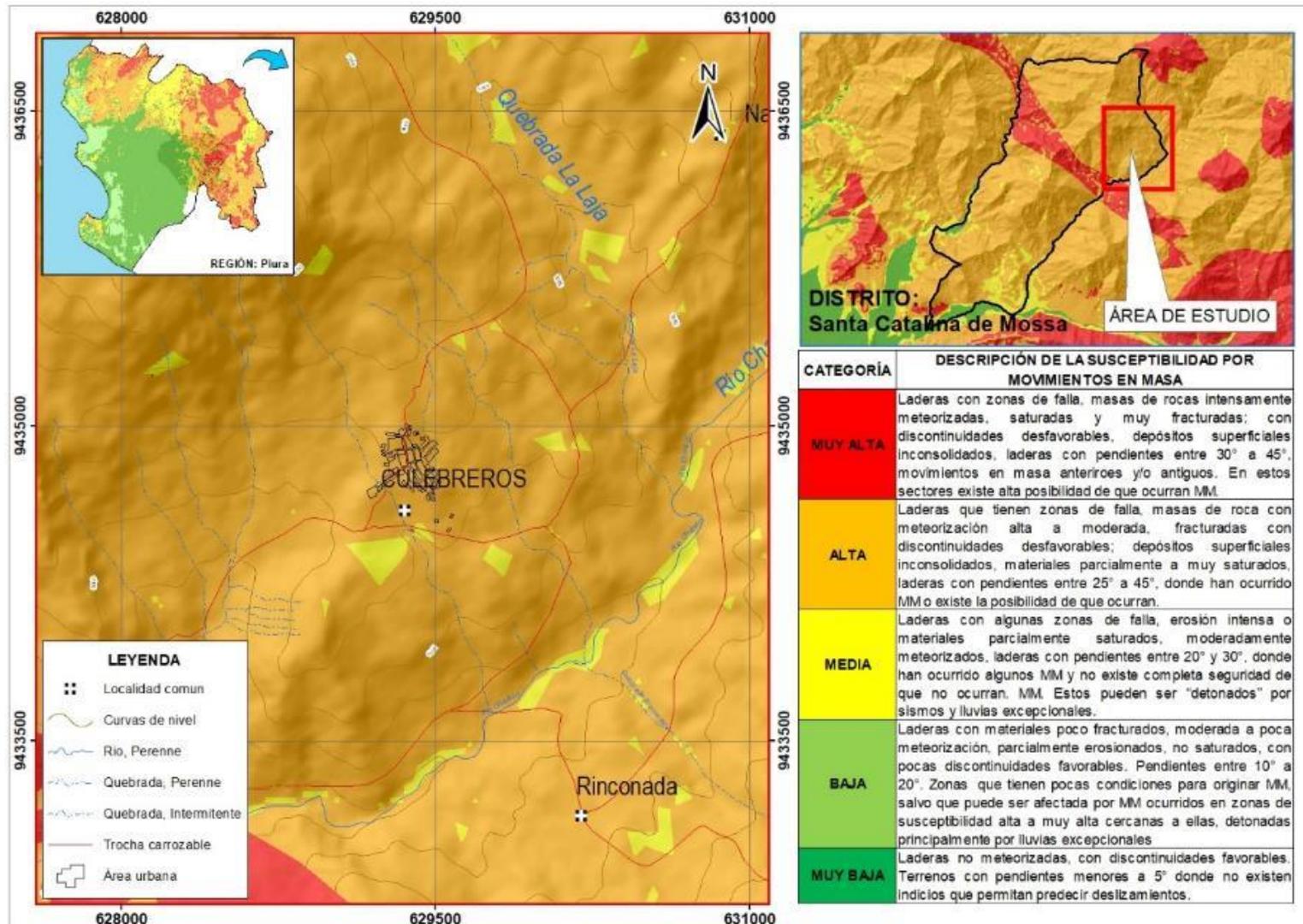


Figura 1. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:100 000 de la zona de evaluación (Vilchez et al., 2017).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

El caserío Culebreros se ubica a 156 km al este de la ciudad de Piura, el área de evaluación pertenece al distrito de Santa Catalina de Mossa, provincia de Morropón, departamento Piura (figura 2), en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 17S):

Cuadro 01. Coordenadas del área de evaluación

N°	UTM - WGS84 - Zona 17L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	628982	9435234	-5.108419	-79.836355
2	629743	9435234	-5.108406	-79.829493
3	629743	9434374	-5.116184	-79.829479
4	628982	9434374	-5.116196	-79.836341
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	629346	9434948	-5.111002	-79.833069

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

Ruta	Tipo de vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
Piura – Morropón	Asfaltada	87.2	1 h 45 min
Morropón Santa Catalina de Mossa	Trocha carrozable	21.4	45 min
Santa Catalina de Mossa - Culebreros	Trocha Carrozable	12.5	30 min

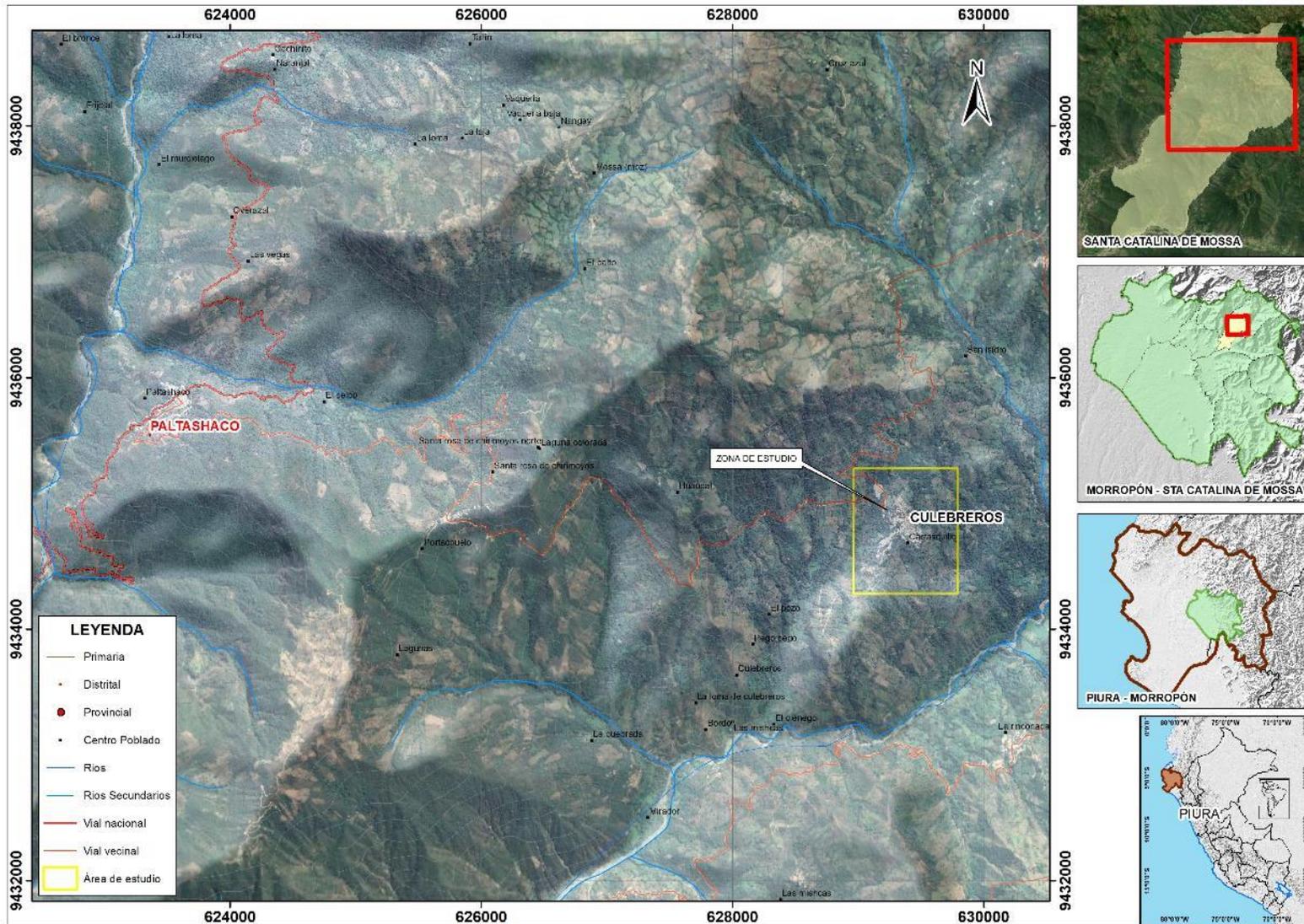


Figura 2. Ubicación y accesibilidad del caserío Culebreros.

2. DEFINICIONES

En el presente glosario se describen los términos establecidos en la “Guía para la evaluación de amenazas” elaborada como parte del Proyecto Multinacional Andino – Movimientos en masa en la Región Andina GEMA, del PMA:

EROSIÓN (erosión) Parte del proceso denudativo de la superficie terrestre que consiste del arranque y transporte de material de suelo o roca por un agente natural como el agua, el viento y el hielo, o por el hombre. De acuerdo con el agente, la erosión se puede clasificar en eólica, fluvial, glaciar, marina y pluvial. Por su aporte, de acuerdo a las formas dejadas en el terreno afectado se clasifica como erosión en surcos, erosión en cárcavas y erosión laminar.

METEORIZACIÓN (weathering). Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes. El caserío Culebreros se ubica a 156 km al este de la ciudad de Piura, el área de evaluación pertenece al distrito de Santa Catalina de Mossa, provincia de Morropón, región Piura (Anexo 01 Mapa 01), en las

MOVIMIENTO EN MASA (mass movement, landslide). sin.: Fenómeno de remoción en masa (Co, Ar), proceso de remoción en masa (Ar), remoción en masa (Ch), fenómeno de movimiento en masa, movimientos de ladera, movimientos de vertiente. Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991).

SUSCEPTIBILIDAD: La susceptibilidad está definida como la propensión que tiene una determinada zona a ser afectada por un determinado proceso geológico, expresado en grados cualitativos y relativos. Los factores que controlan o condicionan la ocurrencia de los procesos geodinámicos son intrínsecos (la geometría del terreno, la resistencia de los materiales, los estados de esfuerzo, el drenaje superficial y subterráneo, y el tipo de cobertura del terreno) y los detonantes o disparadores de estos eventos son la sismicidad y la precipitación pluvial.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico se desarrolló en base al cuadrángulo geológico de Morropón hoja 11-d4 a escala 1:50 000 (Jaimes et al., 2016). Además, se realizó la interpretación de imágenes satelitales y observaciones de campo.

En las inmediaciones del área de estudio afloran tobas del Centro Volcánico Sondorillo en contacto con tonalitas de la Superunidad Paltashaco, ambas unidades afloran al este y oeste respectivamente. Al sur del caserío Culebreros, afloran areniscas tobáceas de la Formación San Pedro. En las inmediaciones del área de evaluación, se encuentran depósitos proluviales conformados por gravas y arenas en matriz areno limosa donde hoy se ubica el área urbana del caserío Culebreros (Anexo 01 Mapa 01).

3.1. Unidades litoestratigráficas

A continuación, se describen las características litológicas locales de los afloramientos en la zona de estudio (figura 3):

3.1.1. Formación San Pedro (Ki-sp)

Esta conformado por areniscas tobáceas muy fracturada y altamente meteorizadas intercaladas con limolitas y chert. Se distribuye al suroeste del caserío Culebreros, este tipo de rocas tienen alta susceptibilidad a la generación de movimientos en masa, debido al alto grado de meteorización que modela laderas con pendientes muy fuertes.

3.1.2. Superunidad Paltashaco – Tonalita Pamparumbe (K-to-p)

Están conformados por cuerpos de tonalitas con alto contenido de cuarzo, al meteorizarse forman coberturas de aspecto blanquecino a rosáceo, muy porosas y poco consolidadas. Los cuerpos descritos se encuentran altamente meteorizados y muy fracturados dando origen a materiales que se depositan en cauces de quebradas y laderas con pendientes moderadas a fuertes, gran parte del área de estudio se distribuye sobre este tipo de litologías.

3.1.3. Centro volcánico Sondorillo (P-tb-s)

Están conformadas por tobas de composición andesítica y dacítica con fragmentos líticos angulosos con diámetros variables. Estos afloramientos se distribuyen al norte y noroeste a 1.7 km del caserío Culebreros.

3.1.4. Depósitos cuaternarios

Depósito coluvio deluvial (Q-cd)

Corresponde a una acumulación sucesiva y alternada de materiales de origen coluvial y deluvial, los cuales no es posible diferenciarlos. Los depósitos coluviales se encuentran formados por acumulaciones de bloques (10%), clastos (20%), arenas (25%), limos (25%) y arcillas (20%) ubicadas al pie de taludes escarpados de bloques rocosos angulosos heterométricos y de naturaleza litológica homogénea.

Conforman taludes de reposo poco estables; dentro de este tipo de depósito se encuentran los materiales generados por movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes, etc.

En la zona de evaluación, parte del área urbana se ubica sobre antiguos deslizamientos que modelaron los relieves actuales.

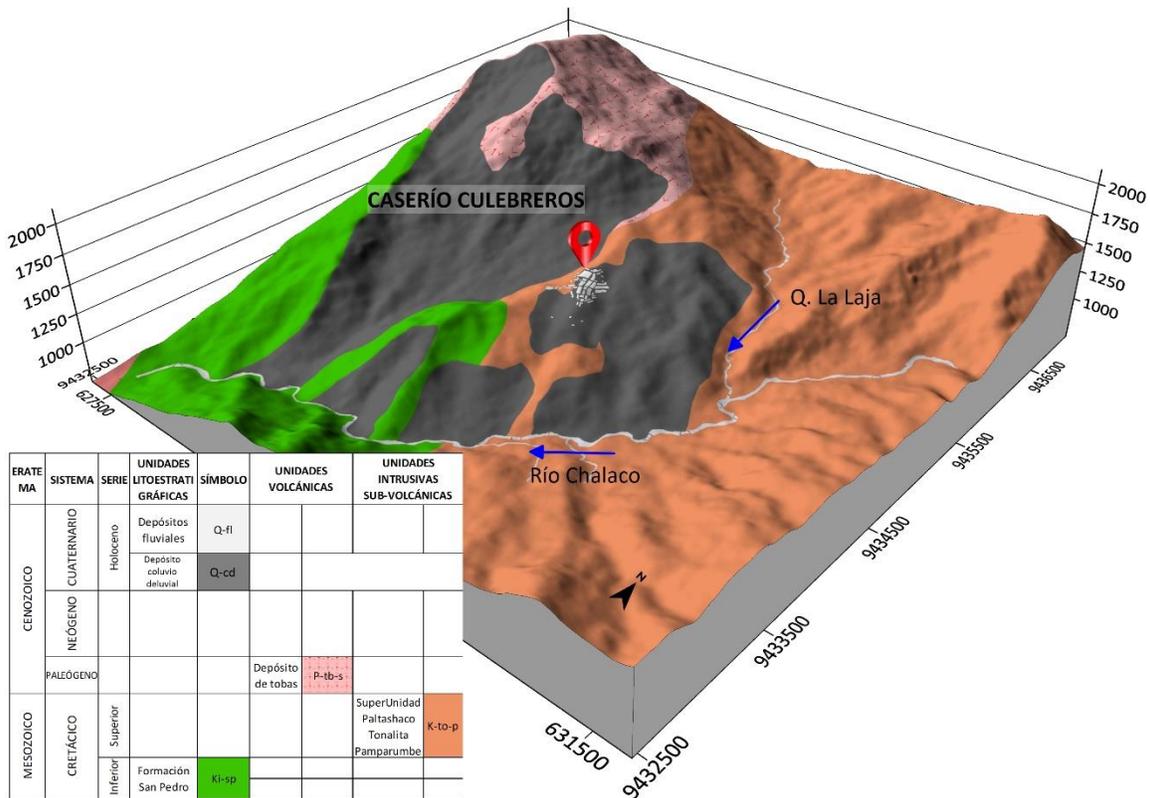


Figura 3. Unidades litoestratigráficas en el caserío Culebreros.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para el análisis de la geomorfología, se obtuvo el modelo digital de terreno del servidor ALOS PALSAR con una resolución (GSD) de 12.5 m, además se realizó el análisis de imágenes satelitales para el estudio de la morfometría del relieve complementada con los trabajos de campo.

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona de estudio se distribuye sobre un relieve con elevaciones entre 640 m s.n.m y 2120 m s.n.m; mientras que, el área urbana del caserío Culebreros se asienta sobre superficies con elevaciones entre 1108 m s.n.m y 1245 m s.n.m. Las máximas elevaciones se ubican al noroeste con superficies que sobrepasan los 2100 m de altitud. Los procesos de erosión de laderas (cárcavas) se producen debido al agua de escorrentía que descienden del norte desde los 1600 m hasta el área urbana (figura 4).

4.2. Pendientes del terreno

A continuación, se detallan las pendientes expresadas en porcentajes por áreas (Cuadro 3):

Rango	Descripción	Área (ha)	Área total (ha)	Área %
<1	Llana	0	78	0
1 – 5	Suavemente inclinada	3	78	3
5 – 15	Moderada	18	78	23
15 – 25	Fuerte	28	78	36
25 – 45	Muy fuerte	27	78	35
>45	Muy escarpada	2	78	3
Total (ha)		78		100.0

Cuadro 3. Pendientes en áreas y porcentajes del total del área evaluada.

Como se observa, el 75% del área evaluada presenta pendientes fuertes a muy escarpas (15° a >45°) alcanzando un total de 57 ha (figura 4):

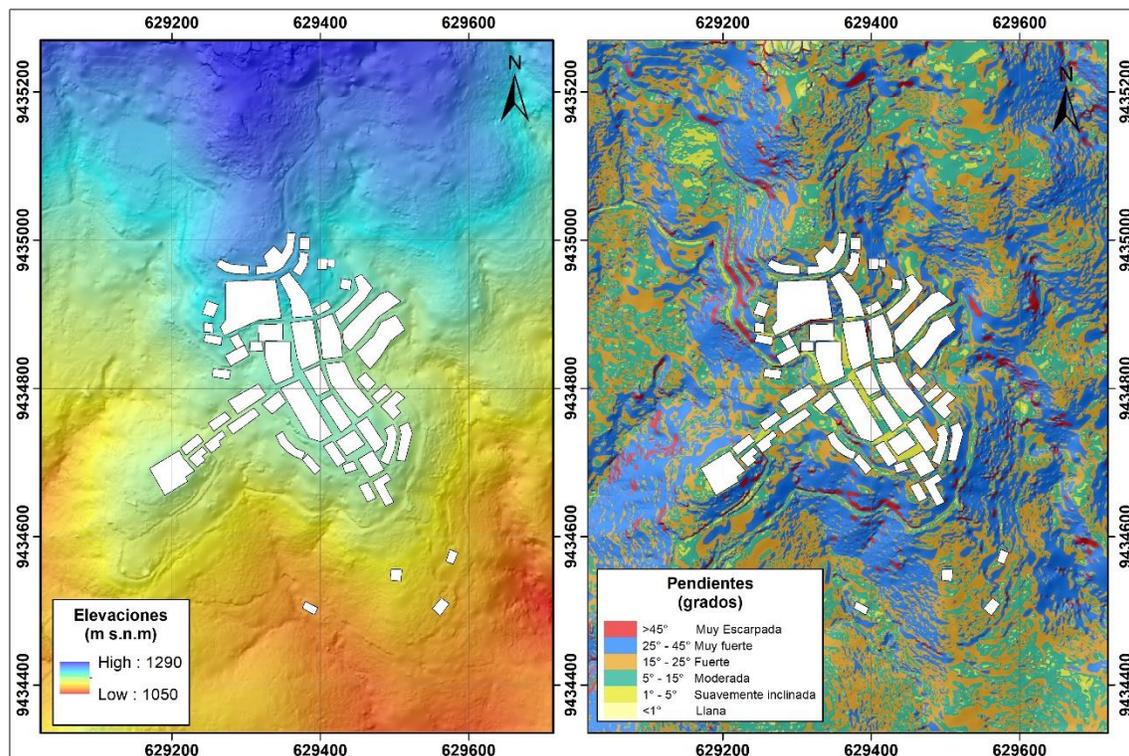


Figura 4. Elevaciones y rangos de pendientes en el área de evaluación.

4.3. 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 con la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019).

En la zona de estudio, se identificaron montañas en rocas intrusivas, volcánicas y sedimentarias de carácter tectónico degradaciones y erosional que se ubican en los alrededores de la zona evaluada. Además, de vertientes con depósitos de deslizamientos y vertientes o piedemontes aluvio torrenciales. Los principales agentes modeladores son las quebradas La Laja y La Rinconada que confluyen hacia el río Chalaco, que forma un cauce extenso que erosiona las laderas en ambas márgenes (Anexo 01 Mapa 02).

4.3.1. 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:

4.3.1.1. **Unidad de montañas**

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

Subunidad de montaña en roca intrusiva (RM-ri): Estas geoformas se ubican al norte, sur y este del caserío Culebreros y configuran las partes más altas de la zona de estudio con pendientes moderadas a muy fuertes (5° – 45°) desde donde descienden las quebradas que llegan hasta el área urbana de la zona de evaluación (figura 5).

Subunidad de montaña en roca volcánica (RM-rv): Tienen una amplia distribución al norte y noroeste del área de estudio, se reconocen como cumbres, estribaciones o laderas que han sido modeladas por la erosión. En general conforman alineamientos con dirección andina, que sobrepasan los 300 m del nivel de base local, constituidos por rocas volcánicas, con diferentes estados de meteorización.

Localmente, estas geoformas se ubican a 1.2 km al noroeste del caserío Culebreros y configuran montañas con elevaciones de hasta 2100 m de altitud con pendientes fuertes a muy escarpadas (15° – 45°) muy susceptibles a movimientos en masa (figura 5).

Subunidad de montaña en roca sedimentaria (RM-rs): Estas geoformas se ubican al sur y suroeste del caserío Culebreros, se modelan en areniscas tobáceas que configuran zonas próximas al río Chalaco con pendientes moderadas a muy fuertes (5° – 45°), sobre estas zonas se emplazaron antiguos deslizamientos y flujos (figura 5).



Figura 5. Vista panorámica del caserío Culebreros y las unidades geomorfológicas descritas, coordenadas 9434789N y 629324E.

4.3.2. Geformas de carácter depositacional y agradacional

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

4.3.2.1. 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 con depósito de deslizamiento (V-dd): Son acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa, prehistóricos, antiguos y recientes, que pueden ser del tipo deslizamientos, avalancha de rocas y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea; con materiales inconsolidados a ligeramente consolidados, son depósitos de corto a mediano recorrido relacionados a las laderas superiores de los valles (figura 6).



Figura 6. Depósitos de deslizamientos en la vía de acceso a Culebreros, coordenadas 9434992N y 628722E.

Subunidad de vertiente o piedemonte aluvio torrencial (P-at): Esta geoforma es el resultado de la acumulación de materiales movilizados a manera de flujos de detritos (huaicos), modifican localmente la dirección de los cursos de ríos y se ubican en las desembocaduras de quebradas hacia los ríos principales. El caserío Culebreros es rodeada por las quebradas La Laja y La Rinconada que se activan por flujos de detritos en temporada de lluvias.

Subunidad de cauce de río (R): Está unidad corresponde al cauce y lecho del río Chalaco, que se desplaza de noreste a suroeste, recolectando el drenaje y la escorrentía de la zona, transportando materiales conformados por bloques, clastos, gravas y arenas gruesas recorriendo un total de 3.5 km desde la cuenca alta del distrito del mismo nombre (figura 7).

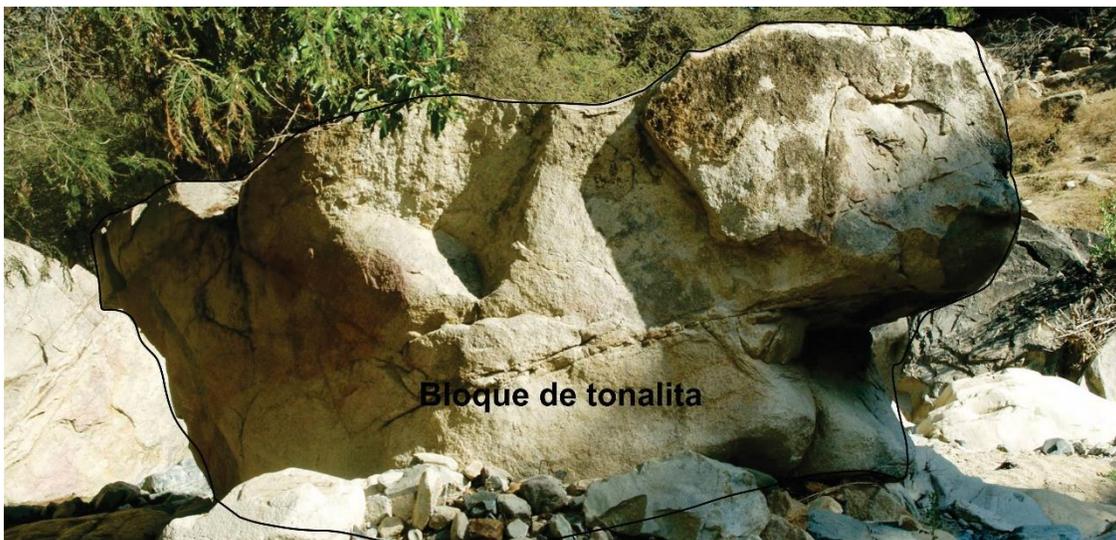


Figura 7. Quebrada Chalaco, ubicada al sur del caserío, coordenadas 9433893N y 630233E.

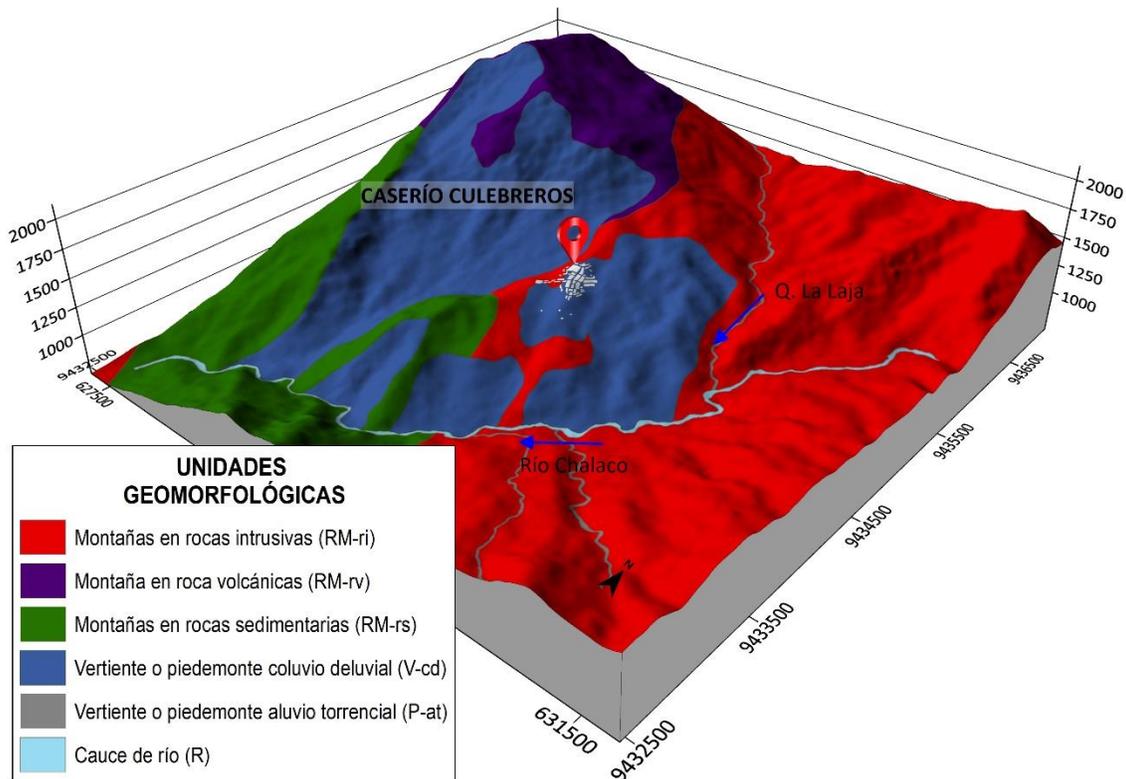


Figura 8. Unidades geomorfológicas en el caserío Culebreros.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los peligros geológicos reconocidos en la zona evaluada, corresponden procesos de erosión de laderas en cárcavas afectan laderas cubiertas por coberturas poco consolidadas.

En general, los cursos de agua fluctúan hacia superficies con pendientes moderadas y se concentran en zonas muy puntuales, si el caudal se incrementa debido a lluvias prolongadas, se forma un canal que progresivamente se ensancha, profundiza o incrementa la pendiente.

En estos procesos de erosión por cárcavas, la escorrentía superficial es intensa y tiene una gran energía erosiva que da lugar al carcavamiento que pueden alcanzar decenas de metros, tanto en dimensión longitudinal como en profundidad. Este proceso es observado en calles y vías de acceso del caserío Culebreros.

5.1. Otros peligros geológicos

5.1.1. Erosión en cárcavas

Los procesos de erosión como las cárcavas se intensifican con coberturas litológicas poco competentes y coberturas cuaternarias poco consolidadas, que cubren geoformas con pendientes moderadas. Estos factores, condicionan la intensidad y la energía de los procesos de erosión que juntamente con la falta de drenaje incrementa la erosión (Anexo

01 Mapa 03). La erosión depende de la intensidad y duración de la lluvia, estos eventos meteorológicos se registraron el mes de marzo del 2017, con precipitaciones diarias que se extendieron por varias horas, alcanzando picos diarios de 25 mm y 41 mm. Recientemente, las precipitaciones entre los meses de enero a marzo del 2020 también alcanzaron picos considerables en la zona de evaluación.

A continuación, se describen los daños ocasionados por cárcavas en las vías y calles más afectadas (cuadro 4):

Calle Comercio

Es la principal vía de acceso desde los caseríos San Isidro y Naranjito, tiene pendiente moderada a fuerte, es perpendicular a la Ca. Las Palmeras que drena el agua de escorrentía ladera abajo (figuras 9 y 10)

Las cárcavas identificadas tienen las siguientes características:

- Estado evolutivo: cárcava joven.
- Largo: 68 m Ancho: 2.5 m Profundidad: 0.30 m.
- Forma del drenaje: dendrítico y paralelo.
- Daños: calles, postes de alumbrado público y viviendas.
- Condicionante: litologías erosionables, coberturas poco compactas y pendientes fuertes a muy escarpadas (15° a >45°).
- Condiciones locales: falta de drenaje pluvial urbano y vías de acceso sin cunetas.
- Potencial para generar deslizamientos.



Figura 9. Cárcavas que afectan viviendas ubicadas en la Calle Comercio, vista de norte a sur donde se aprecia una fuerte pendiente hacia el centro de la ciudad. (Coordenadas: 9434950N y 629341E).



Figura 10. Cárcavas de 30 cm de profundidad en el centro de la Calle Comercio.

Calle La Palmeras

Se ubica en la parte alta del área urbana de Culebreros, funciona como un recolector de la escorrentía, drena el agua hacia las calles sin ningún control, intensificando la erosión debido a la ausencia de cuneras, badenes y alcantarillas (figuras 11 y 12).

Las cárcavas identificadas tienen las siguientes características:

- Estado evolutivo: cárcava joven.
- Largo: 65 m Ancho: 2 m Profundidad: 0.20 m.
- Forma del drenaje: dendrítico y paralelo.
- Daños: calles, postes de alumbrado público, buzones de agua potable y viviendas.
- Condicionante: litologías erosionables, coberturas poco compactas y pendiente muy fuertes (25° - 45°).
- Condiciones locales: falta de drenaje pluvial urbano y vías de acceso sin cunetas.
- Potencial para generar derrumbes.



Figura 11. Cárcavas que afectan viviendas, buzones y cajas de distribución de agua, Ca. Palmeras, coordenadas: 9435015 N y 629358E).



Figura 12. Calle Palmeras, afectada por cárcavas de hasta 20 cm de profundidad, coordenadas 9434991N y 629368E.

Jirón Pedro Ruiz Gallo

Tiene 2.5 m de ancho y en 02 tramos se reduce a 2 m, es paralela a la calle Comercio, presenta pendiente moderada a fuerte, recibe el agua de escorrentía proveniente de la Ca. Palmeras (figuras 13 y 14).

Las cárcavas identificadas tienen las siguientes características:

- Estado evolutivo: cárcava joven.
- Largo: 72 m Ancho: 2.2 m Profundidad: 0.40 m.
- Forma del drenaje: dendrítico.
- Daños: calles, postes de alumbrado público, buzones y viviendas.
- Condicionante: litologías erosionables, coberturas poco compactas y pendiente fuerte.
- Condiciones locales: falta de drenaje pluvial urbano y vías de acceso sin cunetas.
- Potencial de generar deslizamientos.



Figura 13. Cárcavas que afectan viviendas y buzones, Jr. Pedro Ruiz, coordenadas: 9434951N y 629367E).



Figura 14. Cárcavas de hasta 40 cm de profundidad, coordenadas 9434919N y 629384E.

Calle Tupac Amaru

Ubicada en el límite del área urbana, tiene una longitud de 225 m, 192 m de esta calle, son afectadas por procesos de erosión, presenta pendiente moderada (figuras 15 y 16).

Las cárcavas identificadas tienen las siguientes características:

- Estado evolutivo: cárcava joven.
- Largo: 192 m Ancho: 3.50 m Profundidad: 0.50 m.
- Forma del drenaje: dendrítico.
- Daños: calles, postes de alumbrado público, buzones y viviendas.
- Condicionante: litologías erosionables, coberturas poco compactas y pendiente moderada.
- Condiciones locales: falta de drenaje pluvial urbano y vías de acceso sin cunetas.
- Potencial de general derrumbes.



Figura 15. Cárcavas que afectan viviendas, Calle Tupac Amaru, coordenadas: 9434821 N y 629443E).



Figura 16. Cárcavas de hasta 50 cm de profundidad, coordenadas 9434774N y 629474E).

Cuadro 4. Ubicación de los tramos afectado por cárcavas.

Sector	Inicio		Fin		Tramo afectado
	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)	
Culebreros	9434954	629338	9434891	629356	Ca. Comercio
Culebreros	9435026	629354	9434968	629364	Ca. Las Palmeras
Culebreros	9434959	629356	9434903	629390	Jr. Pedro Ruiz Gallo
Culebreros	9434892	629393	9434835	629402	Ca. Tupac Amaru

5.2. Factores condicionantes

5.2.1. Litología

Los tipos de rocas que afloran en la zona de estudio están conformados por tonalitas muy fracturadas y altamente meteorizadas, este tipo de roca se disgrega en arenas, gravillas y limos, luego son transportados por escorrentía, depositándose sobre laderas de montañas con pendientes moderadas a fuertes. Sobre este tipo de rocas se ubica el área urbana del caserío Culebreros (fotografía 1).



Fotografía 1. Tonalitas muy meteorizadas ubicadas en la coordenada 9435016N y 629347E.

Las coberturas aluviales están conformadas por limoarenosas y limoarcillosas poco compactas, con gravas de granulometría angulosa a redondeada. Estos tipos de coberturas son susceptibles a la erosión formando cárcavas (fotografía 2).



Fotografía 2. Capas limoarenosas susceptibles a erosión en la coordenada 9491919N y 634028E.

5.2.2. Pendientes

En la zona de evaluación, predominan los relieves con pendientes moderadas a fuertes, del total de las 25 ha abarcadas, el 65% están conformadas por pendientes moderadas a fuertes y el 20% tiene pendientes muy fuertes a muy escarpadas que se distribuyen al sur del área urbana (figuras 17 y 18).

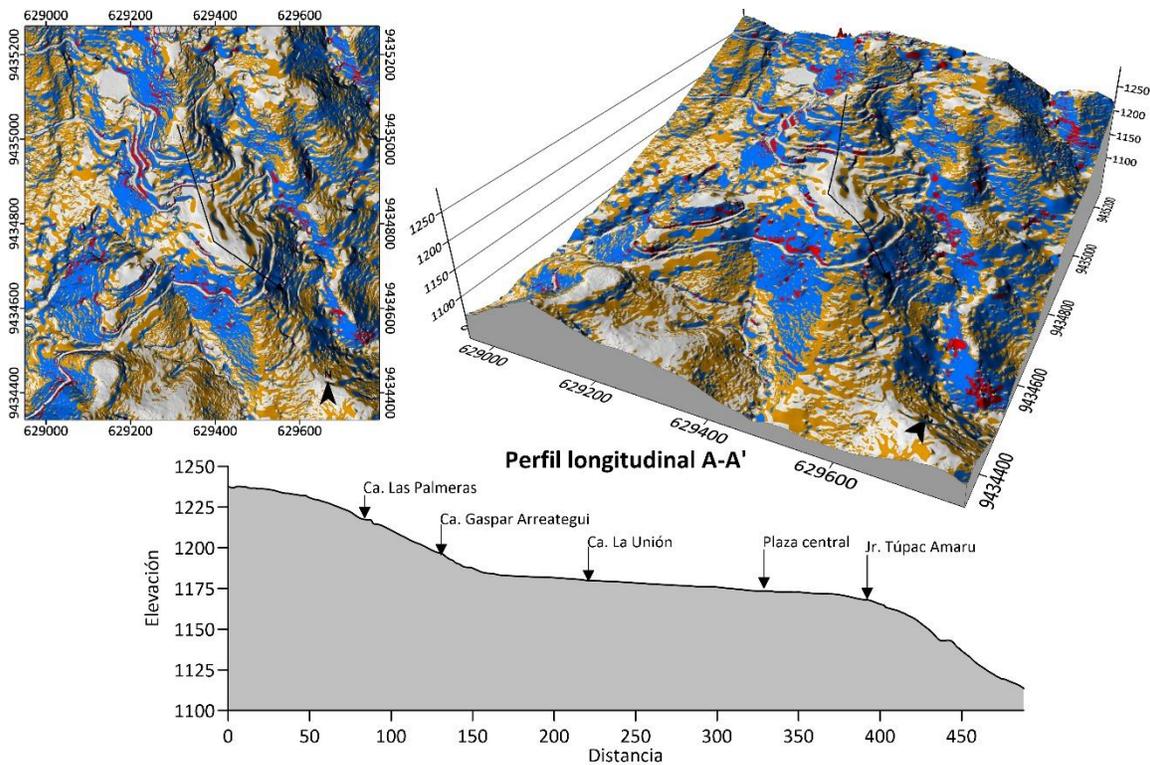


Figura 17. Pendientes moderadas a fuertes predominantes en el área de evaluación.

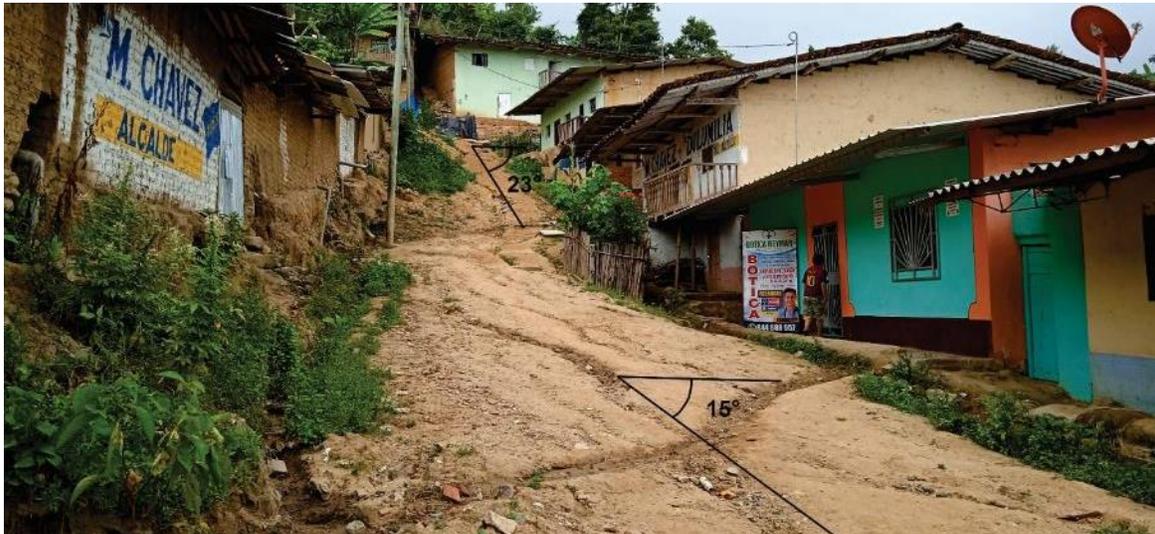


Figura 18. Jr. Pedro Ruiz Gallo con pendientes moderadas a fuertes, coordenada 9434842 N y 629400 E.

5.3. Factores desencadenantes

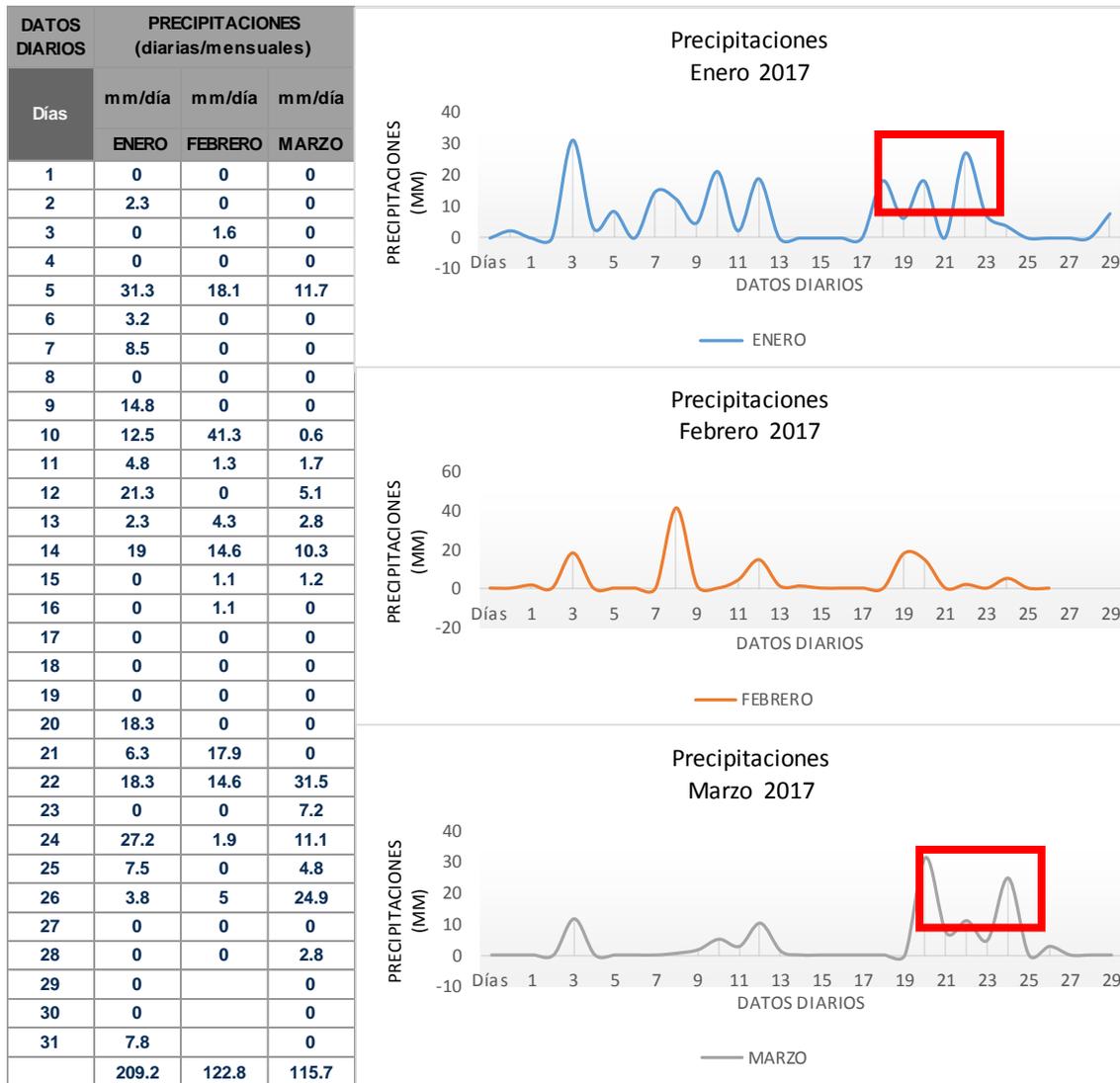
5.3.1. Lluvias intensas y prolongadas, como las del Niño Costero

Se tomó la información del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), analizando las estaciones meteorológicas cercanas al distrito de Pacaipampa, se consideró la Estación Convencional Poclus ubica en el distrito de Frías a 24 km al noroeste de la zona de evaluación (cuadros 5 y 6, gráfico 01).

Entre los meses de enero a marzo del 2017, se registraron lluvias intensas que superaron los 6, 11 y 20 mm diarios en enero, febrero y marzo respectivamente. Sin embargo, en el mes de marzo las lluvias sobrepasaron máximas de 60 mm, con un acumulado mensual de 115 mm (gráfico 01).

Cuadro 5. Ubicación de la estación meteorológica.

Estación: ALTO POCLUS					
Departamento:	PIURA	Provincia:	AYABACA	Distrito:	FRÍAS
Latitud:	4°55'0.85" S	Longitud:	79°53'25.7" W	Altitud:	3080 m s.n.m.
Tipo:	Convencional - Meteorológica		Código:	104097	



Cuadro 6. Datos de precipitación mensual enero – marzo 2017.

Fuente: SENAMHI / DRD

* Datos sin control de calidad.

Para el año 2017, las precipitaciones llegaron a mínimos y máximos mensuales de 209, 122 y 115 mm entre enero, febrero y marzo respectivamente, los picos más altos se registraron del 9 al 12 de enero y el 24 del mismo mes; mientras que, el 10 de febrero la precipitación máxima llegó a 41 mm.

5.4. Daños por peligros geológicos

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

5.4.1. Viviendas

Las viviendas ubicadas en el Jr. Pedro Ruiz Gallo, fueron afectadas por procesos de erosión en cárcavas, este proceso debilitó las bases ya deficientes y de materiales de

baja calidad, la pendiente también incrementó la velocidad de escorrentía, se evidenciaron daños en paredes (fotografías 3 y 4).



Fotografía 3. Vivienda afectada por cárcavas de 30 cm de profundidad, coordenadas 9434922N y 629382E.



Fotografía 4. Vivienda de adobe y caña, la escorrentía ingresa desde la parte alta de la ladera, coordenadas 9434975N y 629359E.

5.4.2. Calles y vías de acceso

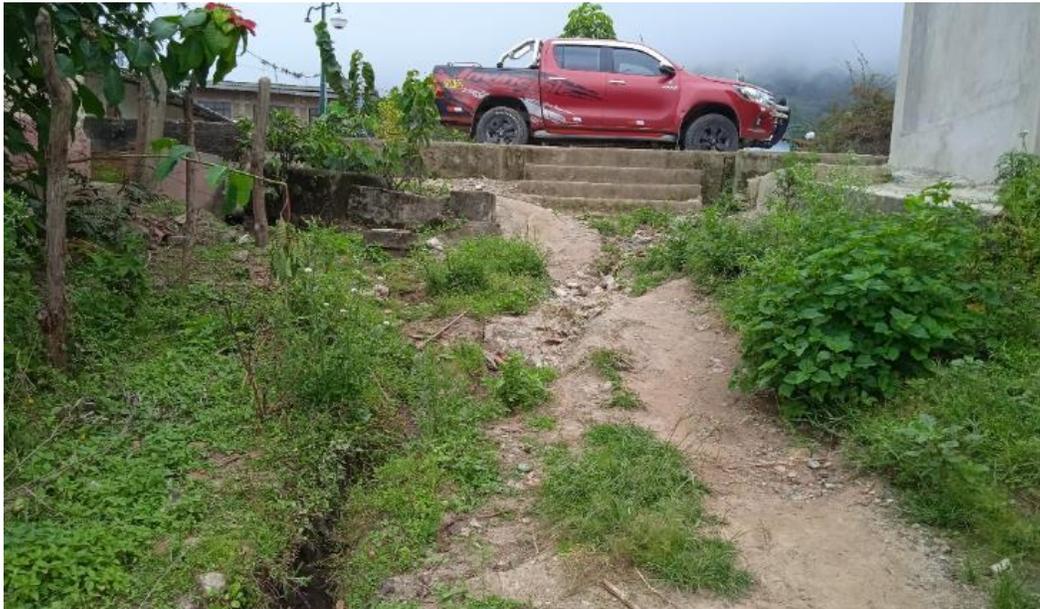
Los procesos de erosión afectan principalmente las calles del caserío Culebreros, los suelos poco consolidados, son fácilmente removidos, crean surcos que se profundizan hacia la pendiente más crítica. En el área urbana, no existe un adecuado manejo de la escorrentía superficial a través de cunetas, alcantarillas o badenes (fotografía 5).



Fotografía 5. Calle Tupac Amaru, procesos de erosión que afectan todo el ancho de la calle, coordenadas 9434689N y 629490E.

5.4.3. Plaza central de Culebreros

La plaza central recibe la escorrentía proveniente de las calles Las Palmeras, Comercio y Jr. Pedro Ruiz Gallo, todas confluyen hacia el centro del caserío, la parte más afectada se ubica ladera abajo a menos de 3 m de la Iglesia del pueblo (fotografía 6).



Fotografía 6. Parte baja de la plaza central de Culebreros, coordenadas 9434699N y 629450E.

6. CONCLUSIONES

- a) El caserío Culebreros, se ubica sobre depósitos proluviales conformados por gravas angulosas a subredondeadas envueltos en una matriz limo arenosa, que coberturan tonalitas altamente meteorizadas (Superunidad Paltashaco). Estas rocas intrusivas tienen un comportamiento geomecánico muy desfavorable, son deleznable y muy erosionables mostrándose poco competentes.
- b) El área de Culebreros se ubica sobre una vertiente con depósitos de deslizamientos con pendientes moderadas a fuertes (5°-25), que limitan con montañas en rocas intrusivas con pendientes fuertes a muy escarpadas (25 a 45°).
- c) Las montañas en rocas volcánicas se ubican al noroeste limitan al sur con montañas en rocas sedimentaras, que presentan relieves ondulados con laderas de pendientes moderadas (5°-15°). Al este de Culebreros, se ubica la quebrada La Laja que vierte sus aguas hacia el río Chalaco, principal recolector de la zona de evaluación.
- d) El área urbana del caserío Culebreros es afectada por procesos de erosión de laderas, cárcavas. Este proceso se incrementa en temporada de lluvias intensas y prolongadas, la falta de drenaje pluvial ocasiona que el agua de escorrentía fluya libremente, al encontrar suelos poco consolidados, la erosión se incrementa.
- e) Entre enero y marzo del 2017, se registraron lluvias intensas y prolongadas con picos de 20, 41 y 31 mm diarios y mensuales de hasta 209 mm (mes de enero). Se concluye que, las precipitaciones desencadenaron los procesos de erosión en cárcavas con los umbrales observados durante el denominado “Niño Costero”.
- f) Debido a las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas descritas, el caserío Culebreros tienen **PELIGRO ALTO** por cárcavas, cuando se presentan lluvias de tipo excepcional.

7. RECOMENDACIONES

- A) Implementar la infraestructura de drenaje pluvial, teniendo como referencia las quebradas adyacentes como principales recolectores de la escorrentía superficial (Ver Cuadro 03).
- B) Como medida inmediata y provisional, en calles y vías de accesos, se deben realizar construcciones de cunetas de tierra revestidas con tuberías de PVC; como también las alcantarillas deben estar protegidas.
- C) Realizar la limpieza de acequias y canales ubicados en la parte alta de Culebreros, con la finalidad de tener un adecuado drenaje, esto evitará desbordes hacia las viviendas aledañas.
- D) Proteger las paredes, buzones, cajas de agua expuestas con barreras impermeabilizas para evitar el avance o daños críticos a dichas estructuras.
- E) Restringir la construcción de nuevas viviendas, sin un adecuado estudio geotécnico y la implementación de un drenaje pluvial.
- F) Planificar la expansión urbana, tomando en cuenta la delimitación y caracterización del peligro geológico identificado, así como, las geoformas susceptibles a procesos de erosión como las laderas con fuertes pendientes.
- G) Sensibilizar a la población a través de talleres o charlas con el objetivo de concientizarlos en el tema de **Gestión de Riesgo del Desastre**, para evitar asentamientos de viviendas o infraestructura en zonas de peligro).



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



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

8. BIBLIOGRAFÍA

Jaimes, Concha, Coaquira, Chapillequen (2016). Geología del cuadrángulo de Ayabaca 10d4. INGEMMET.

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.

Reyes, L. & Caldas, J. (1987). Geología de los cuadrángulos de Las Playas, La Tina, Las Lomas, Ayabaca, San Antonio, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca 13-d, 13-e, 13-f, 14-d, 14-e, 14-f, 14-g, 15-d, 15-e. INGEMMET, Boletín A N° 39].

Suárez, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN.

Valderrama, L. Montenegro, E. y Galindo, J. (1964). Reconocimiento Forestal del Departamento de Cundinamarca. Departamento Agrológico. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. 86 p.

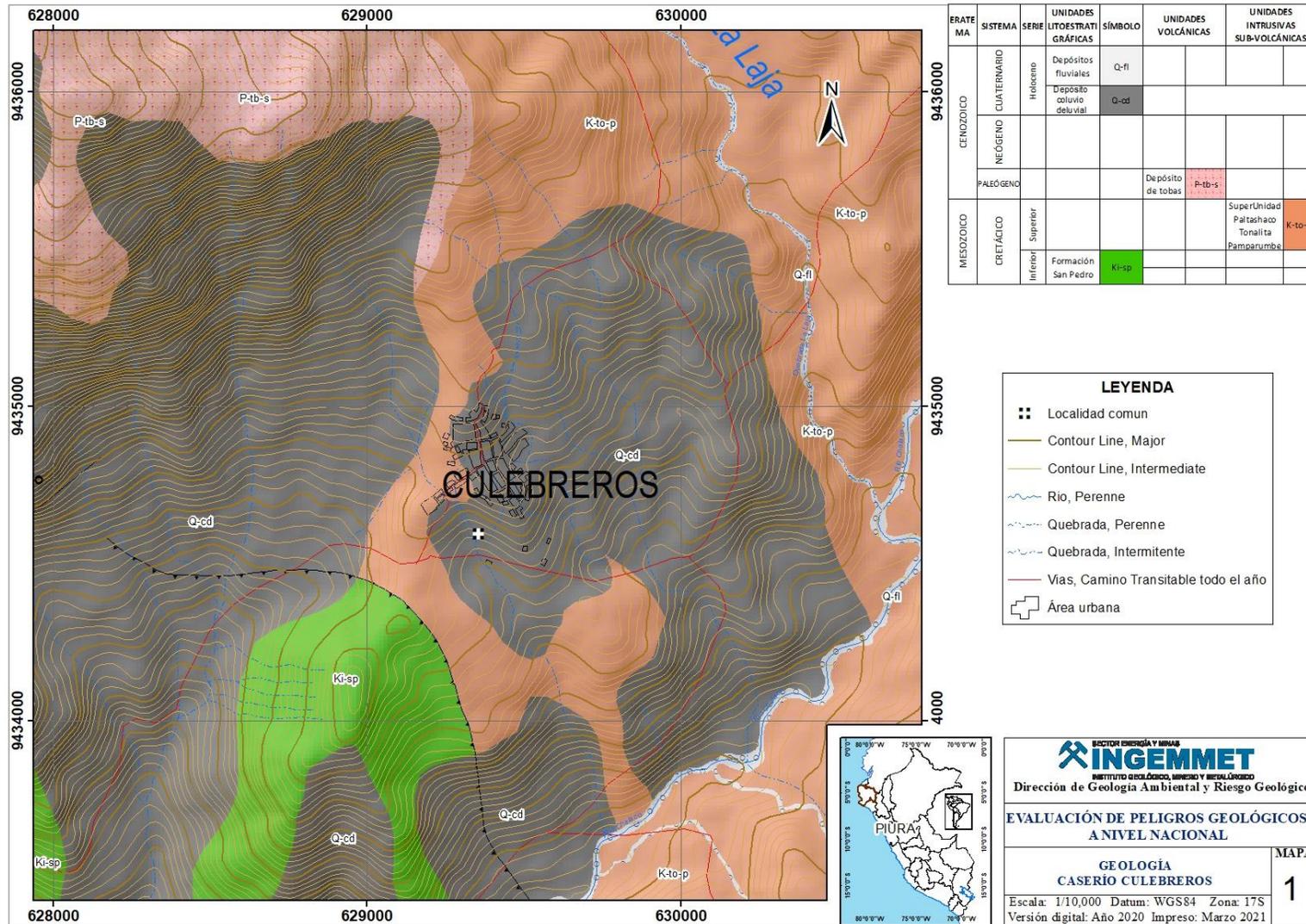
Vílchez, M. Ochoa, M. & Pari, W. (2019), Boletín N°69, Serie C: Geodinámica e ingeniería geológica, Peligro Geológico en la región Huancavelica. Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. 219p.

Vílchez, Sosa, Jaimes, Mamani, Cerpa, Martínez (2017). Peligros geológicos y geo-hidrológicos detonados por el Niño Costero 2017 en la región Piura.

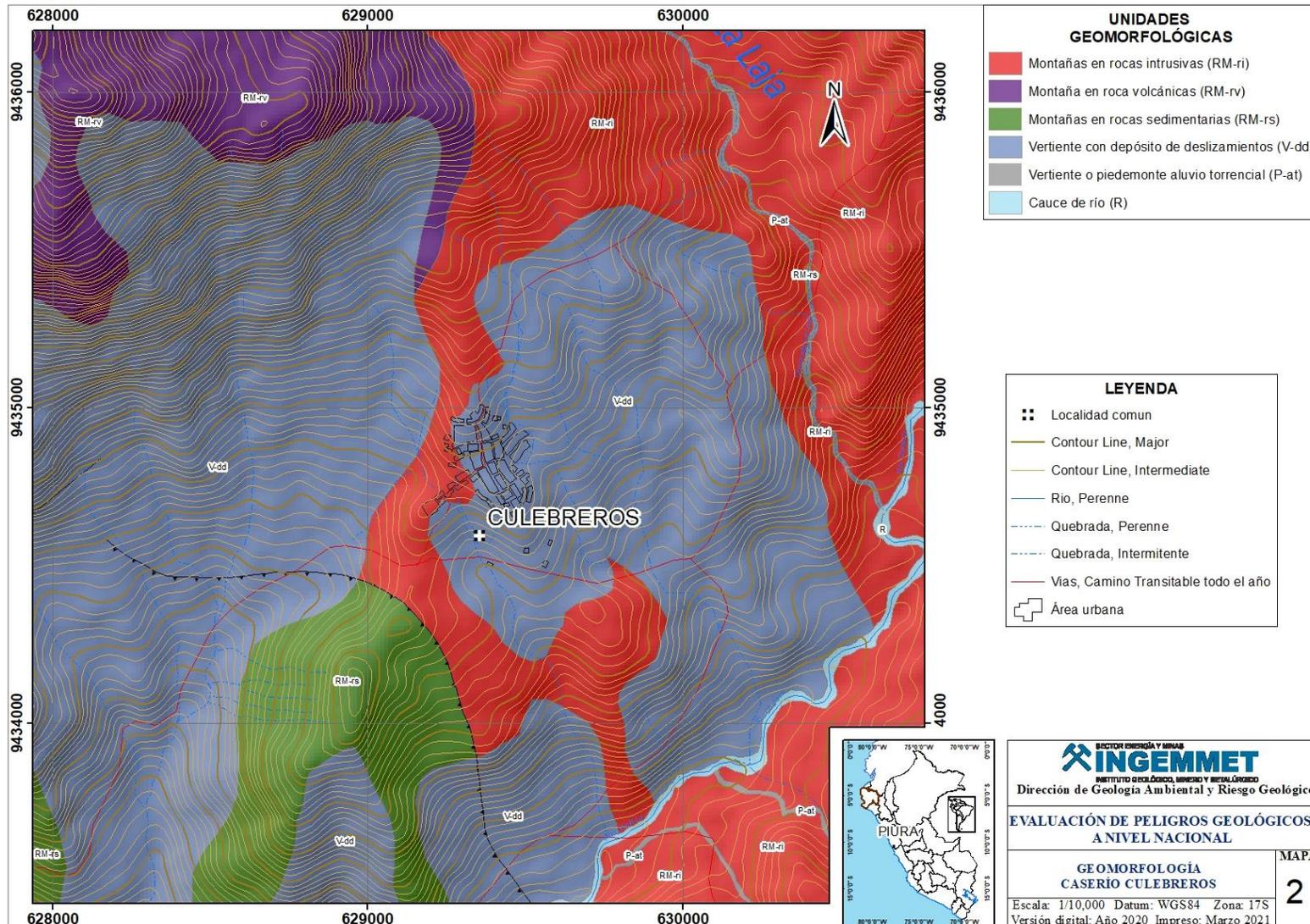
Vílchez, M., Sosa, S. & Jaimes, S. (2017). Evaluación Geológica de las Zonas afectadas por El Niño Costero 2017 en la Región Piura.

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

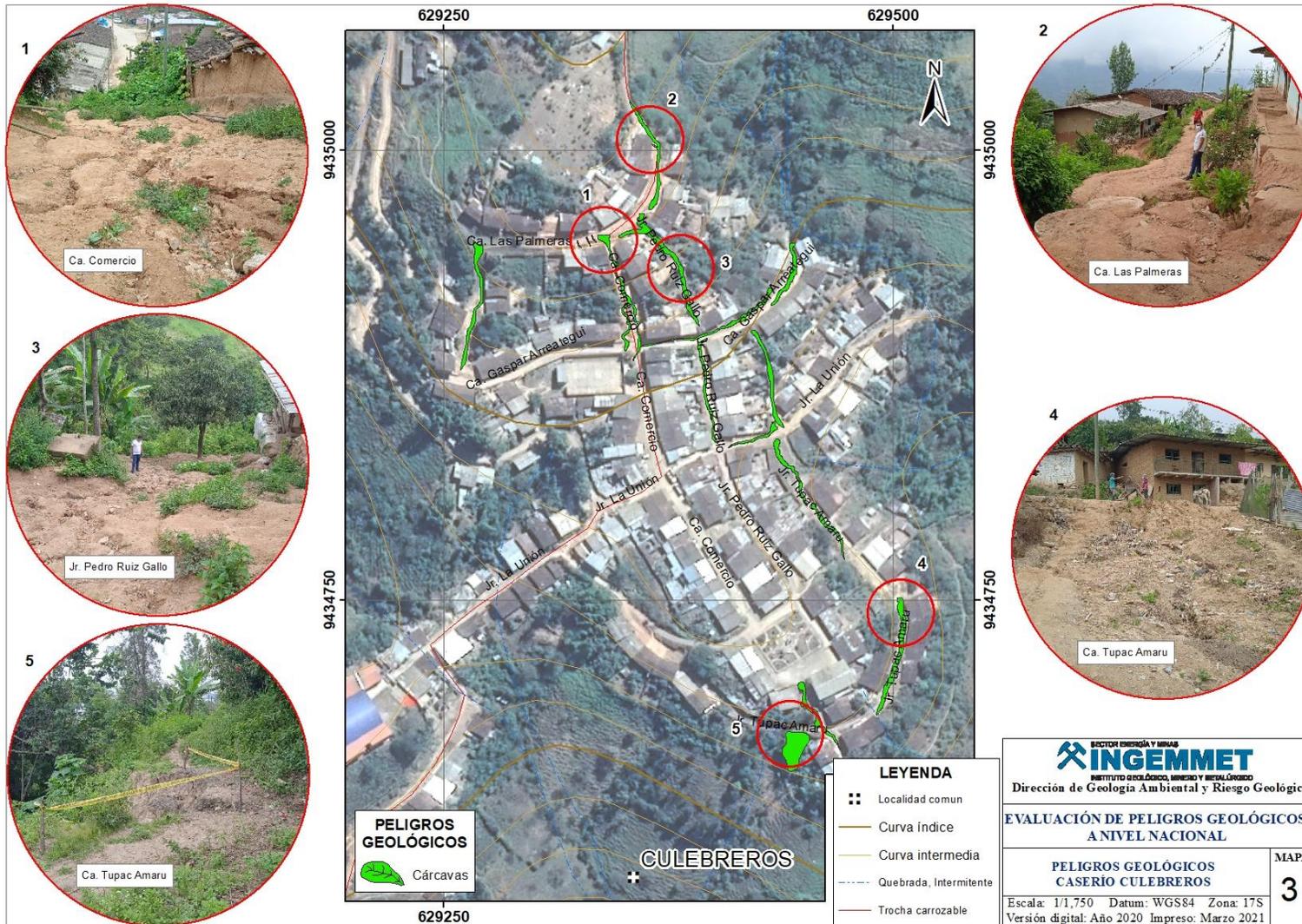
ANEXO 1: MAPAS



Mapa 1. Geología del área evaluada.



Mapa 2. Geomorfología del área evaluada.



Mapa 3. Peligros geológicos del área evaluada.

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

A3.1. Medidas estructurales para control de cárcavas

Las cárcavas son el resultado de la erosión superficial, precedida por la erosión en forma de salpicadura, laminar y en surcos; al aumentar el volumen de escorrentía o su velocidad. En muchos casos estas formas de erosión alcanzan estados de gran avance y desarrollo, de difícil control posterior.

Considerando las condiciones geomorfológicas-geológicas y los peligros geológicos evaluados se debe llevar un manejo adecuado de conservación de suelos cuyos 3 principios fundamentales son:

- Reducir la velocidad de la escorrentía que define la energía con la cual se transportan y emplazan los materiales.
- Favorecer la infiltración del agua.
- Crear cobertura vegetal.

Las medidas de prevención y mitigación son las siguientes:

- Mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales de la zona urbana del caserío Culebreros, evacuando sus aguas hacia otras quebradas.
- Permitir el crecimiento de la cobertura vegetal nativa a lo largo de la cárcava y en las zonas circundantes a ella (figura 23), y de esta manera asegurar su estabilidad, así como la disipación de la energía de las corrientes concentradas en los lechos de las cárcavas.
- Promover el desarrollo de programas de control y manejo de cárcavas sobre la base de diques o trinchos transversales construidos con materiales propios de la región como troncos, ramas, etc. (figuras 24, 25 y 26).
- Manejo agrícola: evitar riegos en exceso, estos deben ser cortos y frecuentes, de modo que limiten la infiltración y la retención en la capa superficial del suelo en contacto con los cultivos. Lo recomendable es evitar todo tipo de cultivo en las laderas.
- En las partes altas se debe favorecer el cultivo de plantas que requieran poca agua y proporcionen una buena cobertura del terreno para evitar el impacto directo de la lluvia sobre el terreno.
- El desarrollo de vegetación natural (pastos, malezas, arbustos, árboles) contribuye a atenuar el proceso de incisión rápida del terreno; no obstante, este seguirá produciéndose en forma lenta hasta alcanzar el equilibrio natural entre el suelo y la vegetación nativa.
- Realizar un monitoreo diario del movimiento de los deslizamientos y ocurrencia de derrumbes, con el fin de estar prevenidos.

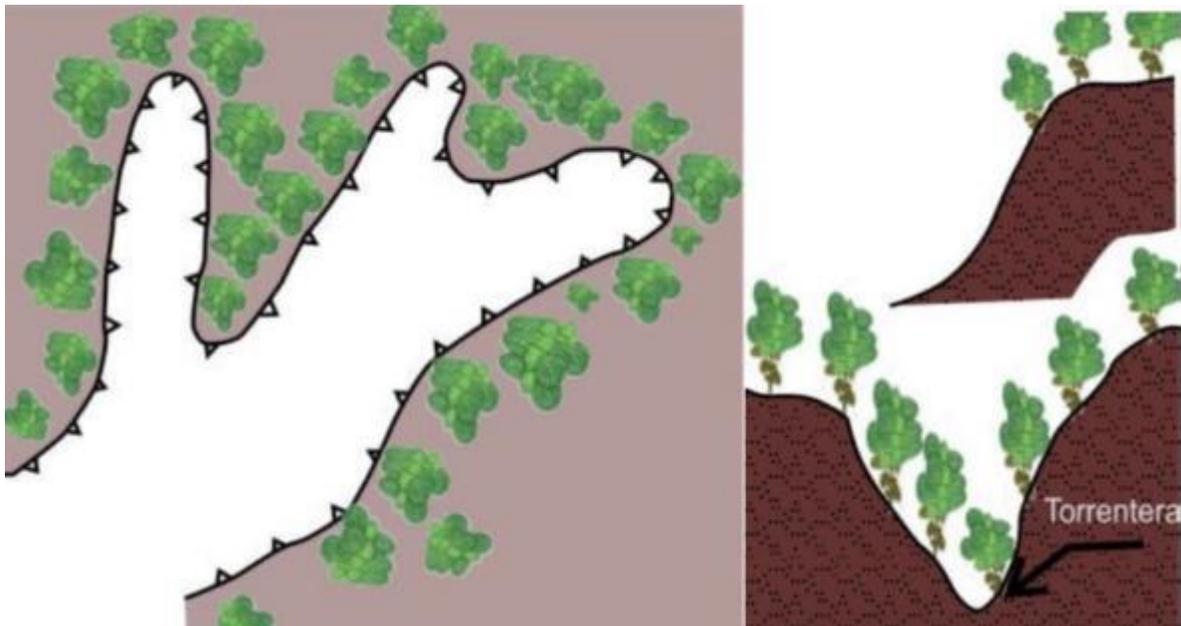


Figura 23. Vista en planta y perfil de los procesos de forestación en cabeceras y márgenes de las áreas inestables.

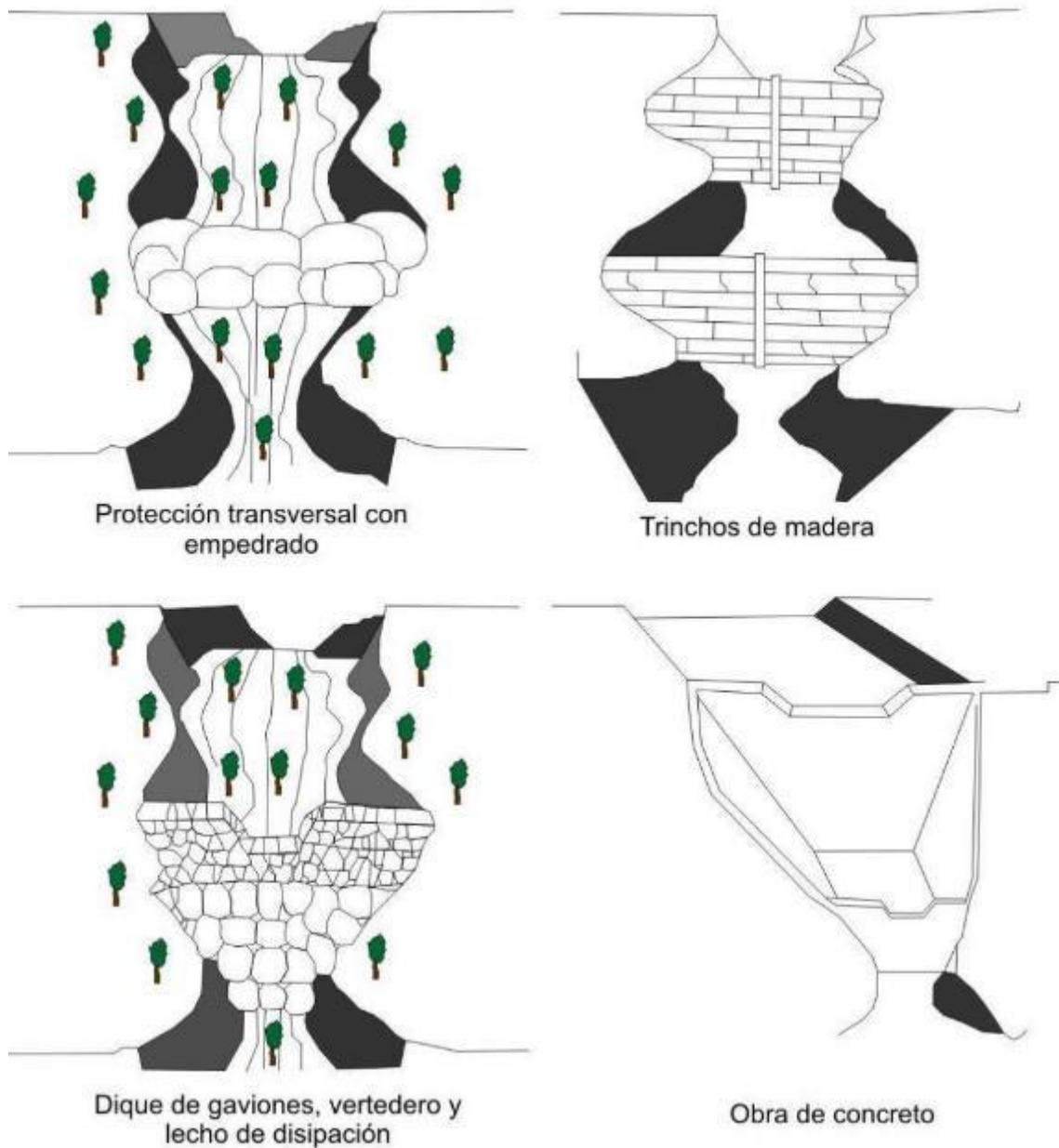


Figura 24. Obras hidráulicas transversales para el control de erosión en cárcavas.

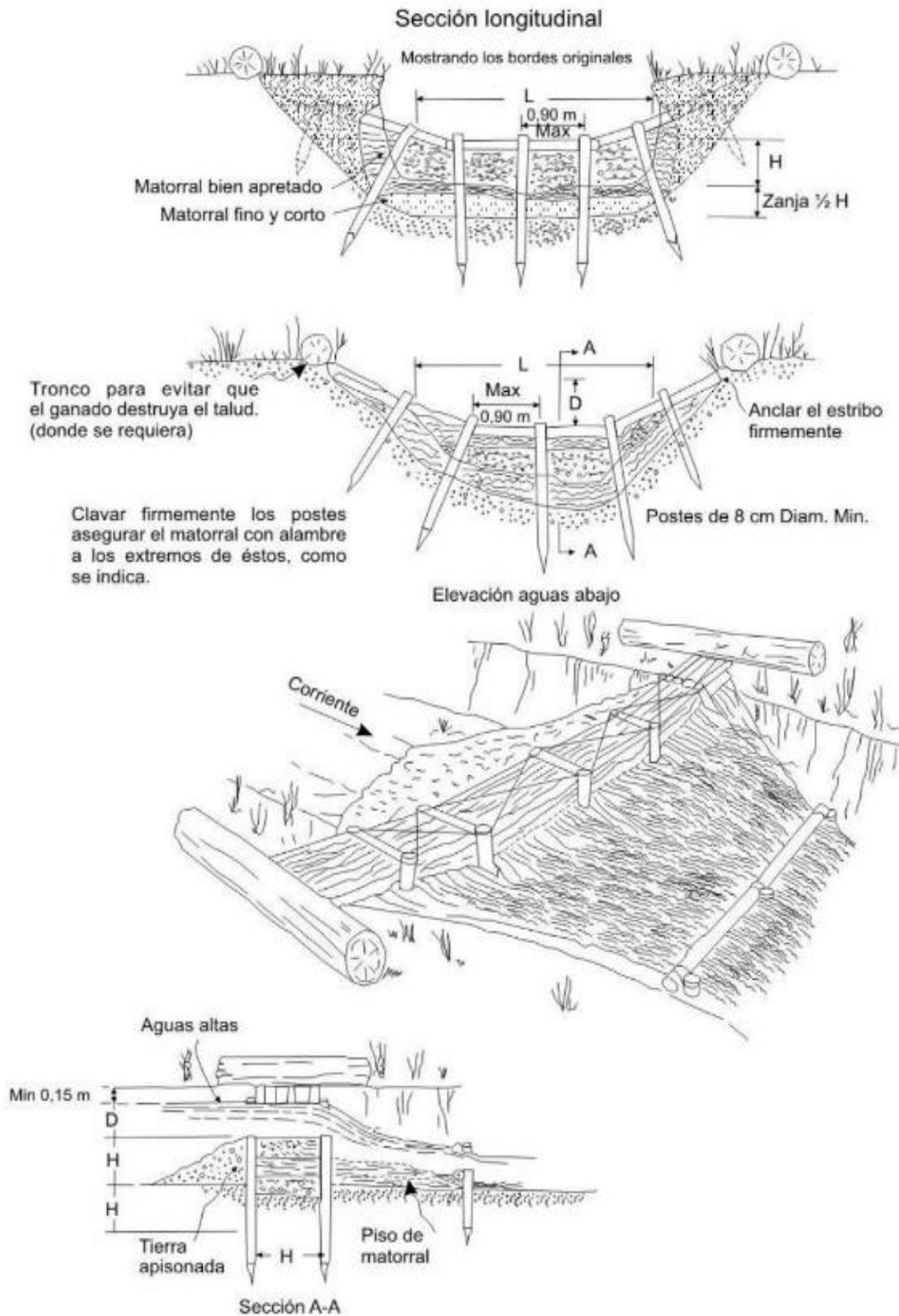


Figura 25. Presa de matorral tipo doble hilera de postes.

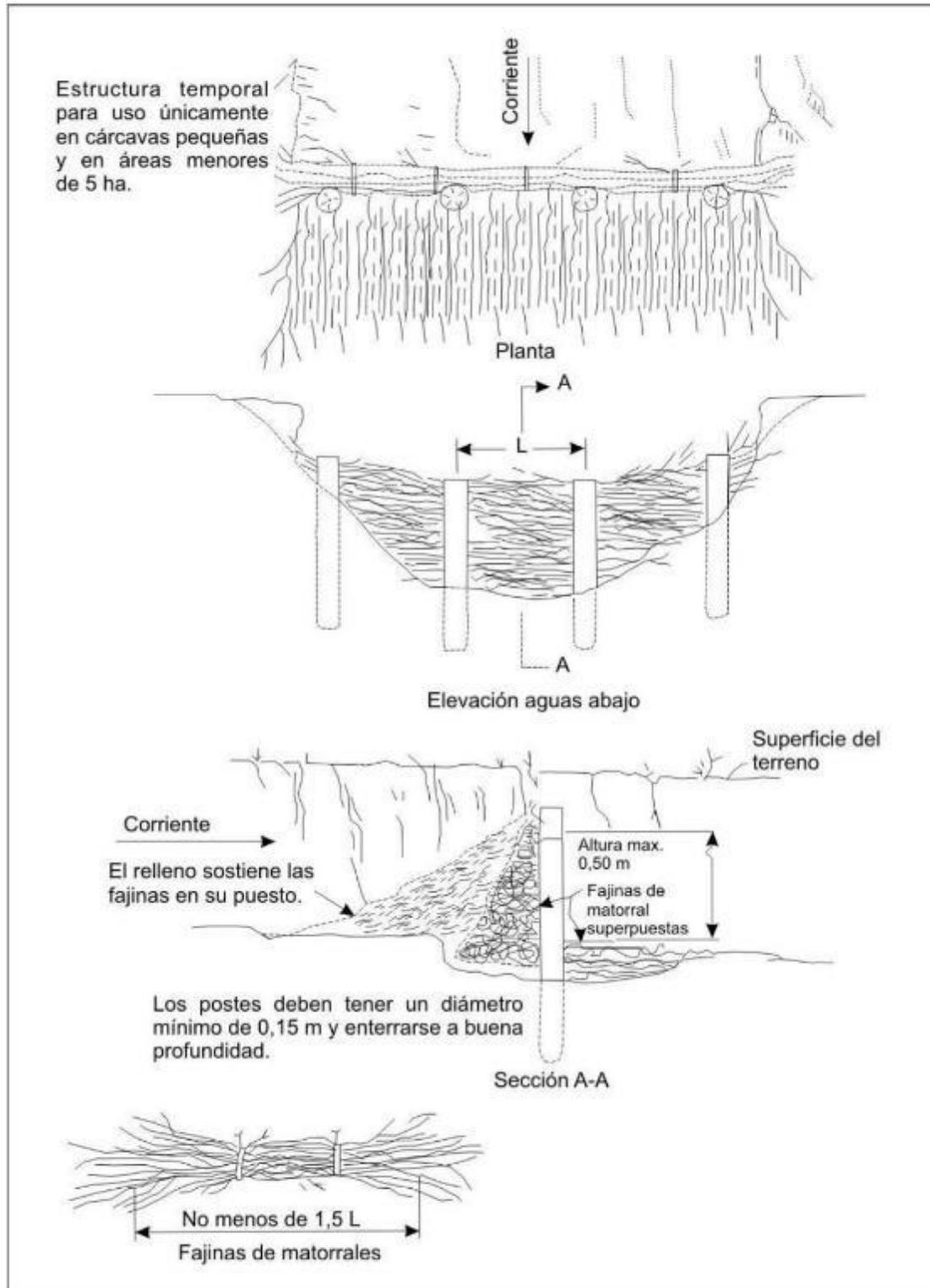


Figura 26. Presas de matorral tipo una hilera de postes (adaptado de Valderrama et al., 1964).