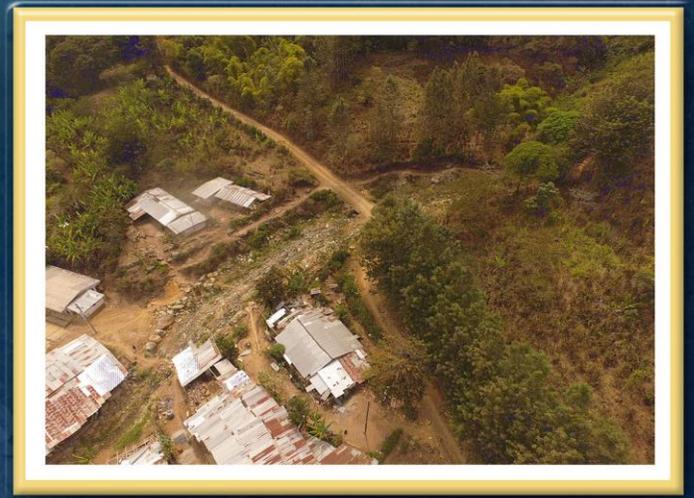


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7345

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTOS Y FLUJOS DE DETRITOS EN LOS CASERÍOS SICACATE Y LOMA DE SICACATE

Departamento Piura
Provincia Ayabaca
Distrito Montero



DICIEMBRE
2022

EVALUACIÓN DE PELIGRO GEOLÓGICO POR DESLIZAMIENTOS Y FLUJOS DE DETRITOS EN LOS CASERÍOS SICACATE Y LOMA DE SICACATE

(Distrito Montero, Provincia Ayabaca, Departamento Piura)

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

Equipo de investigación:

Cristhian Chiroque Herrera

Luis León Ordáz

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). *Evaluación de peligro geológico por deslizamientos y flujos de detritos en los caseríos Sicacate y Loma de Sicacate*. (Distrito Montero, provincia Ayabaca, departamento Piura). Lima: Ingemmet, Informe Técnico A7345, 42p.

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Objetivos del estudio	3
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	4
1.3. Aspectos generales	5
1.3.1. Ubicación	5
1.3.2. Accesibilidad	6
2. DEFINICIONES	6
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS	8
3.1. Unidades litoestratigráficas	8
3.1.1. Formación San Lorenzo (Ki-vsl)	8
3.1.2. Formación La Bocana Miembro Medio (Ks-bm)	9
3.1.3. Depósitos coluvio deluviales (Q-cd)	9
3.1.4. Depósitos aluviales (Q-al)	10
3.1.5. Depósitos fluviales (Q-fl)	10
4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)	11
4.2. Pendientes del terreno	12
4.3. Unidades geomorfológicas	13
4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional	13
4.3.2. Geoformas de carácter depositacional y agradacional	14
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	16
5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa	16
5.2. Flujo de detritos en la quebrada Sicacate	17
5.2.1. Características visuales del evento	17
Flujos en la quebrada Sicacate	17
5.3.1. Características visuales del evento	20
5.4. Deslizamientos en el cerro Sicacate	21
5.4.1. Características visuales de los eventos	21
Deslizamiento reciente	21

5.5. Deslizamiento en Loma de Sicacate	23
5.5.1. Características visuales de los eventos.....	23
5.6. Factores condicionantes	25
5.6.1. Litología	25
5.6.2. Pendientes.....	27
5.6.3. Factor antrópico	27
5.7. Factores desencadenantes	28
5.7.1. Lluvias intensas durante el Niño Costero	28
5.8. Daños por peligros geológicos	29
5.8.1. Viviendas	29
5.8.2. Puesto de Salud Sicacate	30
5.8.3. Vía Montero – Sicacate – Loma de Sicacate	30
6. CONCLUSIONES	32
7. RECOMENDACIONES	33
7.1. Caserío Sicacate.....	33
7.2. Loma de Sicacate.....	33
8. BIBLIOGRAFÍA	34
ANEXO 1: MAPAS	35
ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN	41

RESUMEN

El presente informe técnico, es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en los caseríos Sicacate y Loma de Sicacate, que pertenecen a la jurisdicción del distrito de Montero, provincia Ayabaca, 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.

En el caserío Sicacate, aflora lavas y andesitas basálticas que se encuentran muy fracturadas y medianamente meteorizadas (Formación San Lorenzo). Los fragmentos de rocas procedentes de este tipo están compuestos por bloques (25%), cantos (20%), gravas (30%), arena (15%) y limos-arcillas (10%) distribuidos en las laderas del cerro Sicacate.

Al oeste, en las inmediaciones del caserío Loma de Sicacate, se presentan calizas lodolíticas y margas, que se presentan muy fracturadas y altamente meteorizadas (Formación La Bocana). Los depósitos cuaternarios de tipo aluvial, están conformados gravas (35%) angulosas en una matriz de limo arenosa (65%) constituyendo zonas susceptibles a deslizamientos.

La geomorfología de la zona de estudio, está dominada por montañas modeladas en rocas volcánico-sedimentarias ubicadas al sur y sureste con laderas de pendientes fuertes a muy escarpadas (15° a 45°). El área urbana de Sicacate, se asienta sobre un piedemonte coluvio deluvial con terreno de pendientes moderadas a suavemente inclinadas (5° a 15°). El cauce de la quebrada Sicacate atraviesa de sureste a noroeste al centro poblado del mismo nombre, próxima a esta unidad se ubica la posta médica y la I.E.P. 14248 Sicacate.

En la ladera oeste del cerro Sicacate, se identificaron deslizamientos con escarpes de longitudes menores a 10 m, con saltos de falla de 0.20 cm, los materiales se encuentran a media ladera con espesores menores a 1 m.

Los flujos de detritos que se activaron en el mes de febrero del 2017 durante el evento denominado “Niño Costero”, alcanzaron hasta 1.5 m de altura y afectaron viviendas e infraestructura como ocurrió con el puesto de salud Sicacate.

Las caídas de rocas ocurren en la ladera oeste del cerro Sicacate, en la superficie del terreno se tienen bloques con diámetros hasta 2.5 m. Este evento puede afectar viviendas.

La ocurrencia de los flujos de detritos, deslizamientos y caídas de rocas están condicionados por la fuerte pendiente del terreno, conjuntamente con la litología altamente meteorizada y muy fracturada, estos eventos pueden ser desencadenados por lluvias extraordinarias y prologadas como las presentadas en marzo del 2017.

Se concluye que, el área urbana de Sicacate está expuesto a **Peligro Alto** por flujos de detritos y caídas de rocas, mientras que, tiene **Peligro Medio** por deslizamientos.

El caserío Loma de Sicacate, está expuesto a **Peligro Medio** ante deslizamiento, que afectan principalmente la vía de acceso entre los caseríos Sicacate, Loma, Israel, Alto de La Loma y Aradas de Chonta.

Realizar el reforzamiento de muros de rocas en la quebrada, estabilizar las laderas en donde existen escarpes de deslizamientos recientes además de, mejorar el sistema de drenaje pluvial de vías, calles y trochas carrozables.

Se recomienda realizar la Evaluación de Riesgo (EVAR) para la reubicar las viviendas e infraestructuras asentadas al borde del cauce de la quebrada Sicacate.

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 Montero, según Oficio N° 059-2020-MDM/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa de tipo “flujos de detritos, caídas de rocas y deslizamientos”, ocurridos el día sábado, 25 de marzo de 2017, que afectó varias viviendas en el área urbana de los caseríos Sicacate y Loma de Sicacate.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los ingenieros Cristhian Chiroque Herrera y Luis León Ordáz para que realicen la evaluación geológica, geomorfológica y geodinámica de los peligros geológicos que afectan a los caseríos Sicacate y Loma de Sicacate.

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 Montero y 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 las áreas urbanas de los caseríos Sicacate y Loma de Sicacate, 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” (2017). El año 2017, en la zona costera central y norte del Perú se presentó un evento climático excepcional denominado “Niño Costero”, que ocasionó 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, mediante este estudio se actualizó el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa de la región Piura a escala 1:100 000. El mapa fue utilizado para referenciar los eventos geodinámicos identificados, determinando que la zona de evaluación presenta una susceptibilidad muy alta deslizamientos y flujos, describiendo como factores condicionantes rocas muy fracturadas y meteorizadas que forman relieves con muy escarpados (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, 9d, 10c, 10d, 10-e, 11-c, 11-d, 11-e, 12-d y 12-e (1987). El área de evaluación se ubica en el centro del cuadrángulo 10-d correspondiente a la provincia de Ayabaca. En este documento, se describe la geología a escala 1: 100,000, correspondiente a afloramientos de areniscas de grano grueso, chert con volcánicos de composición andesítica.
- C) Mapa geológico del cuadrángulo de Ayabaca 10d4 (Jaimes et al., 1999). Este mapa a escala 1: 50, 000, describe rocas conformadas por calizas y margas de la Formación La Bocana que afloran en las inmediaciones del caserío Loma de Siccate. Al este y sureste del distrito de Montero afloran lavas y andesitas basálticas con niveles brechosos de la Formación San Lorenzo que aparecen en la parte alta del cerro Siccate.

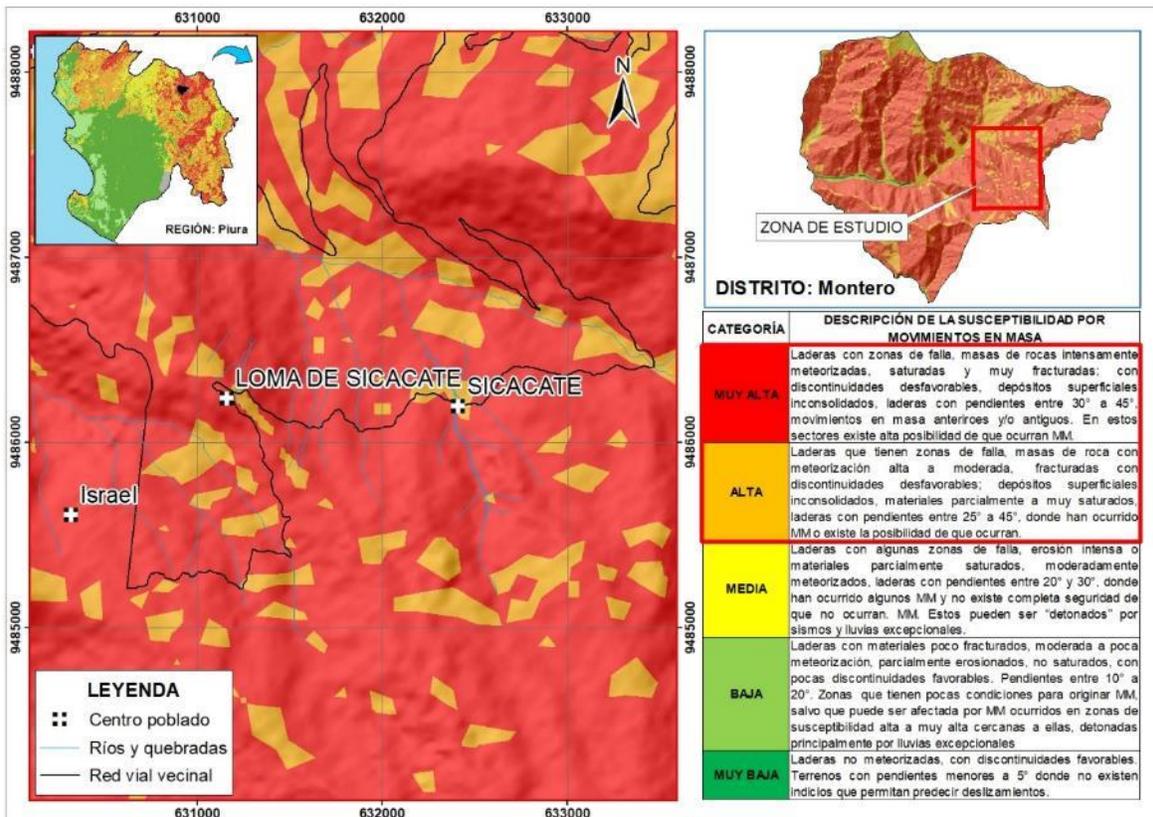


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa a escala 1:100 000 de la zona de evaluación (Vílchez et al., 2017).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. Ubicación

Los caseríos Sicacate y Loma de Sicacate, se ubican a 153 km al noreste de la ciudad de Piura y 10.5 km desde el distrito de Montero; los caseríos mencionados pertenecen al distrito Montero, provincia Ayabaca y departamento Piura (figura 2), en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 17S) siguientes:

Cuadro 01. Coordenadas del área de evaluación

N°	UTM - WGS84 - Zona 17L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	632838	9486528	-4.64°	-79.80°
2	632838	9485660	-4.65°	-79.80°
3	631124	9485660	-4.65°	-79.81°
4	631124	9486528	-4.64°	-79.81°
COORDENADA CENTRAL DEL ÁREA EVALUADA				
FL	632397	9486207	-4.64°	-79.80°
D	631159	9486306	-4.64°	-79.81°

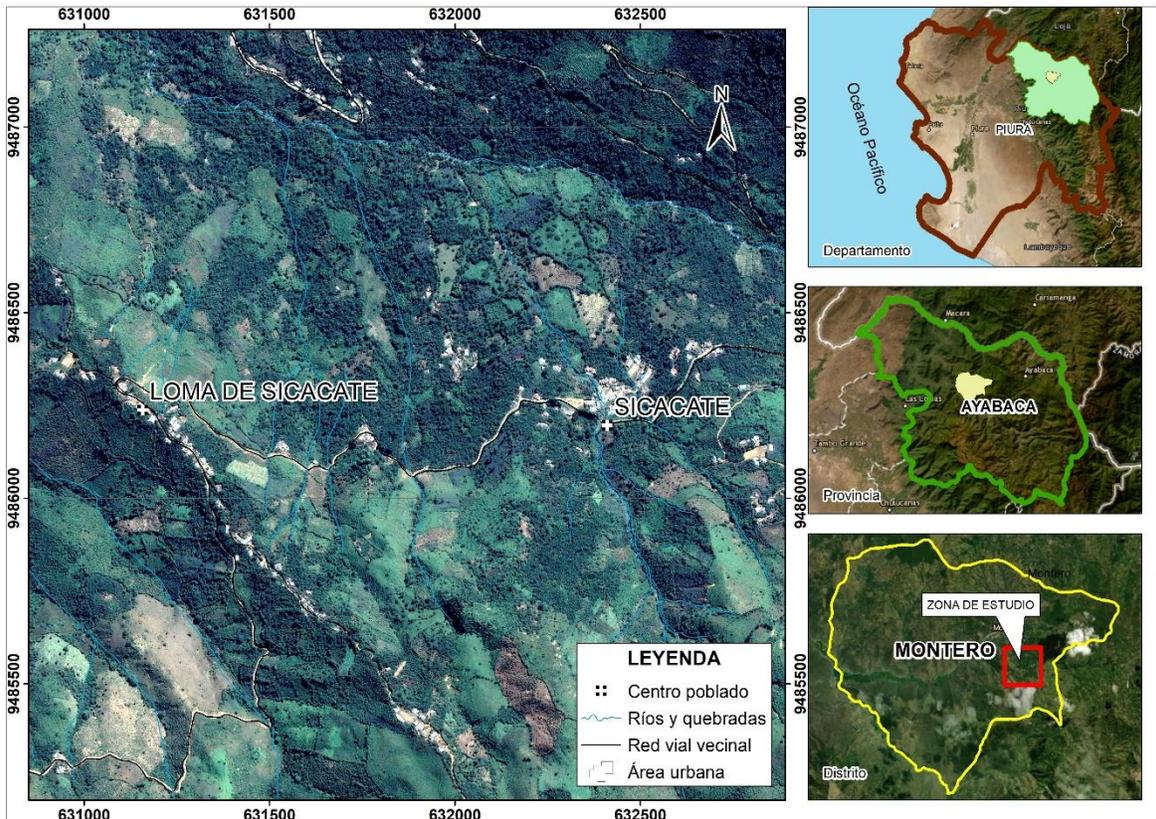


Figura 2. Ubicación de los caseríos Sicacate y Loma de Sicacate.

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 – Paimas – Puente Paraje	Asfaltada	156	2 h 40 min
Puente Paraje – Montero	Trocha carrozable	14.1	30 min
Montero – Sicacate – Loma de Sicacate	Trocha carrozable	10.5	30 min

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:

AGRIETAMIENTO: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

BUZAMIENTO (dip) Angulo que forma la recta de máxima pendiente de un plano con respecto a la horizontal y puede variar entre 0° y 90°.

CORONA (crown): Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladera abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

DESLIZAMIENTO (slide) Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de zonas relativamente delgadas con gran deformación cortante (Cruden y Varnes, 1996).

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.

ESCARPE (scarp). sin.: escarpa. Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

FLUJO DE DETRITOS (debris flow) sin.: huayco (Pe), avenida torrencial (Co, Ve), flujo torrencial (Co, Ve). Flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos, que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce empinado. Este tipo de evento se distingue también porque el agua del cauce se incorpora al cuerpo del flujo de detritos, incrementando su contenido de agua. Además, el confinamiento lateral ayuda a mantener la profundidad del flujo, facilitando un cierto tipo de ordenamiento de las partículas sólidas y el desarrollo de oleaje.

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.

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 mapa geológico del cuadrángulo de Ayabaca, hoja 10-d4, elaborado a escala 1:50 000 (Jaimes et al., 1999). Además, se realizó la interpretación de imágenes satelitales, fotos aéreas y observaciones de campo.

En las inmediaciones de los caseríos Sicacate y Loma de Sicacate, afloran lavas basálticas a andesitas basálticas con niveles brechosos de la Formación San Lorenzo; al oeste, cerca de Loma de Sicacate aflora calizas y margas en estratos delgados intercaladas con niveles tobáceos de la Formación La Bocana. Los depósitos fluviales, se distribuyen a lo largo del cauce de la quebrada Sicacate (Anexo Mapa 1).

3.1. Unidades litoestratigráficas

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

3.1.1. Formación San Lorenzo (Ki-vsl).

Son afloramientos de lavas basálticas y andesitas basálticas muy fracturadas y altamente meteorizadas; con estructuras amigdalares, interestratificado con niveles brechosos. Esta litología se distribuye en toda la zona de estudio y abarca los caseríos Sicacate y Loma de Sicacate.

En la zona del estudio, en la parte alta del cerro Sicacate, se han observado bloques de andesitas bien fracturados y bloques dispersos en las laderas producto de antiguas caídas de rocas (fotografía 1).



Fotografía 1. Bloque de andesitas ubicada al sur del área urbana de Sicacate. La ubicación del punto de interés es: 9485931N y 632649E.

3.1.2. Formación La Bocana Miembro Medio (Ks-bm)

Las secuencias sedimentarias La Bocana Miembro Medio (Ks-bm) afloran en las inmediaciones del área urbana de Loma de Sicacate, está conformada por calizas lodolíticas, margas beige e intercaladas con calizas color gris en estratos delgados. Estas rocas, se encuentran muy fracturadas e intensamente meteorizadas (fotografía 2).



Fotografía 2. Secuencia de calizas lodolíticas y margas de la Formación La Bocana en la vía Sicacate – Loma de Sicacate, toma de muestra en las coordenadas 9486293N y 631155E.

3.1.3. Depósitos coluvio deluviales (Q-cd)

Son aquellos depósitos que se encuentran acumulados al pie de laderas prominentes, como material de escombros constituidos por bloques (25%), cantos (35%), gravas (20%), de formas subangulosos a angulosos y matriz areno-limosa (20%) que han sufrido transporte, se presentan entre los caseríos Loma de Sicacate y Sicacate. Los depósitos de esta unidad son conformados por depósitos de movimientos de masa antiguos, como los deslizamientos, avalanchas y derrumbes (fotografía 3).



Fotografía 3. Materiales coluvio-deluviales ubicados en las coordenadas 9486231N y 632402E.

3.1.4. Depósitos aluviales (Q-al)

Están constituidos por cantos (35%), gravas (25%), arenas (25%) y limo-arenosa (15%). Los fragmentos de roca tienen formas angulosas a subredondeadas intercalados con niveles arenosos, secuencias clasto soportadas. Esta cobertura tiene espesores variables y se distribuye a ambas márgenes de la quebrada Sicacate (fotografía 4).



Fotografía 4. Materiales aluviales ubicados en las coordenadas 9486231N y 632402E.

3.1.5. Depósitos fluviales (Q-fl)

Están constituidos por cantos (35%) y gravas (40%) subredondeadas con arenas gruesas (25%). Estos materiales están distribuidos a lo largo del cauce de la quebrada Marmas, tiene aportantes de materiales finos como limos y arcillas que provienen desde las laderas y que son transportados por la escorrentía en temporada de lluvias. Esta cobertura tiene espesores variables, se distribuye a ambas márgenes y en el cauce de la quebrada Marmas (fotografía 5).



Fotografía 5. Depósitos fluviales en la quebrada Sicacate, coordenadas 9486291N y 632381E.

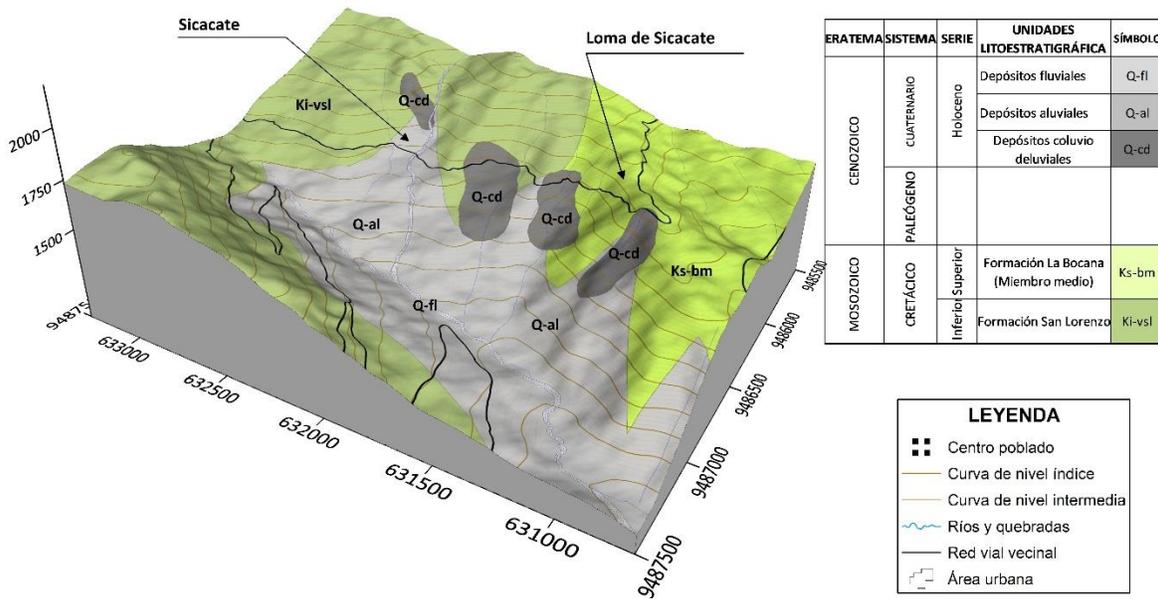


Figura 3. Afloramientos y depósitos cuaternarios ubicados en los caseríos Sicacate y Lomas de Sicacate.

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Para el análisis de la geomorfología, la brigada de la 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 y el análisis de la morfometría del relieve en los trabajos de campo.

4.1. Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona de estudio se distribuye sobre un relieve con elevaciones entre 1410 m s.n.m y 1820 m s.n.m; el área urbana del caserío Sicacate, se asienta sobre superficies con elevaciones entre 1420 m s.n.m y 1480 m s.n.m. Las máximas elevaciones se ubican al sur y sureste con superficies que sobrepasan los 2000 m de altitud.

Los flujos de detritos se generan desde los 1980 m s.n.m de altitud y descienden hasta la quebrada Sicacate a 1200 m s.n.m. Hacia el norte de la zona urbana, se encuentran las cotas más bajas llegando hasta los 1100 m s.n.m. (figura 4).

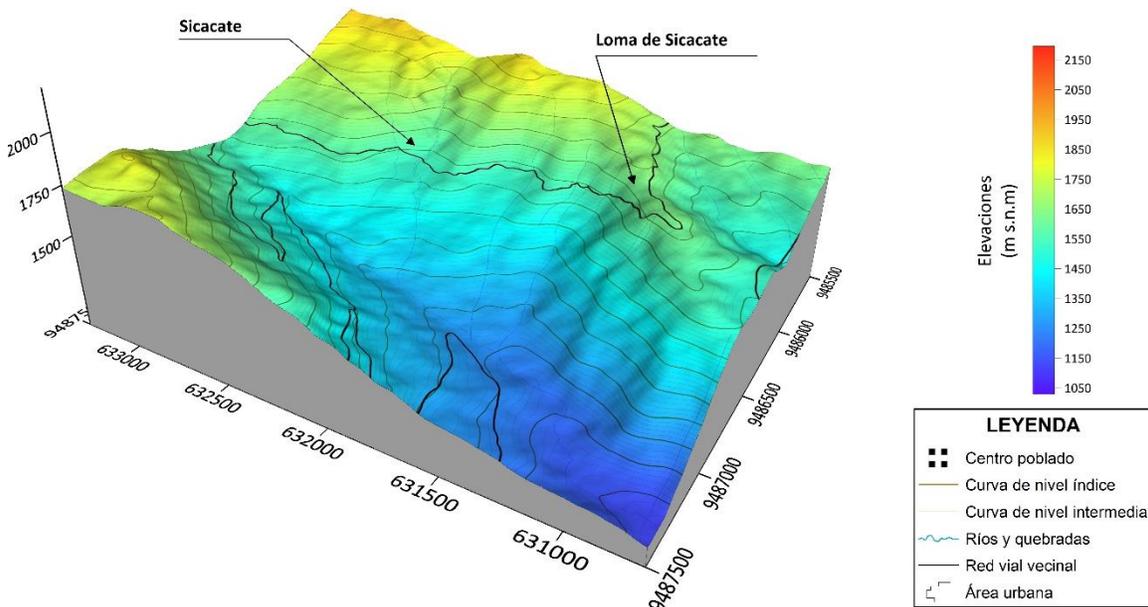


Figura 4. Rango de elevaciones de los caseríos Sicacate y Loma de Sicacate.

4.2. Pendientes del terreno

En la etapa de campo se delimitó el área de evaluación, la cual abarcó 68 ha. Del análisis del mapa de pendientes del terreno, se determinó que el 24% equivalente a 17 has, presenta relieves con pendientes llanas a suavemente inclinadas; el 14% aproximadamente (10 has) presenta pendientes moderadas (5° - 15°); mientras que, el 61% (42 has) son superficies con pendientes fuertes a muy escarpadas (15° - 90°) y abarcan 48 has donde se representan de caídas de rocas y deslizamientos; tal como ocurren las laderas este y oeste de Sicacate (figura 5).

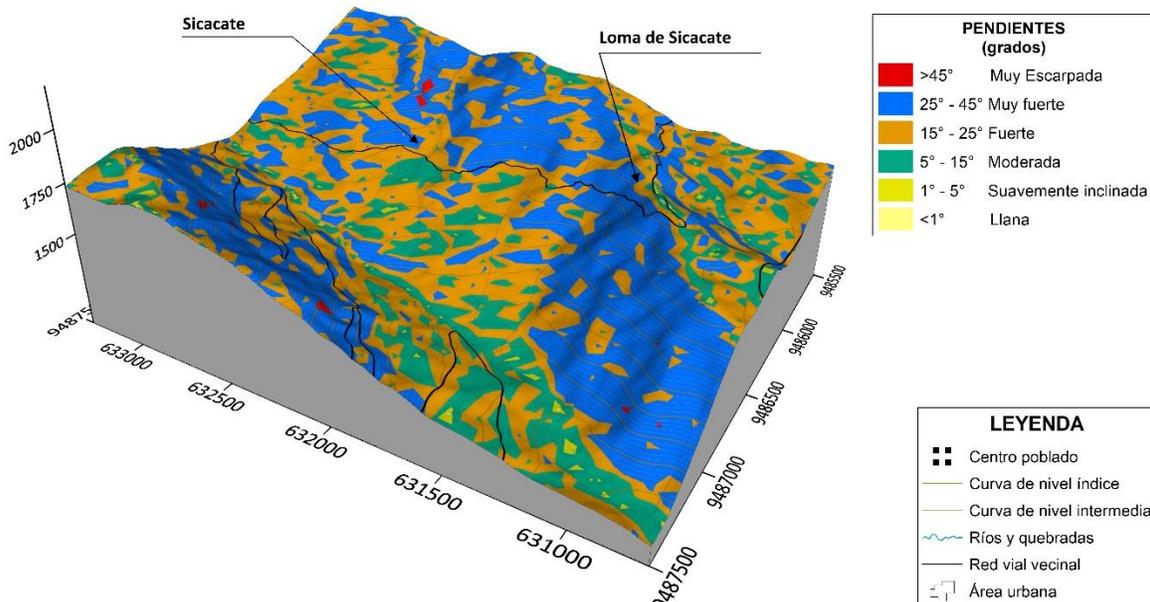


Figura 5. Pendientes del área urbana de los caseríos Sicacate y Lomas de Sicacate.

4.3. Unidades geomorfológicas

En general, desde el punto de vista morfoestructural regional, el área estudiada se ubica en la cordillera occidental del Perú, la cual se encuentra disectada por varios cursos de ríos y quebradas, entre los principales se tienen a los ríos Chira, Piura y Huancabamba. (Vílchez et al., 2013). Las unidades geomorfológicas identificadas y descritas se presentan en el apartado de Anexo Mapa 2.

4.3.1. Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales, originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos, a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005). Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas. Dentro de este grupo se tienen las siguientes unidades:

4.3.1.1. Unidad de montaña

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

Subunidad de montaña en roca volcánico-sedimentaria (RM-rvs): Modelada en rocas volcánicas y sedimentarias de la Formación San Lorenzo, ubicadas al oeste y noroeste del área urbana de Montero; forma las partes altas de la zona de estudio, desde donde descienden quebradas que llegan hasta la parte baja de las viviendas (figura 6).



Figura 6. Montañas ubicadas al sur del caserío Sicacate, coordenadas 9485770N y 632761E.

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 vertiente o piedemonte aluvial (V-al): Se encuentra posicionada al pie de estribaciones andinas o sistemas montañosos y se encuentra ligeramente inclinada y extendida. Está conformada por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales o excepcionales, que pueden formar abanicos (Vílchez et al., 2019). En el área de evaluación, esta subunidad se identifica en el caserío Sicacate que se emplaza de sureste a noroeste y de norte a sur (figura 7).

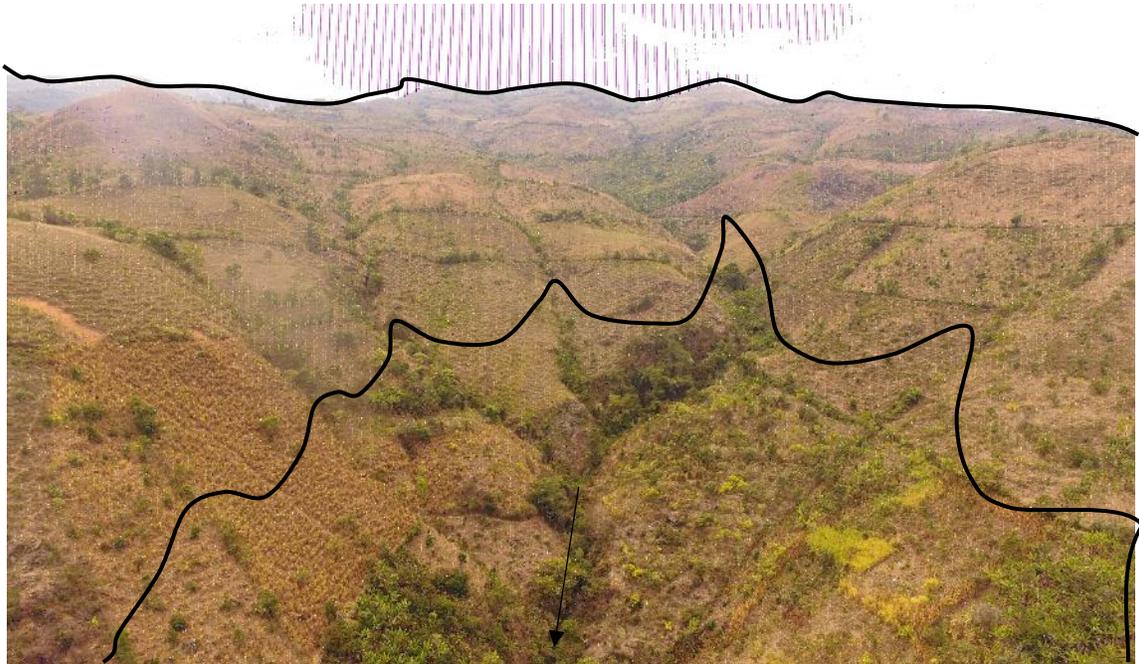


Figura 7. Vista panorámica del piedemonte coluvio deluvial donde se asienta el caserío Sicacate en las coordenadas 9486399N y 632274E.

Subunidad de vertiente o piedemonte coluvio deluvial (V-cd): Están conformadas por acumulaciones o depósitos de ladera, originados por procesos de movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes, avalanchas o movimientos complejos. Esta unidad se distribuye en gran parte del área urbana del caserío Sicacate y sobre el cual se asientan gran parte de las viviendas e infraestructura de la zona (figura 8).

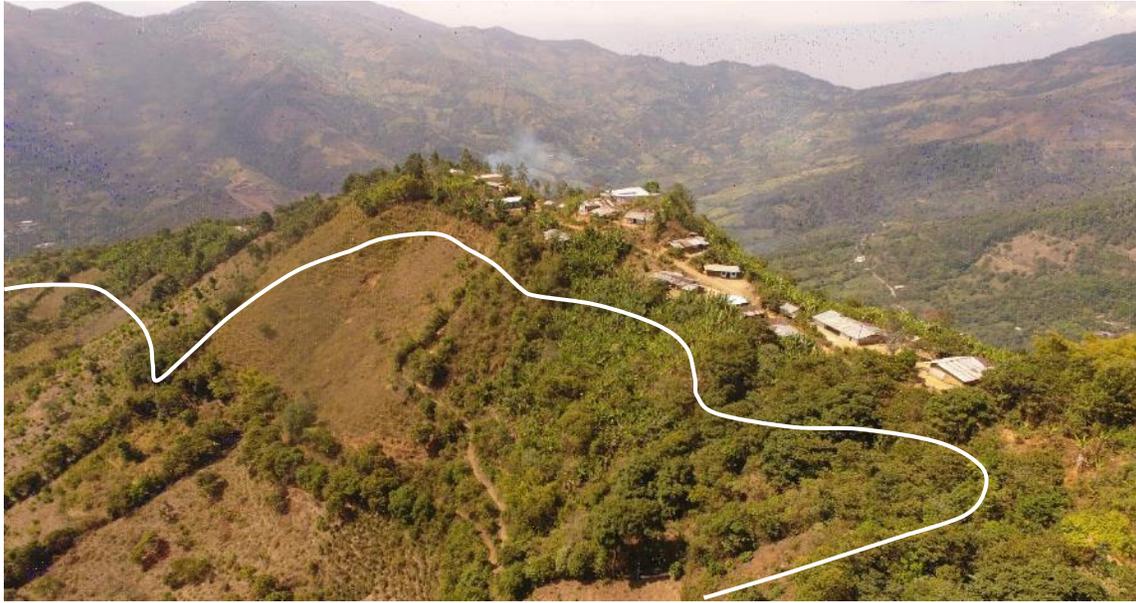


Figura 8. Vista panorámica del piedemonte coluvio deluvial en los alrededores del caserío Loma de Sicacate en las coordenadas 9486399N y 632274E.

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. Esta geoforma representada por el canal de la quebrada Sicacate que desciende de sureste a noroeste transportando flujos de detritos en temporada de lluvias (figura 9).



Figura 9. Cauce de la quebrada Sicacate con bloques de hasta 1.5 m de diámetro con referencia en las coordenadas 9486178N y 632383E.

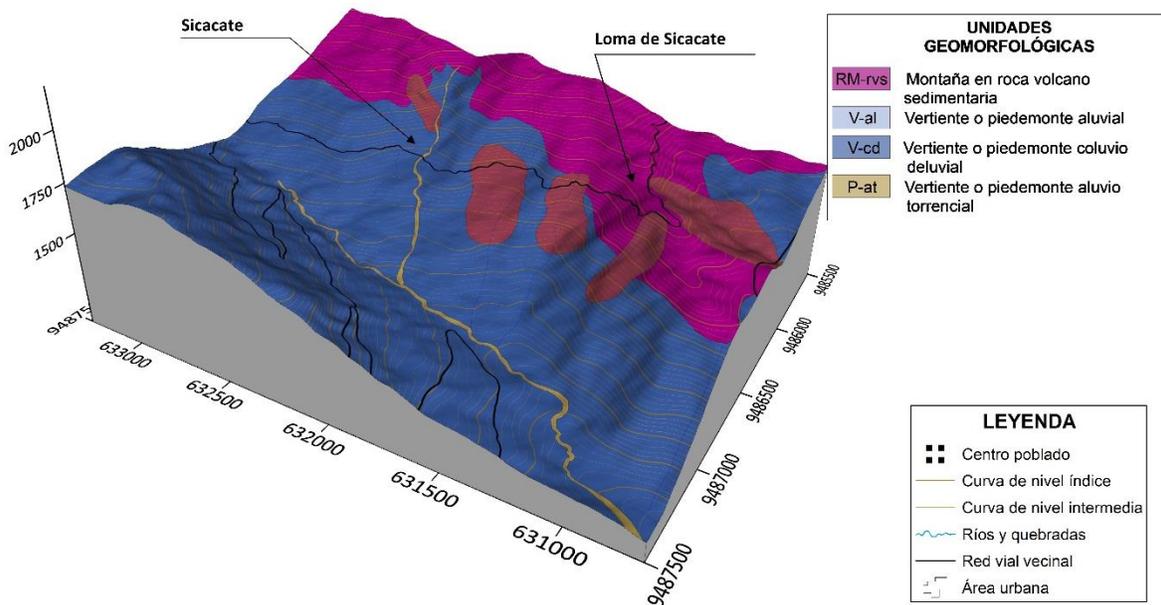


Figura 10. Unidades geomorfológicas en el área urbana de Sicacate y alrededores (Mejorado de Vílchez et al., 2013).

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

El territorio peruano es el resultado de grandes procesos tectónicos que levantaron inmensas masas de rocas y que dieron origen a una extensa cadena de montañas como la Cordillera de los Andes. Desde el inicio, durante millones de años y en este preciso momento, los procesos denudativos provocados por los fenómenos atmosféricos como la lluvia, el viento, la temperatura y la humedad, han modelado el relieve. La orografía del Perú tiene una configuración geológica y geomorfológica muy compleja y por consiguiente una geodinámica interna y externa muy activa. La interacción de las placas de Nazca y la Sudamericana proporcionan a nuestro país una sismicidad muy activa acompañada de volcanes al sur del territorio. Sobre la superficie ocurren procesos como los deslizamientos, flujos de detritos (huaicos), caída de rocas, derrumbes, entre otros; en conjunto estos procesos son denominados como peligros geológicos.

5.1. Peligros geológicos por movimientos en masa

Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre. La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica) actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino, 2007).

Estos procesos de movimientos en masa, están condicionados por factores intrínsecos, como son: la geometría del relieve, la pendiente, el tipo de roca, el tipo de suelo, el drenaje superficial-subterráneo y la cobertura vegetal. Por otro lado, los principales

“desencadenantes” son las precipitaciones pluviales periódicas y extraordinarias que caen en la zona, así como la sismicidad.

En la zona de evaluación, se identificó flujos de detritos, flujos de lodo, caídas de rocas y deslizamientos que ocurren en la ladera este y oeste del cerro Sicacate; estos procesos geodinámicos, afectan al área urbana de Sicacate.

A continuación, se describen los peligros geológicos presentes en la zona de estudio:

5.2. Flujo de detritos en la quebrada Sicacate

Los flujos de detritos y lodo que afectaron al centro poblado Sicacate, ocurrieron el 25 de marzo durante el evento denominado Niño Costero; en esas fechas, las precipitaciones alcanzaron un pico histórico de 131.6 mm. Los antecedentes y testimonio recopilados en campo, indican la ocurrencia de este tipo de eventos en los años de 1983, 1987, 1997-1998 y 2012; recientemente, en el 2019 también ocurrieron flujos, pero de menor volumen.

5.2.1. Características visuales del evento

Los flujos de detritos transportan gran cantidad de materiales conformados por clastos, gravas y sedimentos limo arcillosos con arenas y bloques con diámetro de hasta 2 m (figura 11).



Figura 11. Cauce de la quebrada Sicacate por donde pasó el flujo de detritos el 25 marzo del 2017. Vista en las coordenadas 9486263N y 632391E.

Flujos en la quebrada Sicacate

- Por la quebrada Sicacate, descendieron flujos de detritos y de lodo con un gran contenido de materiales gruesos (bloques y clastos). El emplazamiento del material, originó una gran erosión y destruyó muros y paredes de viviendas próximas al cauce de la quebrada.

- El área afectada distribuida en franjas y zonas próximas a los cauces de la quebrada alcanzó 2.2 ha.
- Ancho y altura del flujo entre 15 m y 2.50 m respectivamente.
- El volumen desplazado es aproximadamente de 1108 m³.
- Tamaños de la fase granular y fina, está formada por bloques (40%), clastos (30%) gravas (10%), arenas limos y arcillas (20%).
- El flujo de detritos, se canalizó en el cauce de la quebrada recorriendo una distancia aproximada de 1.4 km.

En el cauce de la quebrada Sicacate, se observaron bloques con diámetro de hasta 2.5 m, provenientes de antiguos deslizamientos que transportaron gran cantidad de materiales y rocas (figuras 12 y 13).



Figura 12. Cauce de la quebrada Sicacate por donde descendió el flujo en el mes de febrero del 2017. Coordenadas 9486315N y 632368E.



Figura 13. Bloques de gran tamaño en el cauce de la quebrada Sicacate y el abanico.
Coordenadas 9486250N y 632404E.

El flujo tuvo una fase líquida que afectó varias viviendas ubicadas a ambos márgenes de la quebrada Sicacate, los sedimentos se dispersaron y el agua ingresó a varias viviendas alcanzando hasta altura de 40 cm (figura 14).



Figura 14. Vista aguas abajo por donde se desbordó la quebrada Sicacate hacia las viviendas y la I.E.P. 14248 en las coordenadas 9486267N y 632416E.

5.3. Caídas de rocas

La caída de rocas, son condicionadas por el fracturamiento y el grado de meteorización de los afloramientos de rocas ubicadas en la parte alta de la cuenca, los bloques y cantos de

andesitas se desprenden de los cuerpos rocosos, rodando, rebotando y fragmentándose hasta llegar al cauce de la quebrada Sicacate.

5.3.1. Características visuales del evento

La caída de rocas se origina en la parte alta del cerro Sicacate y se distribuyen sobre laderas con pendientes fuertes a muy escarpadas (figuras 15, 16 y 17):

- Área afectada: 1.8 ha.
- Dimensiones: largo de 250 m y ancho de 300 m.
- Los tamaños de los bloques, varían entre 2.5 m a 1.5 m de diámetro.



Figura 15. Caída de rocas compuestas por bloques en la ladera del cerro Sicacate.



Figura 16. Bloque de roca suspendido sobre relieves con pendientes fuertes.



Figura 17. Bloque de roca con largo de hasta 3 m cubierto por vegetación. Ubicación en las coordenadas: 9485929N y 632648E.

5.4. Deslizamientos en el cerro Sicacate

Los deslizamientos son procesos de remoción de porciones del terreno, condicionados por el tipo de litologías y coberturas de suelos más o menos susceptibles a deslizarse, estos movimientos son desencadenados por lluvias intensas o extraordinarias con índices que superan los parámetros normales de ciertas regiones. A continuación, se describen las características de los deslizamientos en la zona de evaluación:

5.4.1. Características visuales de los eventos

Los escarpes de los deslizamientos se ubican en la ladera este del cerro Sicacate, estos procesos se desarrollan a menos de 1 km del área urbana del centro poblado Sicacate. Estos movimientos en masa antiguos han modelado el piedemonte, sobre el cual hoy se asienta el área urbana de Sicacate (figuras 18, 19 y 20) y Anexo Mapa 3.

Deslizamiento reciente

- Escarpa del deslizamiento de forma alargada y semicircular, la zona de arranque se encuentra entre las cotas 1786 y 1712 m s.n.m.

- El escarpe alcanza una longitud de 25 m, con un desnivel entre el escarpe y el pie de 74 m.
- El área afectada: 1 ha.
- La superficie de falla es rotacional.
- El salto de falla principal mide 0.50 m.
- Largo y ancho del deslizamiento: 100 m y 20 m.
- Volumen desplazado: 1230 m³.
- No se muestran evidencias de procesos retrogresivos.

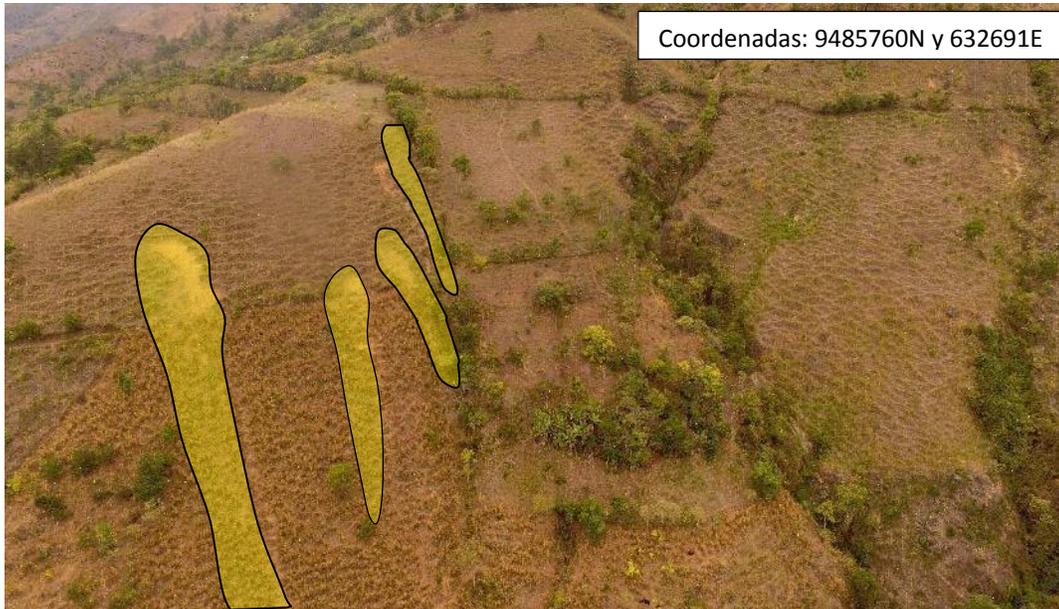


Figura 18. Vista del deslizamiento recientes en la ladera del cerro Sicacate.



Figura 19. Vista del cerro Sicacate Alto con presencia de deslizamientos.

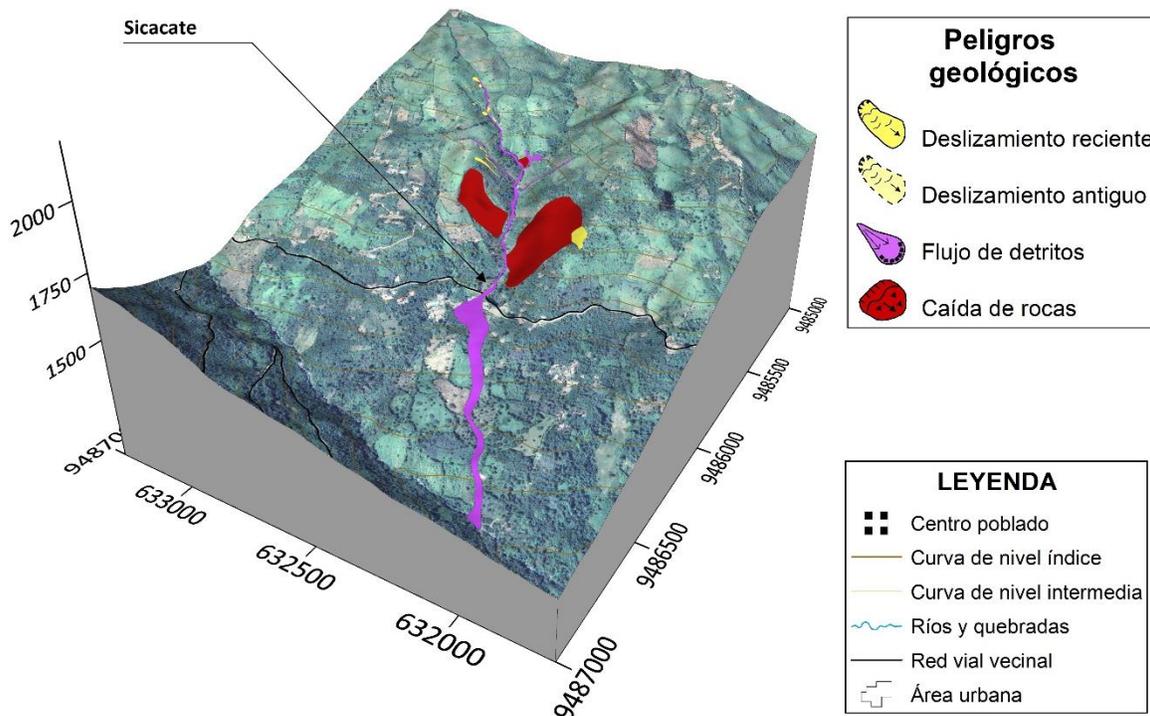


Figura 20. Peligros geológicos del caserío Siccate.

5.5. Deslizamiento en Loma de Siccate

Se identificó un deslizamiento que afecta la trocha carrozable, principal vía de acceso desde el distrito de Montero hasta los caseríos Siccate y Loma de Siccate.

5.5.1. Características visuales de los eventos

A continuación, se describen las principales características del deslizamiento en el centro poblado Loma de Siccate (figuras 21, 22 y 23) y Anexo Mapa 4.

Deslizamiento reciente

- La escarpa del deslizamiento es de forma alargada, empieza en la cota 1786 m s.n.m. y se desplaza hasta 1712 m s.n.m.
- La longitud total del escarpe alcanza 25 m, con un desnivel entre el escarpe y el pie de 74 m.
- El área afectada: 1 ha.
- La superficie de falla es rotacional.
- El salto de falla principal mide 0.50 m.
- Largo y ancho del deslizamiento: 100 m y 20 m.
- Volumen desplazado aproximado: 1080 m³.
- No se muestran evidencias de procesos retrogresivos.



Figura 21. Vista panorámica del deslizamiento reciente en la vía de acceso al caserío Loma de Sicacate.

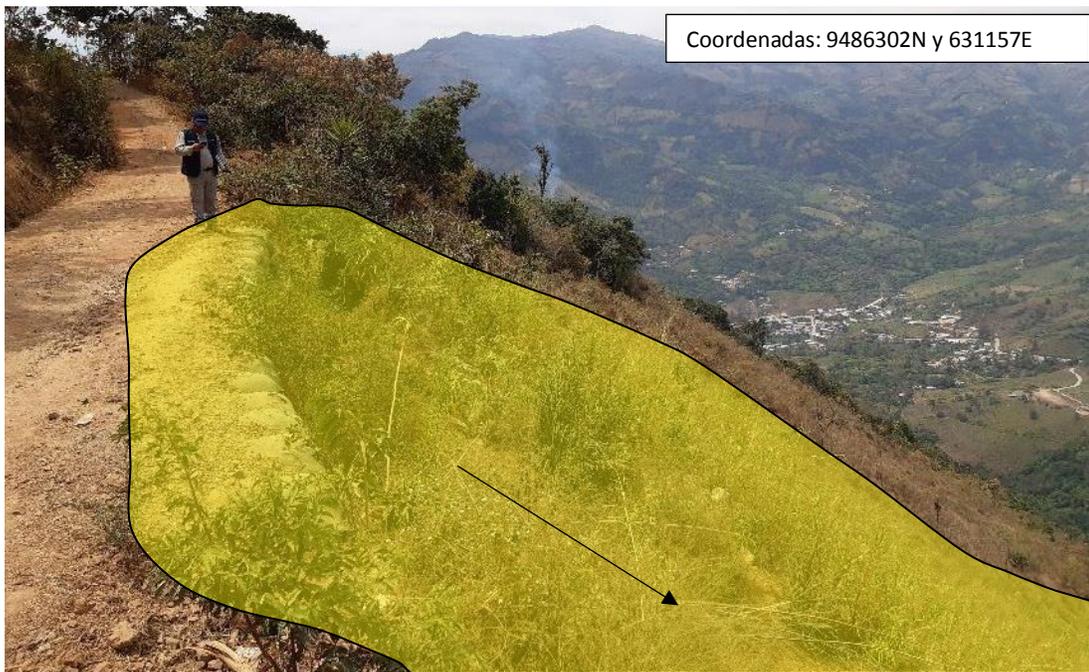


Figura 22. Trocha carrozable Sicacate que comunica Loma de Sicacate con los caseríos Alto de la Loma, Israel y El Salvador; vía afectada por el deslizamiento en el sector Loma de Sicacate.

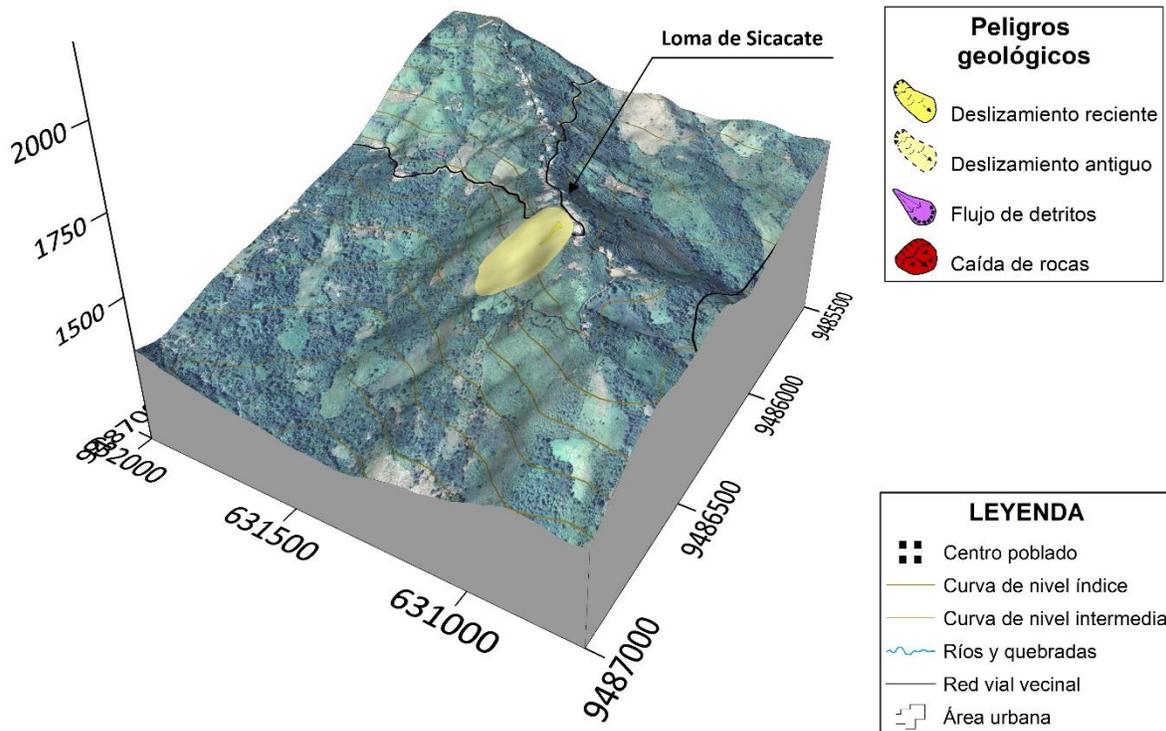


Figura 23. Peligros geológicos del caserío Loma de Sicacate.

5.6. Factores condicionantes

5.6.1. Litología

En la zona de estudio afloran calizas lodolíticas y margas, estos afloramientos se encuentran muy fracturados y altamente a completamente meteorizados, con un alto grado de descomposición, se parten en fragmentos con un simple golpe de martillo (figuras 24 y 25).



Figura 24. Margas muy meteorizadas, mediante prueba de martillo se fracturan con facilidad, en el sector Loma de Sicacate.

Además, se han localizado afloramientos de andesitas basálticas muy fracturadas y altamente meteorizadas. Esta litología se distribuye a ambos márgenes de la quebrada Sicacate.



Figura 25. Andesitas fracturadas y dispuestas sobre pendientes fuertes en el sector Sicacate.

La cobertura cuaternaria está conformada por clastos y gravas retrabajadas de granulometría principalmente angulosa, están distribuidas de forma caótica lo que evidencia la ocurrencia de antiguos movimientos en masa con procesos violentos (figura 26).



Figura 26. Bloques y gravas de formas angulosos a subredondeados, en el sector Sicacate.

5.6.2. Pendientes

El análisis actual del relieve muestra que, las laderas del cerro Sicacate por donde desciende la quebrada del mismo nombre, está conformada por relieves con pendientes muy fuertes a muy escarpadas (25° a $>45^\circ$), condicionando la ocurrencia de deslizamientos y flujos. La ladera norte donde se asienta el caserío Loma de Sicacate tiene relieves con pendientes muy fuertes (figura 27).

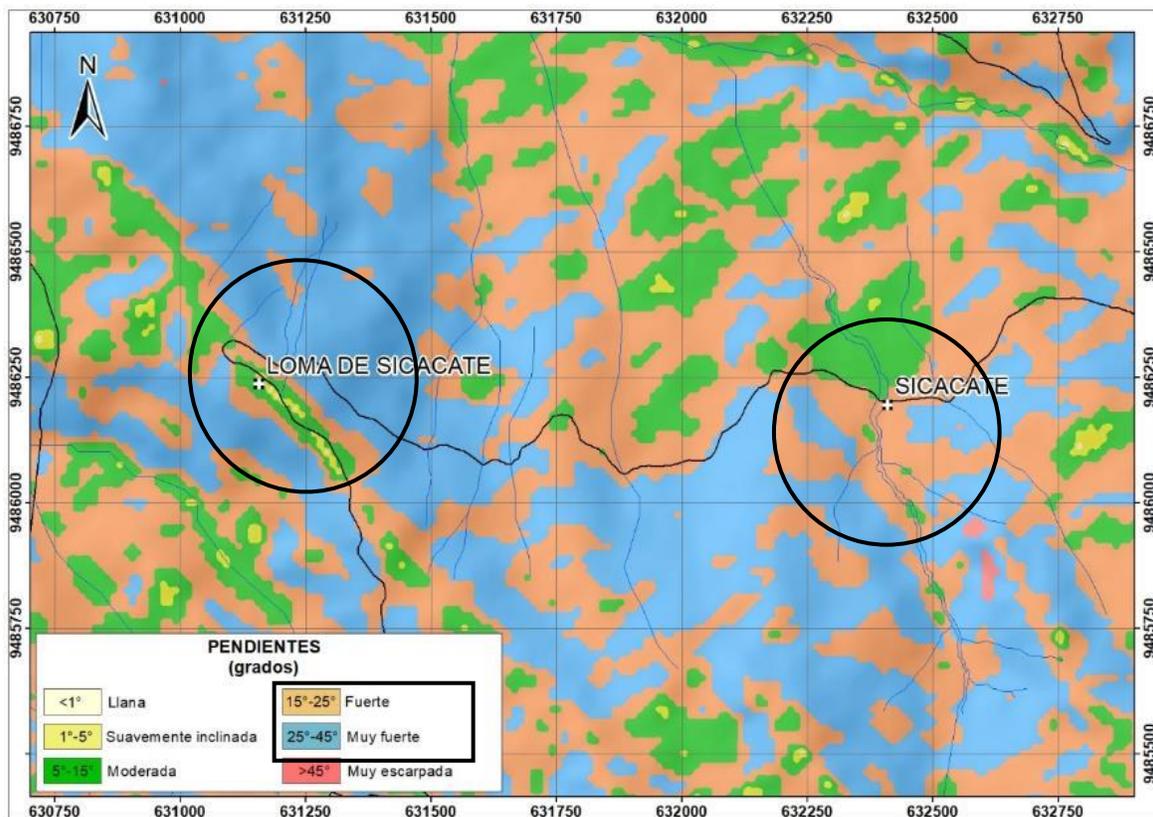


Figura 27. Pendientes críticas en las zonas de estudio.

5.6.3. Factor antrópico

En la vía de acceso al caserío Loma de Sicacate pasa un canal de riego que desciende a media ladera conduciendo el agua hacia la cuneta de la trocha carrozable, este canal no se encuentra nivelado, el agua se acumula, se infiltra y desborda hacia la vía. En temporada de lluvias intensas, esta vía se ve afectada por la sobresaturación de la ladera ocasionando deslizamientos (figura 28).



Figura 28. Vivienda afectada por deslizamientos y flujos en el caserío Sicacate.

5.7. Factores desencadenantes

5.7.1. Lluvias intensas durante el Niño Costero

Se recopiló la información de las estaciones meteorológicas próximas al área de estudio del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi). Entre los meses de enero a marzo del 2017 se registraron lluvias intensas, superaron los 10 mm diarios; mientras que, los días 7, 8, 15, 22, 25, 26, y 30 de marzo las lluvias superaron los 20 mm diarios con un pico máximo histórico 131.6 mm (gráfico 01).

La estación meteorológica más cercana a la zona de estudio se ubica en el distrito de Paimas ubicada a 13 km al suroeste del distrito de Montero (cuadros 03 y 04, gráfico 01).

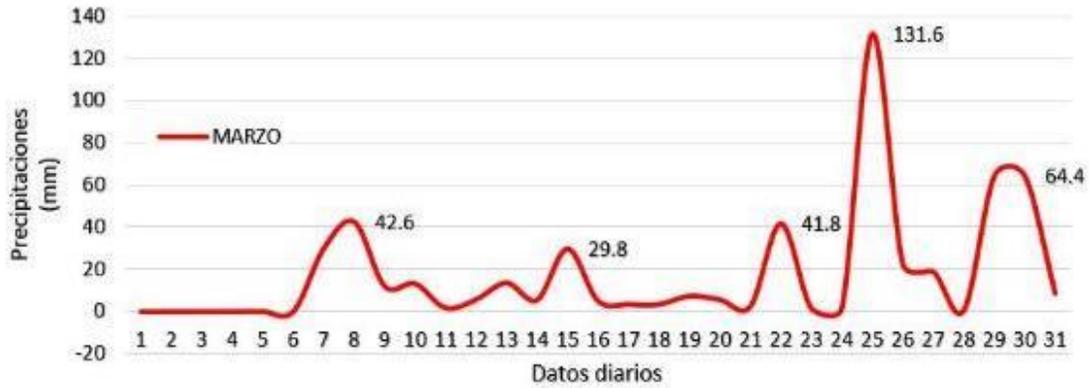
Cuadro 03. Ubicación de la estación meteorológica Paimas.

Estación: PAIMAS					
Departamento:	PIURA	Provincia:	AYABACA	Distrito:	PAIMAS
Latitud:	4°38'3.79" S	Longitud:	79°56'45.03" W	Altitud:	609 m s.n.m.
Tipo:	Automática - Meteorológica			Código:	472FC5B8

AÑO	2017																														
MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
PRECIPITACIÓN (mm)	0	0	0	0	0.1	0	30	43	12	13	1.8	5.8	14	5.6	30	5.1	3.5	3.5	7.4	5.7	2.5	42	1.5	1.1	132	23	19	0.6	64	64	8.7

Cuadro 04. Datos de precipitación mensual del año 2017.

Para el año 2017, las precipitaciones llegaron a mínimos y máximos mensuales de 3.5 y 64mm, mientras que, el acumulado anual llego a 538.6 mm.



Gráfica 01. Precipitaciones diarias registradas en el mes de marzo del 2017.

Fuente: SENAMHI / DRD
 * Datos sin control de calidad.

5.8. Daños por peligros geológicos

En el área de evaluación se han producido los siguientes daños:

5.8.1. Viviendas

Debido al flujo de detritos 06 viviendas ubicadas en la margen izquierda fueron afectadas, el lodo alcanzó hasta 25 cm de altura mientras que, la fase líquida llegó hasta 60 cm de altura, se registraron 03 viviendas con paredes colapsadas (figuras 29 y 30).



Figura 29. Vivienda afectada por deslizamientos y flujos en el caserío Sicacate.



Figura 30. Nivel del material deslizado que ingresó a la vivienda en el caserío Sicacate.

5.8.2. Puesto de Salud Sicacate

El centro de salud del caserío Sicacate, se ubica a menos de 15 m de la quebrada del mismo nombre; esta es una infraestructura vital para los centros poblados y anexos de la zona; fue afectada por los flujos de detritos y lodos (figura 31).



Figura 31. Puesto de salud Sicacate ubica en las coordenadas 9486302N y 632376E.

5.8.3. Vía Montero – Sicacate – Loma de Sicacate

El flujo de detritos que descendió por la quebrada Sicacate, afectó la trocha carrozable que comunica al distrito de Montero con los caseríos Sicacate y Loma de Sicacate, los materiales transportados conformados por bloques de hasta 2 m requirieron retroexcavadoras para habilitar la vía (figura 32).



Figura 32. Trocha carrozable Montero – Sicacate en las coordenadas 9486204N y 632396E.

6. CONCLUSIONES

- a) El centro poblado Sicacate se ubica sobre depósitos aluviales conformados por capas clasto soportadas en matriz areno limosa. En lo alto de la quebrada Sicacate, afloran andesitas basálticas muy fracturadas y meteorizadas.
- b) En el caserío Loma de Sicacate aparecen calizas y margas altamente meteorizadas y susceptibles a deslizamientos. Los depósitos cuaternarios están compuestos por bloques, cantos y gravas subangulosas a angulosas en matriz, areno limosa en capas porosas que favorece la infiltración del agua, por ende, la sobresaturación de los sedimentos.
- c) El área urbana del caserío Sicacate, se ubica sobre un piedemonte aluvial con pendiente moderado a suavemente inclinada, limitadas por montañas en rocas volcánico sedimentarias, ubicadas al sur; mientras que, los depósitos de piedemonte coluvio deluvial se ubican en la ladera norte del cerro Sicacate y se emplazan hacia la quebrada del mismo nombre. El piedemonte aluvio torrencial modelado por antiguos flujos, ha formado el cauce de la quebrada Sicacate por donde descienden flujos de detritos que se activan en temporada de lluvias.
- d) El área urbana de Sicacate, en el mes de febrero del 2017 durante el Niño Costero, se generaron flujos de detritos, que afectaron 07 viviendas, puesto de salud Sicacate, la I.E. 14248 y la trocha carrozable que cruza la quebrada.
- e) En la parte alta del cerro Sicacate se identificaron varios deslizamientos y caídas de rocas, se aprecian depósitos conformados por bloques con diámetros hasta 2 m. En el caserío Loma de Sicacate ocurrió un deslizamiento que, afectó la trocha carrozable que comunica los caseríos Loma de Sicacate, Alto de la Loma y El Salvador con el distrito de Montero.
- f) Tomando en cuenta las condiciones geológicas, geomorfológicas y geodinámicas, se considera que el área urbana del caserío Sicacate tiene un **"Peligro Alto"** por flujos de detritos y caídas de rocas; además, de **"Peligro Medio"** por deslizamientos. Asimismo, el caserío Loma de Sicacate tiene un **"Peligro Medio"** por deslizamientos.


LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg.CIP. N° 215610


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

7. RECOMENDACIONES

7.1. Caserío Sicacate

- A) Reubicar las viviendas del caserío Sicacate que se encuentran en los bordes del cauce de la quebrada Sicacate, con la finalidad de conservar o restablecer la faja marginal con un ancho de 10 m.
- B) Mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales en el caserío Sicacate con el objetivo de evacuar las aguas superficiales hacia la quebrada Sicacate. Construir cunetas a lo largo de la trocha carrozable Sicacate-Loma de Sicacate para realizar el control de la escorrentía que erosiona la superficie.
- C) Prohibir la construcción de infraestructura o viviendas próximas al cauce de la quebrada Sicacate definida como susceptible a la ocurrencia de flujos de detritos.
- D) Como medida de corto plazo, se deben realizar el reforzamiento o la mejora del enrocado de mampostería o gaviones que protegen las viviendas y la I.E. 14248 Sicacate y el Puesto de Salud.
- E) Tomar en cuenta los peligros geológicos identificados y geoformas susceptibles a deslizamientos para ordenar la expansión urbana del caserío Sicacate.
- F) Plantear la construcción de defensas ribereñas aguas arriba y aguas abajo, teniendo como referencia la trocha carrozable y el Puesto de Salud Sicacate.
- G) Durante la temporada de lluvias, se debe realizar el monitoreo visual diario o semanal de los deslizamientos ubicados en la parte alta del cerro Sicacate, con la finalidad de advertir su actividad que puedan formar embalses.
- H) Sensibilizar a la población a través de talleres o charlas con el objetivo de concientizar en temas de prevención de desastres, para evitar asentamientos de viviendas o infraestructura en zonas expuestas a peligros geológicos.

7.2. Loma de Sicacate

- A) Mejorar las cunetas y badenes de la trocha carrozable de acceso a Loma de Sicacate, impermeabilizando el tramo afectado con geomembranas o tuberías de PVC para evitar futuros deslizamientos.
- B) Mejorar el sistema de drenaje de aguas pluviales en el caserío Loma de Sicacate con el objetivo de evacuar las aguas superficiales. Construir cunetas a lo largo de la trocha carrozable Sicacate-Loma de Sicacate, para realizar el control de la escorrentía que erosiona la superficie.
- C) Implementar un sistema de monitoreo con estacas y cercos en los escarpes de los deslizamientos activos y las zonas susceptibles para estimar las velocidades de los desplazamientos, como también la dirección del desplazamiento.

8. BIBLIOGRAFÍA

Cruden, D.M., Varnes, D.J. (1996). Landslide types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, p. 36–75.

Díaz, J. S. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. INSTITUTO DE INVESTIGACION.

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 Loma, Ayabaca, San Antonio, Chulucanas, Morropón, Huancabamba, Olmos y Pomahuaca 9-c, 10-c, 10-d, 10-e, 11-c, 11-d, 11-e, 12-d, 12-e. INGEMMET, Boletín A N° 39.

Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176.

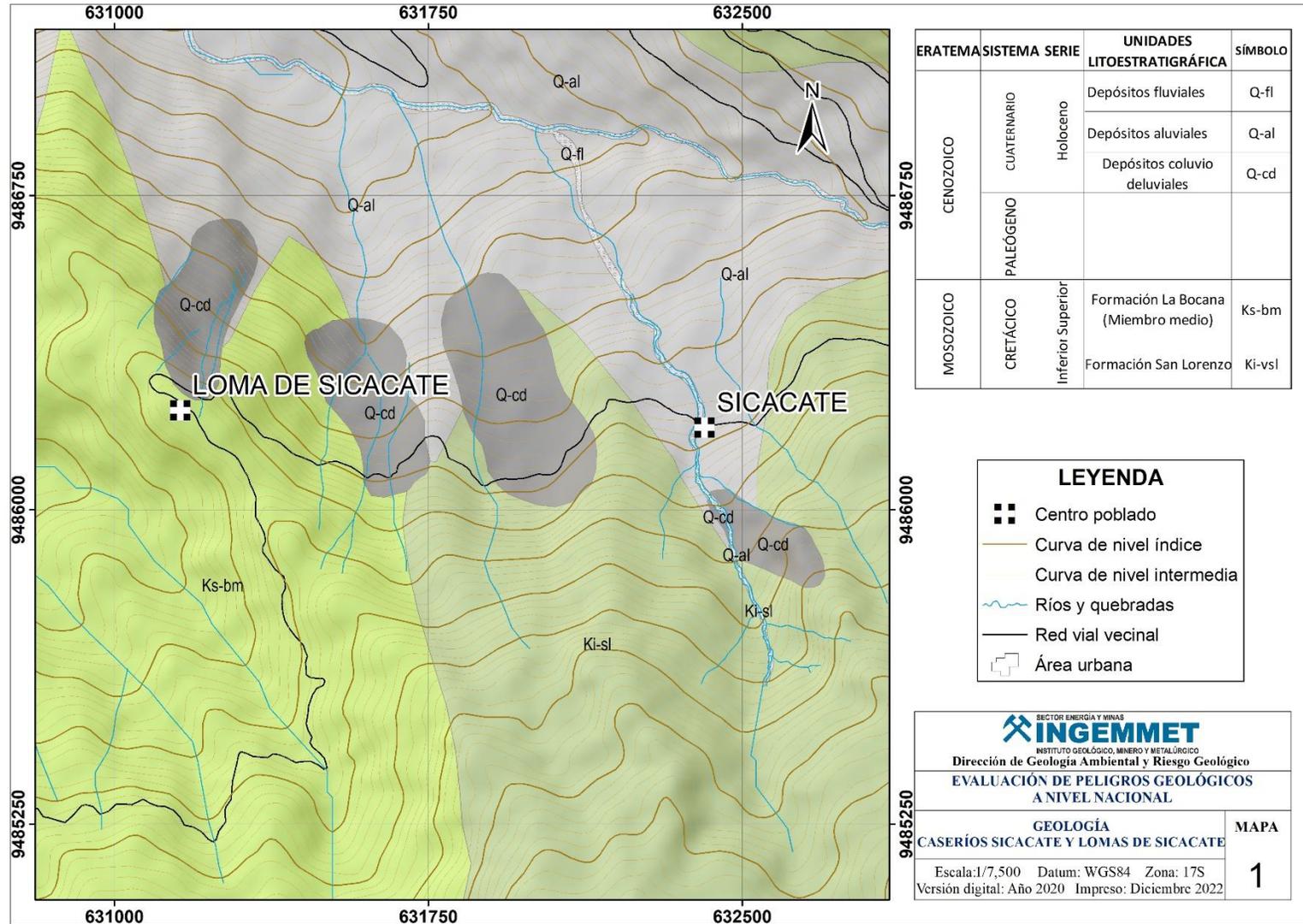
Vílchez, Sosa, Jaimes, Mamani, Cerpa, Martínez (2017). Peligros geológicos y geohidrológicos detonados por el Niño Costero 2017 en la región Piura.

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

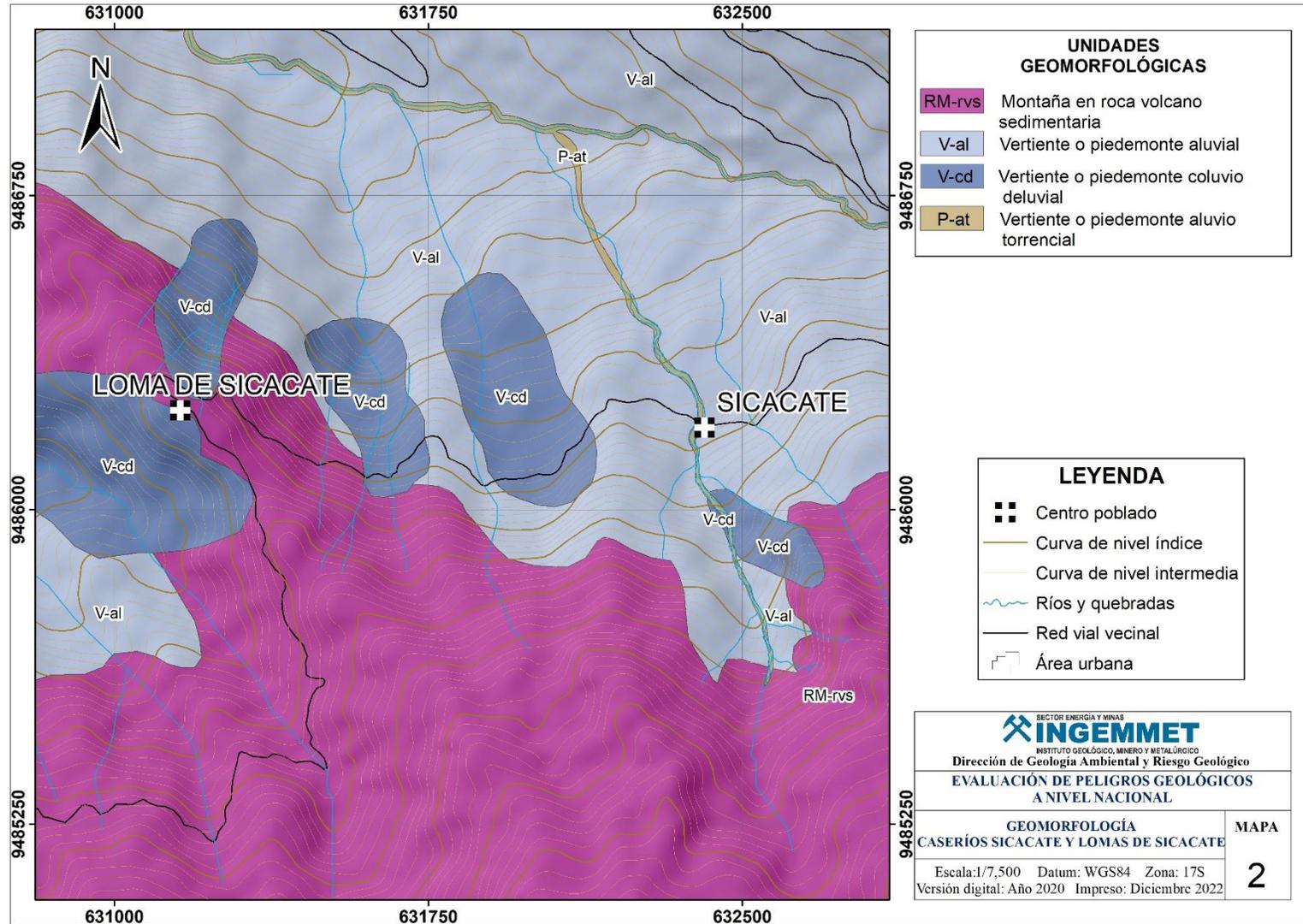
Villota, H. (2005). Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. España: Instituto Geográfico Agustín Codazi.

WP/WLI. (1990). A suggested method for reporting a landslide: Bulletin of the International Association of engineering Geology, no. 41, p. 5–12.

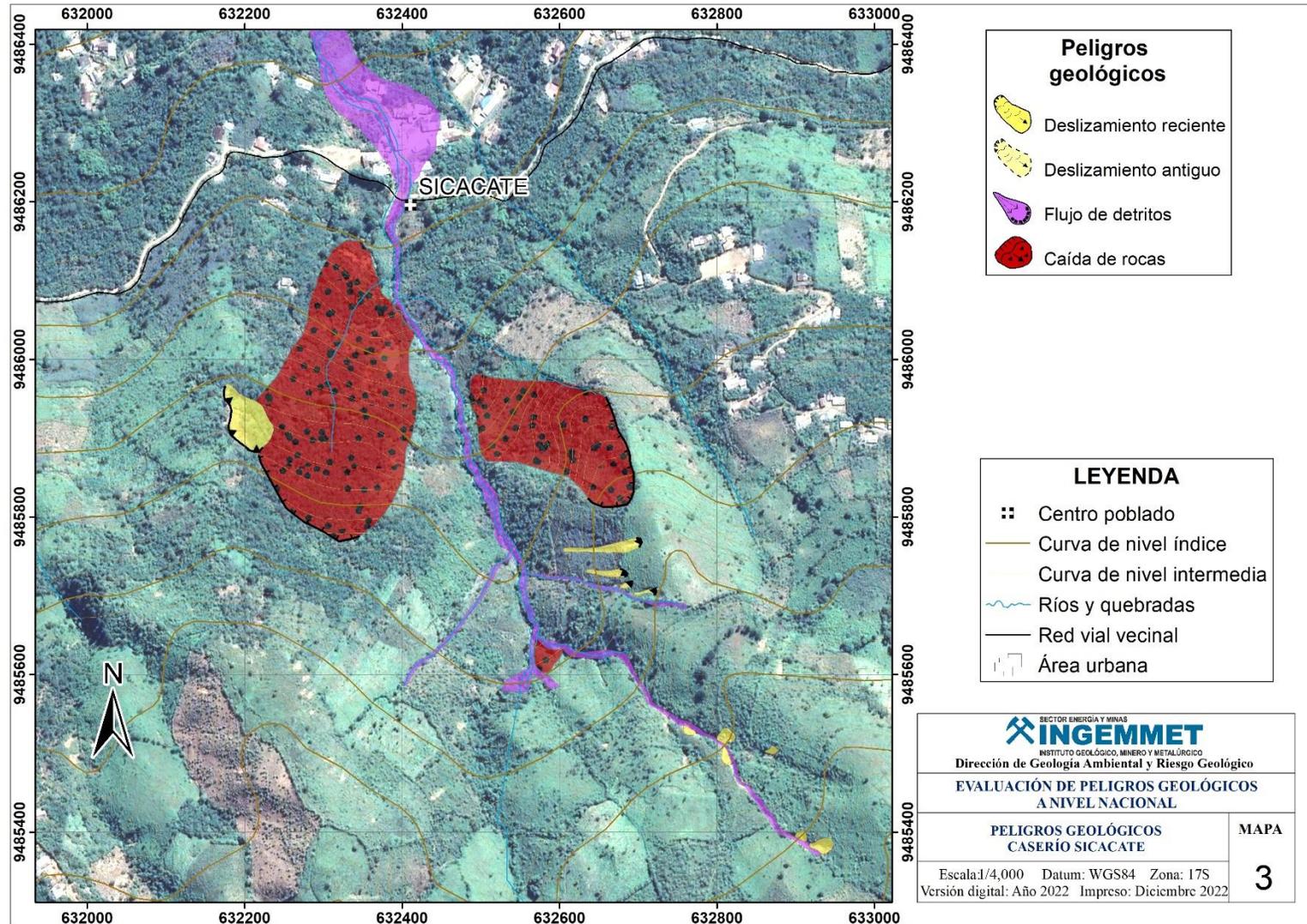
ANEXO 1: MAPAS



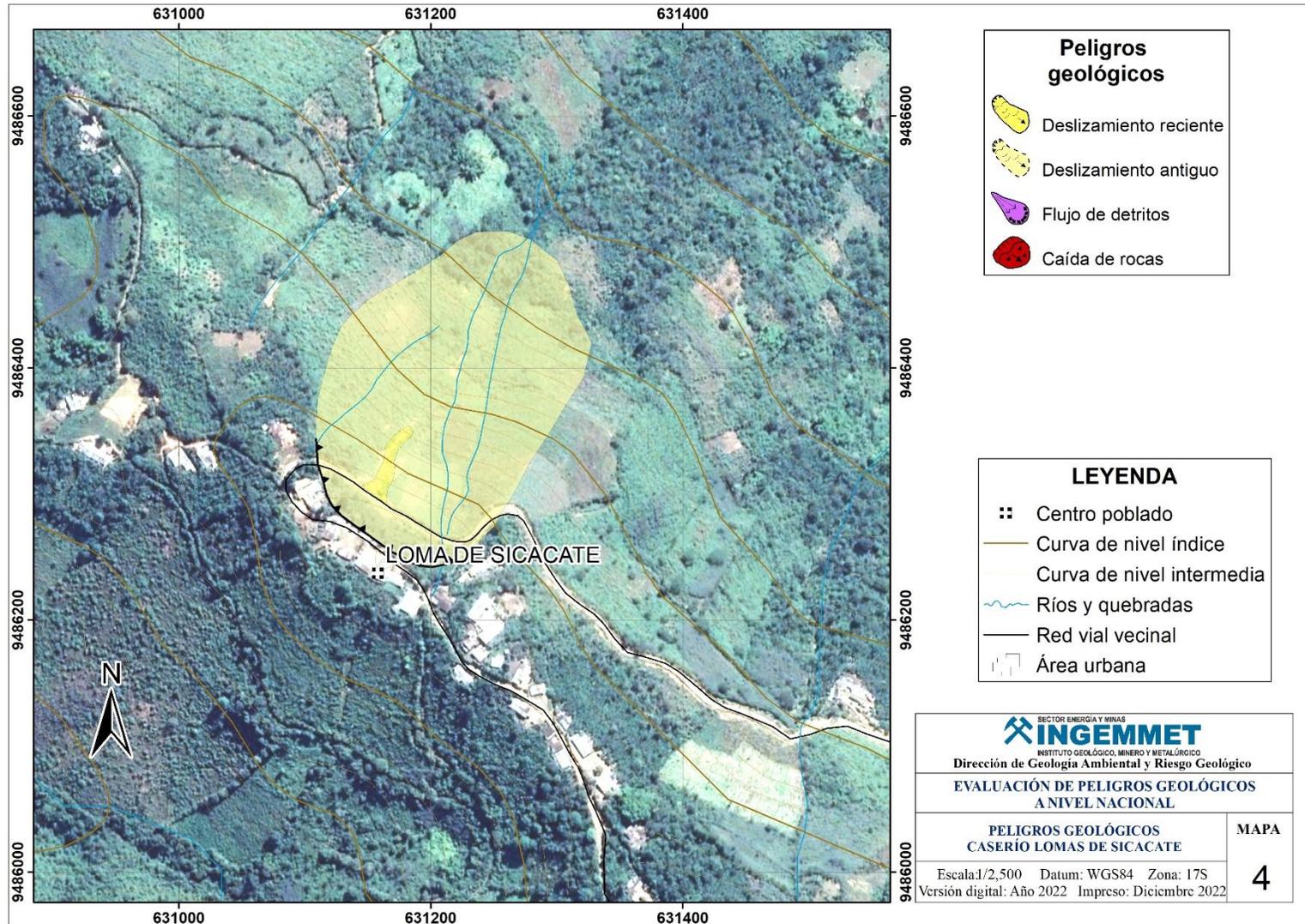
Mapa 1. Geología del área evaluada.



Mapa 2. Geomorfología del área evaluada.



Mapa 3. Peligros geológicos en el caserío Sicacate.



Mapa 4. Peligros geológicos en el caserío Lomas de Sicacate.

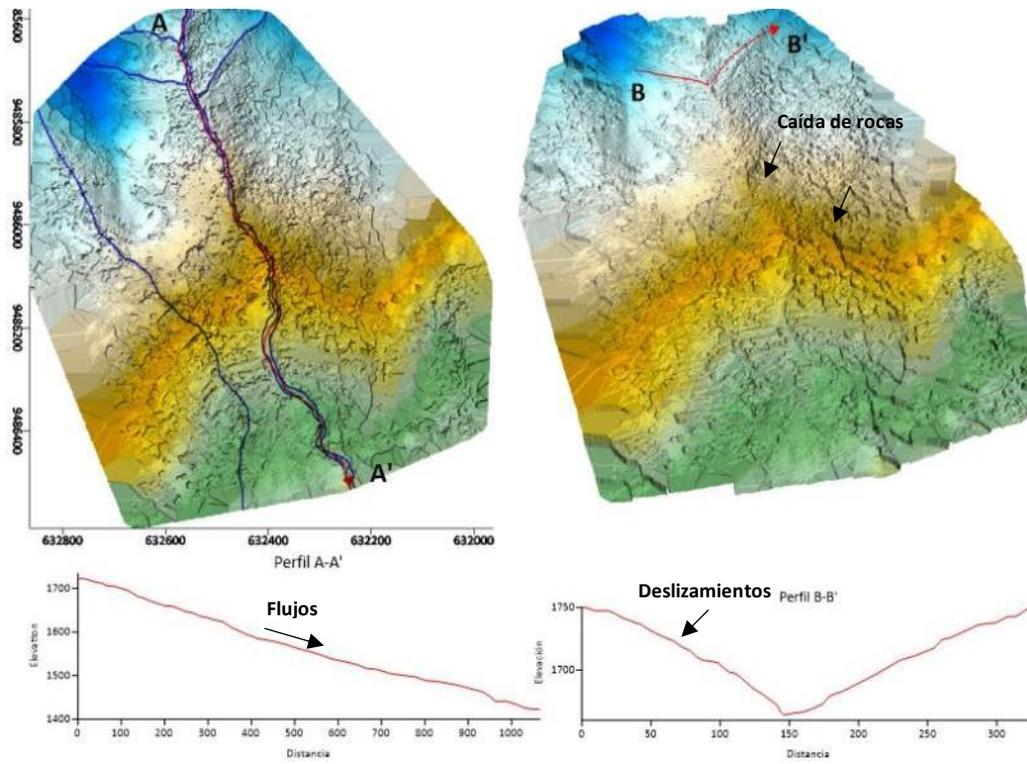


Figura 33. Perfil longitudinal y transversal de la quebrada Sicacate.

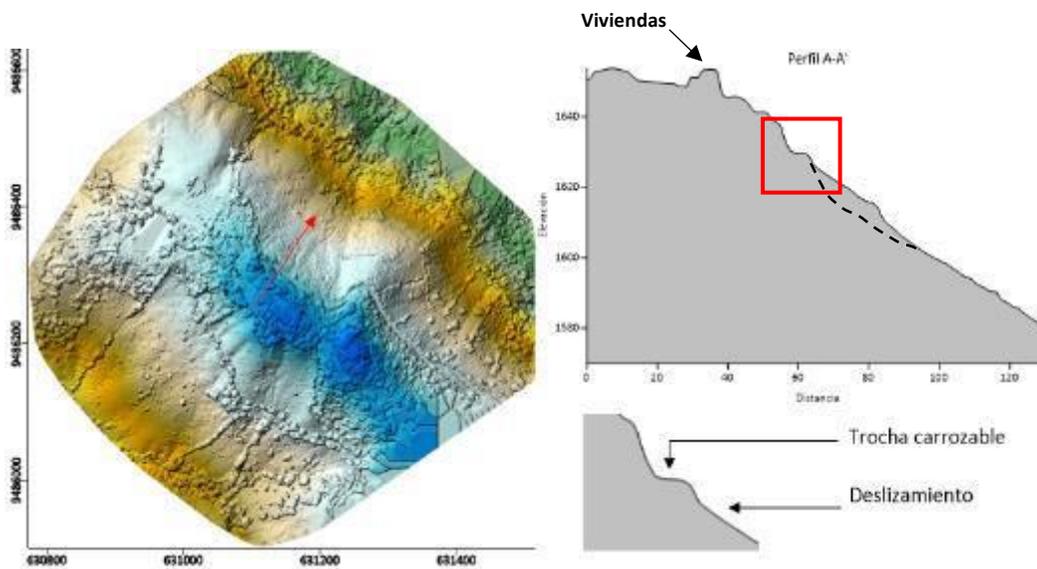


Figura 34. Perfil longitudinal del deslizamiento en Loma de Sicacate.

ANEXO 2: MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN

Muros de contención

El propósito de una estructura de contención es el resistir las fuerzas ejercidas por la tierra contenida, y transmitir esas fuerzas en forma segura a la fundación o a un sitio por fuera de la masa analizada de movimiento. En el caso de un deslizamiento de tierra el muro ejerce una fuerza para contener la masa inestable y transmite esa fuerza hacia una cimentación o zona de anclaje por fuera de la masa susceptible de moverse. Las deformaciones excesivas o movimientos de la estructura de contención o del suelo a su alrededor deben evitarse para garantizar su estabilidad (Díaz, 1998).

Tipos de Estructura

Existen varios tipos generales de estructura, y cada una de ellas tiene un sistema diferente de transmitir las cargas (figura 38).

Muros masivos rígidos

Son estructuras rígidas, generalmente de concreto, las cuales no permiten deformaciones importantes sin romperse. Se apoyan sobre suelos competentes para transmitir fuerzas de su cimentación al cuerpo del muro y de esta forma generar fuerzas de contención.

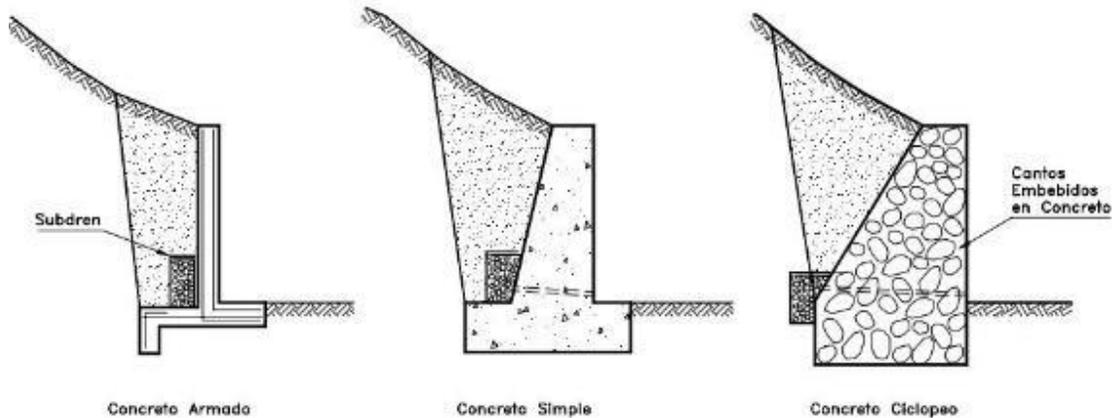


Figura 38. Esquema de muros rígidos (Díaz, 1998).

Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muro rígido.

Muro	Ventajas	Desventajas
Reforzado	Los muros de concreto armado pueden emplearse en alturas grandes (superiores a diez metros), previo su diseño estructural y estabilidad. Se utilizan métodos convencionales de construcción, en los cuales la mayoría de los maestros de construcción tienen experiencia.	Requieren de buen piso de cimentación. Son antieconómicos en alturas muy grandes y requieren de formaletas especiales. Su poco peso los hace inefectivos en muchos casos de estabilización de deslizamientos de masas grandes de suelo.
Concreto simple	Relativamente simples de construir y mantener, pueden construirse en curvas y en diferentes formas para propósitos arquitectónicos y pueden colocarse enchapes para su apariencia exterior.	Se requiere una muy buena fundación y no permite deformaciones importantes, se necesitan cantidades grandes de concreto y un tiempo de curado, antes de que puedan trabajar efectivamente. Generalmente son antieconómicos para alturas de más de tres metros.
Concreto ciclópeo	Similares a los de concreto simple. Utilizan bloques o cantos de roca como material embebido, disminuyendo los volúmenes de concreto.	El concreto ciclópeo (cantos de roca y concreto) no puede soportar esfuerzos de flexión grandes.