

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7112

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL CASERÍO DE SOGÓN

Región La Libertad
Provincia Gran Chimú
Distrito Sayapullo



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

Equipo de investigación:

*Gael Araujo
Norma Sosa*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2020). Evaluación de peligros geológicos en el caserío de Sogón. Distrito de Sayapullo, provincia Gran Chimú, región La Libertad. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7012, 27 p.

ÍNDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	6
1.3. Aspectos generales	7
1.3.1. UBICACIÓN.....	7
1.3.2. ACCESIBILIDAD	8
1.3.3. CLIMA	8
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	8
2.1. Unidades litoestratigráficas	9
2.1.1. FORMACIÓN INCA (Ki-in))	9
2.1.2. FORMACIÓN CHULEC (Ki-chu).....	9
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	12
3.1. Pendientes del terreno	12
3.2. Unidades geomorfológicas	13
3.2.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL	13
4. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA	14
4.1. Identificación y caracterización del movimiento en masa	15
4.1.1. EVOLUCIÓN MULTI-TEMPORAL DEL DESLIZAMIENTO DE SOGÓN.....	15
4.1.2. ESTADO ACTUAL DEL DESLIZAMIENTO DE SOGÓN (noviembre de 2020)	18
4.2. Daños que generó el deslizamiento de Sogón	21
4.2.1. MEDIDAS DE MITIGACIÓN REALIZADAS DESPUES DEL DESLIZAMIENTO DE 2018.....	22
4.2.2. SECTORES PROPENSOS A LA OCURRENCIA DE DESLIZAMIENTOS ..	23
4.2.3. DAÑOS FUTUROS	23
4.3. Factores condicionantes y desencadenantes	24
4.3.1. FACTORES CONDICIONANTES.....	24
4.3.2. FACTORES DESENCADENANTES	24
5. CONCLUSIONES	25
6. RECOMENDACIONES	26
7. BIBLIOGRAFÍA	27

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizados en el caserío de Turuna, perteneciente a la Municipalidad Distrital de Sayapullo, provincia Gran Chimú, La Libertad.

Con este trabajo, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET cumple con la función de brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada y confiable en el tema de peligros geológicos a los tres niveles de gobierno (distrital, regional y nacional).

El caserío de Sogón es un sector con más de 80 hectáreas de terrenos de cultivos de palta. 95% de estos terrenos se ubican en la parte baja o sur del caserío. En noviembre de 2018, una gran masa de rocas y detritos sobre la cual se asentaba 15 ha de terrenos de cultivos, se desplomó a 315 m al sur del caserío Sogón, destruyendo caminos y carreteras de trocha, 01 vivienda, un tramo del canal de riego del caserío de Chirimoyo y postes de alumbrado público para el caserío de Chanchamayo.

Sobre el poblado de Sogón, entre los meses de enero y abril se presentan lluvias intensas. Según los datos del Senamhi de las estaciones meteorológicas de Cospan y Sayapullo, en abril de 1973, se registró picos históricos que llegan entre 673.5 mm/mes a 1700 mm/mes.

Las unidades geológicas que afloran en la zona evaluada y alrededores, corresponden a afloramientos de caliza y lutita calcárea altamente fracturada y meteorizada de la Formación Chulec e Inca, cubiertos con depósitos coluvio - deluviales, en sectores de uso agrícola.

La geomorfología identificada en la zona de estudio corresponde a montañas y colinas en roca sedimentaria, vertiente coluvio - deluviales y abanico o piedemonte de pendientes medias (5° – 15°) a abruptas (>45°).

El peligro geológico reconocido en la zona evaluada, es un movimiento en masa de tipo deslizamiento rotacional. Se realizó la descripción de la evolución multi-temporal desde noviembre de 2018 a junio de 2020 y la descripción del estado actual del movimiento, Además, este informe muestra otros sectores propensos a la ocurrencia de deslizamiento, a ser tomados en cuenta frente a trazos de carretera u otros trabajos ingenieriles.

Se concluye que, la zona evaluada es de **peligro alto**. De continuar la escarpa rotacional del deslizamiento ampliando sus dimensiones, esta afectaría hectáreas de terrenos de cultivo en dirección al caserío de Sogón.

El presente informe se pone a disposición de las autoridades, a fin de que las conclusiones y recomendaciones sirvan como instrumento, para contribuir en la reducción de riesgo de desastre.

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 en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud de la Municipalidad Distrital de Sayapullo, según oficio N° 011-2020-MDS.GSC/DC-GTGRD, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de movimientos en masa de tipo “deslizamiento”, a partir de la observación en campo e interpretación de imágenes satelitales multi-temporales en gabinete. Este fenómeno se presentó en noviembre de 2018, destruyó terrenos de cultivos, postes de alumbrado público, carreteras – caminos de trocha y cubriendo ojos de agua en la parte media y baja del área afectada. Su movimiento se intensificó a mediados de 2019 y 2020. Su geometría longitudinal con escarpa pronunciada. Además, presenta cárcavas generadas por erosión y zanjas naturales usadas como canales de riego antrópicos no revestido, a menos de 10 metros de la cabecera del deslizamiento, amenazan con ampliar sus dimensiones con dirección al caserío de Sogón.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a los Ing. Gael Araujo y Norma Sosa, para realizar una evaluación técnica de peligros geológicos en el caserío de Sogón.

La evaluación técnica se basó en la recopilación y análisis de información geológica y geomorfológica del INGEMMET, datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS, cartografiado geodinámico y tomas fotograficas), y finalmente los trabajos post-gabinete (elaboración de mapas, fotointerpretación de imágenes satelitales multi-temporales) y redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de la Municipalidad Distrital de Sayapullo e instituciones técnico normativas del SINAGERD (INDECI y CENEPRED), a fin de proporcionar resultados de la inspección, conclusiones y recomendaciones para contribuir en los planes de mitigación y reducción del riesgo de desastres, como un instrumento técnico para la toma de decisiones.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar, cartografiar y caracterizar los peligros geológicos por movimientos en masa en el caserío de Sogón.
- b) Emitir conclusiones y recomendaciones para contribuir en los planes de prevención y/o mitigación del riesgo de desastre por movimientos en masa.

1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

- A) El mapa de susceptibilidad por movimientos en masa en la región La Libertad, a escala 1: 250 000 del INGGEMMET, muestra que el caserío de Sogón está ubicado sobre una zona de muy alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (figura 1 y cuadro 1).

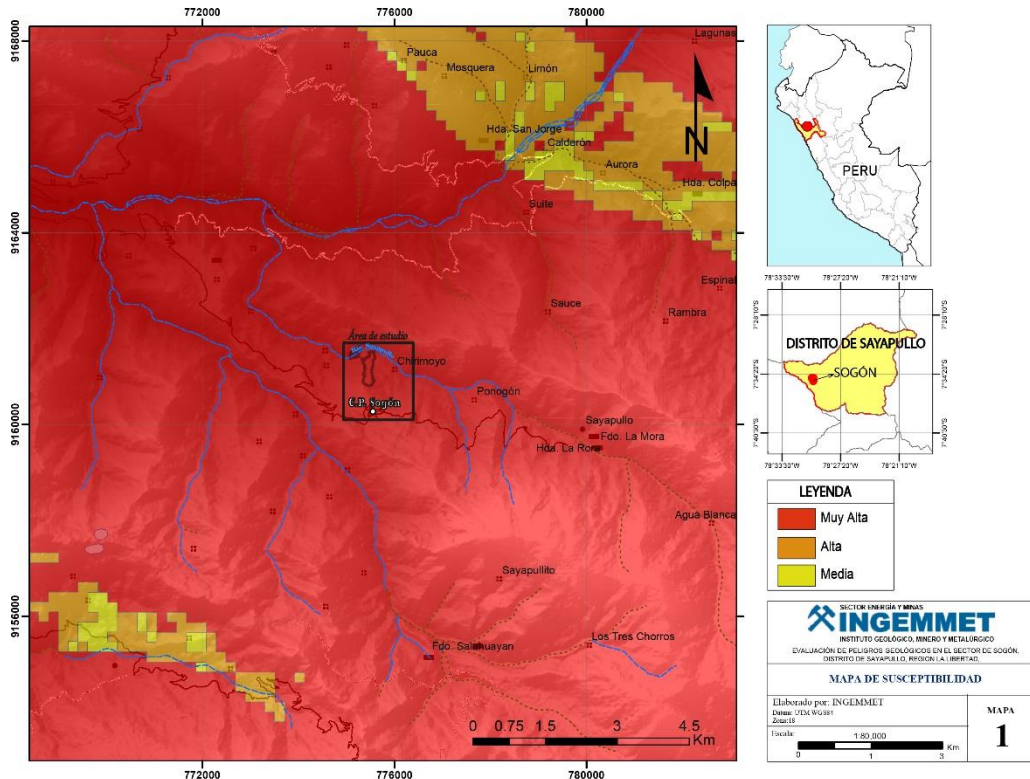


Figura 1. Mapa de Susceptibilidad a movimientos en masa del área evaluada. Fuente: Medina L., et al, 2012.

Cuadro 1. Descripción de la susceptibilidad en el área de estudio. Fuente: Medina L., et al, 2012

GRADO	CARACTERÍSTICAS DE LOS TERRENOS	RECOMENDACIONES
MUY ALTA	Todas las condiciones intrínsecas del terreno son muy favorables para generar movimientos en masa. Ocurrieron deslizamientos en el pasado o recientes reactivaciones se dieron al modificar taludes, tales como deslizamientos, derrumbes o movimientos complejos. El substrato rocoso es de mala calidad, rocas sedimentarias clásticas (lutitas carbonosas) y depósitos coluvio-deluviales, laderas de montañas con moderada a fuerte pendiente (entre 25° y 45°),	Prohibir el desarrollo de todo tipo de infraestructura sin el conocimiento geológico previo. Efectuar estudios geológicos-geotécnicos de detalle para el desarrollo probable de infraestructuras, para el descarte en su construcción

- B) El boletín N° 17, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de Puemape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa, 16-d, 16-e, 16-f, 17-e, 17-f, 18f (1967) y el boletín N° 31, Serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, hojas 15-f, 15-g, 16-g”, describen la geología presente en la zona evaluada y sus alrededores.

C) INDECI registro en el SINPAD un estado situacional de emergencia frente a la ocurrencia de intensas lluvias el día viernes 31 de marzo de 2017 a las 11:00 pm, estos eventos ocasionaron derrumbes, sobre la plataforma de red vial en los diferentes tramos de ingreso y salida a la localidad de Sayapullo y sus caseríos. Así mismo muchos canales de riego y viviendas fueron afectados. La red vial del caserío de Sogón a Sayapullo fue uno de los afectados, es así que se desarrollaron trabajos de limpieza en la vía.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. UBICACIÓN

El área de estudio está ubicada 315 m al sur del caserío de Sogón, el mismo que pertenece al distrito de Sayapullo, provincia Gran Chimú, región La Libertad. (figura 2), en las siguientes coordenadas UTM (WGS84 – Zona 17S), como se muestra en el cuadro 2.

Cuadro 2. Coordenadas del área de estudio

N°	UTM - WGS84 - Zona 17M		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	775605	9160657	-7.586°	-78.502°
2	775278	9160645	-7.586°	-78.505°
3	775215	9161541	-7.578°	-78.506°
4	775709	9161400	-7.579°	-78.501°

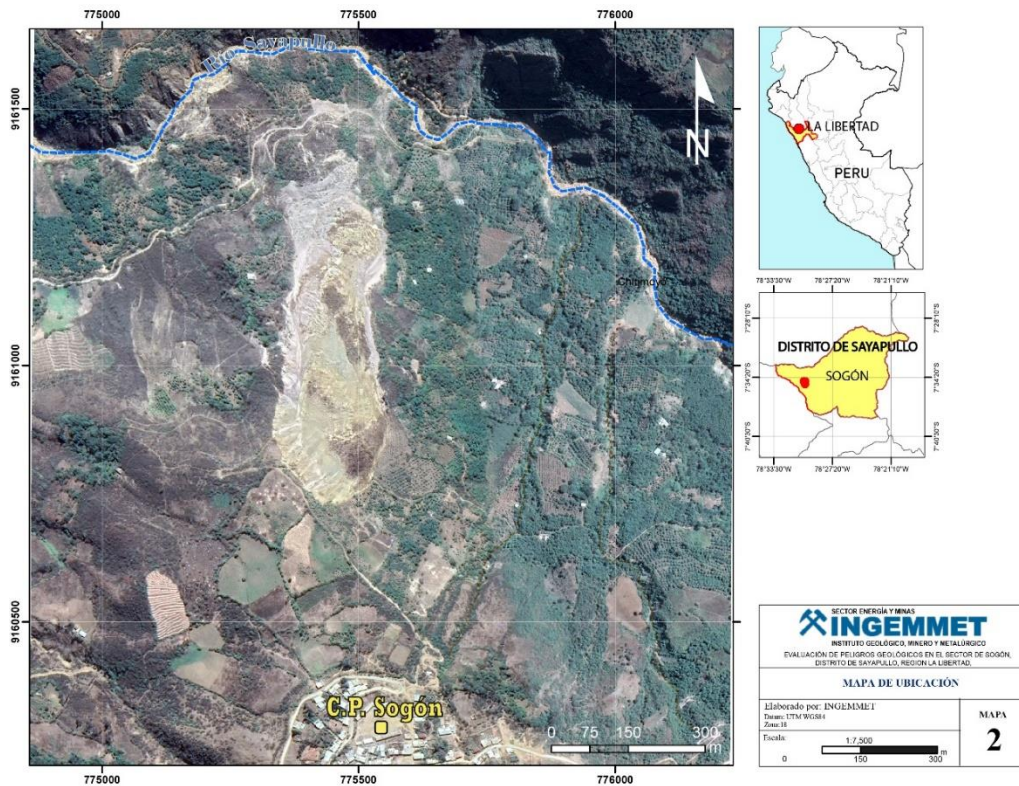


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio.

1.3.2. ACCESIBILIDAD

Teniendo como base la provincia de Lima, el área de estudio es accesible por la ruta Lima – Trujillo – Sogón, a través de carreteras asfaltadas y trocha, con un total de 11 horas con 40 min (cuadro 3).

Cuadro 3. Rutas y accesos a la zona evaluada

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia (km)</i>	<i>Tiempo estimado</i>
Lima – Trujillo	Asfaltada	556	8 h 15 min
Trujillo – Cascas	Asfaltada	92	1h 40 min
Cascas - Caserío de Sogón – área de estudio	Carretera de trocha	54	1h 45 min

1.3.3. CLIMA

Según el Mapa climático Nacional del SENAMHI, el caserío de Sogón tiene un clima semiseco frío, con precipitación semiseca, temperatura fría y humedad húmeda. Este tipo de clima es propio de la región de la sierra, corresponde a valles interandinos bajos e intermedios, situados entre los 1000 y 3000 m s.n.m.

La base de datos de la Autoridad Nacional de Agua – Ana (2015), muestra la localización de dos estaciones meteorológicas a 16 y 20 km al NNW y NNE del caserío de Sogón. Según este registro climático, las precipitaciones entre 1965 al 2015 de la estación de Sayapullo muestran una época de lluvia intensa entre enero y mayo, con mayor intensidad entre febrero y abril. Históricamente se registró un pico de 1700 mm en solo un mes (1973). En el registro climático de la estación de Cospan no se muestra el pico histórico de marzo del 1973. Sin embargo, los meses de lluvia intensa son los mismos, alcanzando precipitaciones mensuales de 673.5 mm en marzo.

1.3.4. AGRICULTURA

El caserío de Sogón es productor de palta. Hasta inicios del 2018 se tenía aproximadamente 80 hectáreas de terrenos de cultivo a los alrededores y en la parte baja del caserío pertenecientes a alrededor de 55 familias. Estas hectáreas son regadas de 3 a 4 horas al día por persona, a través de mangueras que traen del canal de riesgo del río Sayapullo.

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología del área de estudio se elaboró teniendo como base el mapa de cuadrángulo de Otuzco (16f) y cuadrángulo de Cajabamba (16g), además de la descripción del boletín N° 17, Serie A Carta Geológica Nacional: “Geología de Puemape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa, 16-d, 16-e, 16-f, 17-e, 17-f, 18f (1967) y el boletín N° 31, Serie A Carta Geológica Nacional, Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, hojas 15-f, 15-g, 16-g.

En los trabajos de campo se reconocieron las siguientes unidades.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas que conforman el área de estudio y sus alrededores son afloramientos sedimentarios del cretácico inferior de la Formación Chimú (Ki-chi), Formación Carhuaz (Ki-ca), Formación Pariatambo (Ki-pt), Formación Farrat (Ki-f), Formación Inca (Ki-i) y Formación Chulec (Ki-chu). Estas dos últimas formaciones geológicas caracterizan el área de estudio a través de un eje sinclinal (figura 3), como se describen a continuación:

2.1.1. FORMACIÓN INCA (Ki-in))

Esta formación de edad Cretácico inferior, se ubica en la parte baja del área de estudio, a lo largo del río Sayapullo, con dirección SE – NW. Litológicamente consiste de lutitas calcáreas de color gris claro que contiene fósiles mal conservados, calizas gris oscuras en bancos delgados y calizas arenosas de tono pardusco. El conjunto adopta por intemperismo una coloración gris amarillenta claramente perceptible a distancia. Por información verbal de Trottereau (1962) se sabe que en el cuadrángulo vecino de Cajabamba tiene un espesor de 100 m. Una sección medida por Benavides (op. cit) en los alrededores de la hacienda Sunchucamba (alto Chicama) da para la formación un espesor de 111 m (Cossio A & Jaén H. 1967).

2.1.2. FORMACIÓN CHULEC (Ki-chu)

La Formación Chulec de edad Cretácico Inferior, presenta un eje sinclinal de dirección SE – NW y abarca casi la totalidad del área de estudio. Litológicamente consiste de calizas grises (fotografía 1), calizas arenosas y lutitas calcáreas (fotografía 2), de color gris oscuro que pasa a gris amarillento por meteorización (fotografía 3). Debido a su poca resistencia a la erosión dan formas topográficas de perfiles redondeados (Cossio A & Jaén H. 1967).

El conjunto se presenta bien estratificado cuyos bancos delgados y medianos son muy plegados, estas distorsiones han impedido la medición de su grosor, pero se estima una potencia de 250 m. de acuerdo a la medición hecha por Benavides (1956). En el área de estudio esta unidad se expone en la escarpa principal del deslizamiento. Mostrado afloramientos de calizas arenosas altamente fracturadas.

2.1.3. DEPÓSITOS COLUVIO - DELUVIALES

Son depósitos no consolidados de bloques de calizas y lutitas envueltas en una matriz arcillo limosa, que cubren los afloramientos de la Formación Chulec e Inca. Estos depósitos son utilizados en la agricultura.



Fotografía 1: Bloques de caliza de la formación Chulec



Fotografía 2: Afloramiento de lutitas calcáreas altamente fracturadas en la cabecera y flanco derecho del área de estudio.



Fotografía 3: Afloramiento de lutitas calcáreas altamente fracturadas y meteorizadas

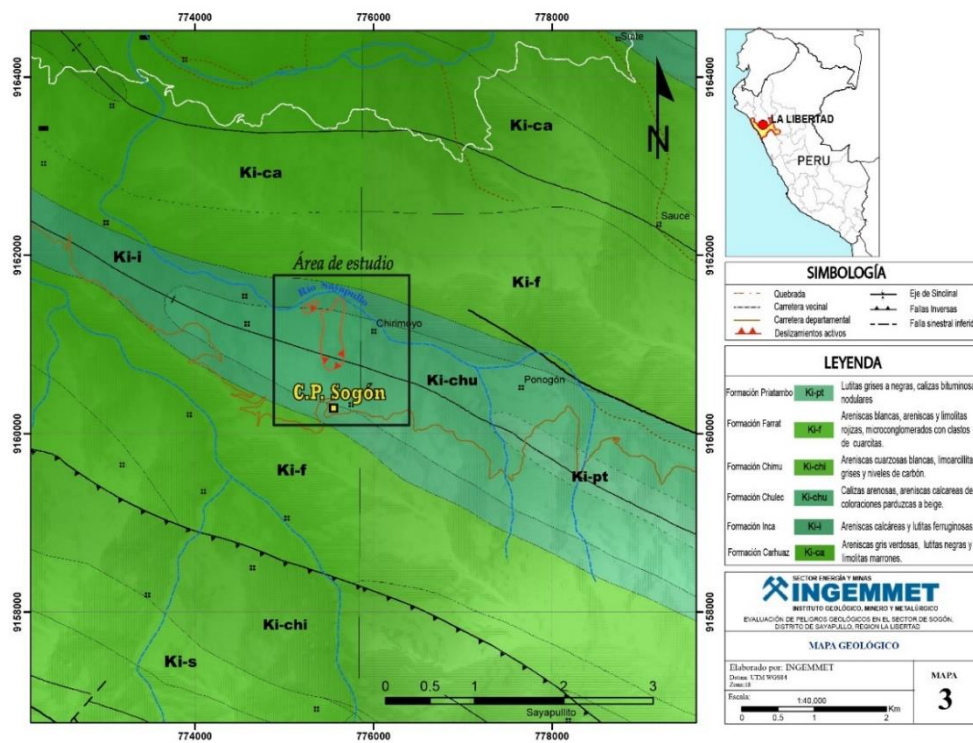


Figura 6. Mapa Geológico del área de estudio. Fuente: INGGEMMET 2017

3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

3.1. Pendientes del terreno

El modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución de los archivos de instalación satelital de Alaska, determina que el área de estudio se asienta sobre pendientes de fuerte ($15^\circ - 25^\circ$) a muy fuerte ($25^\circ - 45^\circ$) (cuadro 4 y figura 7). Los peligros geológicos tipo deslizamiento son observados en pendientes fuertes a abruptas.

Cuadro 4. Descripción de pendientes en el área de estudio. Medina L., et al, 2012

PENDIENTES	DESCRIPCIÓN
Fuerte	Los relieves con pendientes entre 15° y 25° son terrenos propensos a reptación de suelos y movimientos complejos (deslizamiento-flujo). También se consideran como zonas de inicio frecuente de flujos de detritos.
Muy fuerte	Los relieves con pendientes entre 25° y 45° son las más susceptibles a los movimientos en masa, de los cuales los más frecuentes son los deslizamientos, derrumbes, caída de rocas. También son zonas de arranque de flujos y avalanchas de detritos; la erosión de laderas es muy frecuente.

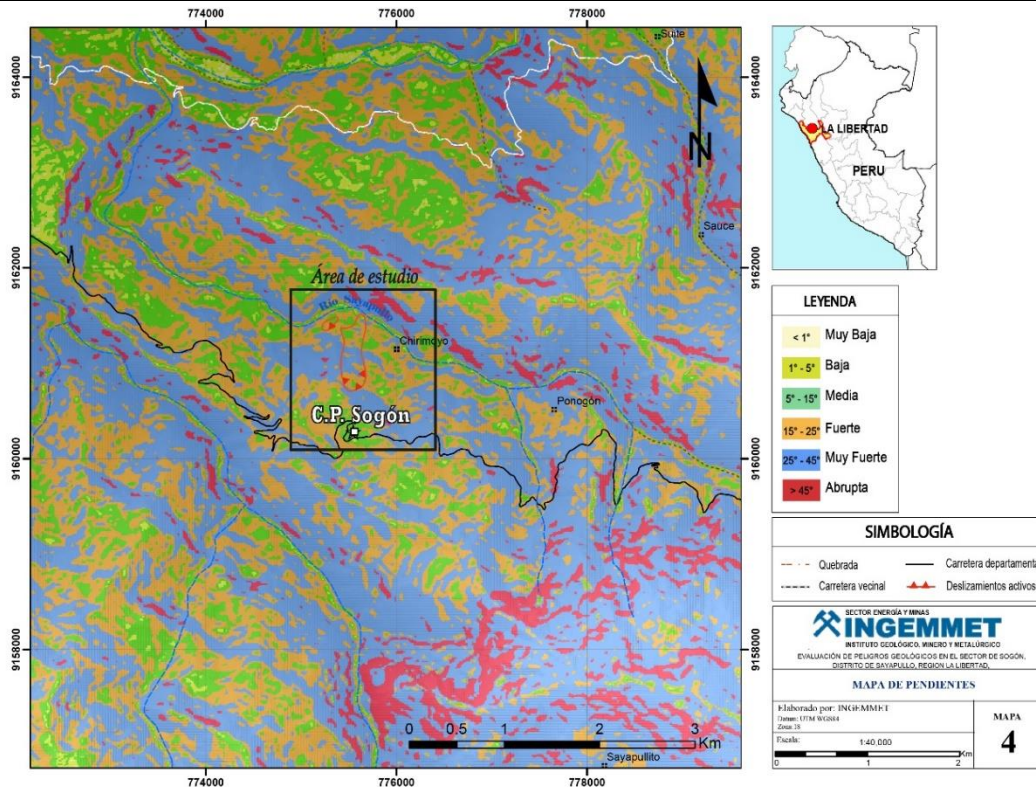


Figura 7. Mapa de pendientes.

3.2. Unidades geomorfológicas

El mapa geomorfológico a escala 1:100 000 del INGENMET, clasifica regionalmente la zona como vertiente o piedemonte coluvio - deluvial, terraza indiferenciada, abanicos aluviales al norte del área de estudio y montañas - colina estructural en roca sedimentaria que caracterizan el área de estudio en su totalidad (figura 11).

3.2.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

Están representadas por geoformas montañosas con pendientes pronunciadas y altitudes mayores a 2500 m s.n.m. La erosión y degradación de su afloramiento en la parte alta originan geoformas de carácter depositacional, por transporte y acumulación de sedimentos.

3.2.1.1. Montañas y colina estructural en roca sedimentaria (RCME-rs)

El área de estudio se ubica en geoformas de montañas y colinas estructuralmente plegadas (sinclinales) (figura 11), tiene pendientes que varían de fuertes (15° - 25°) a muy fuertes (25° - 45°). Litológicamente compuesta por secuencias sedimentarias de formaciones cretácicas (lutitas, lutitas carbonosas y secuencias de calizas). Estructuralmente se asocia a una zona de pliegues estrechos, sobreescurrecimientos. Localmente se observan laderas estructurales notables o cuestas. Es en esta geoforma donde se desarrollan con mayor frecuencia deslizamientos y erosión de laderas.

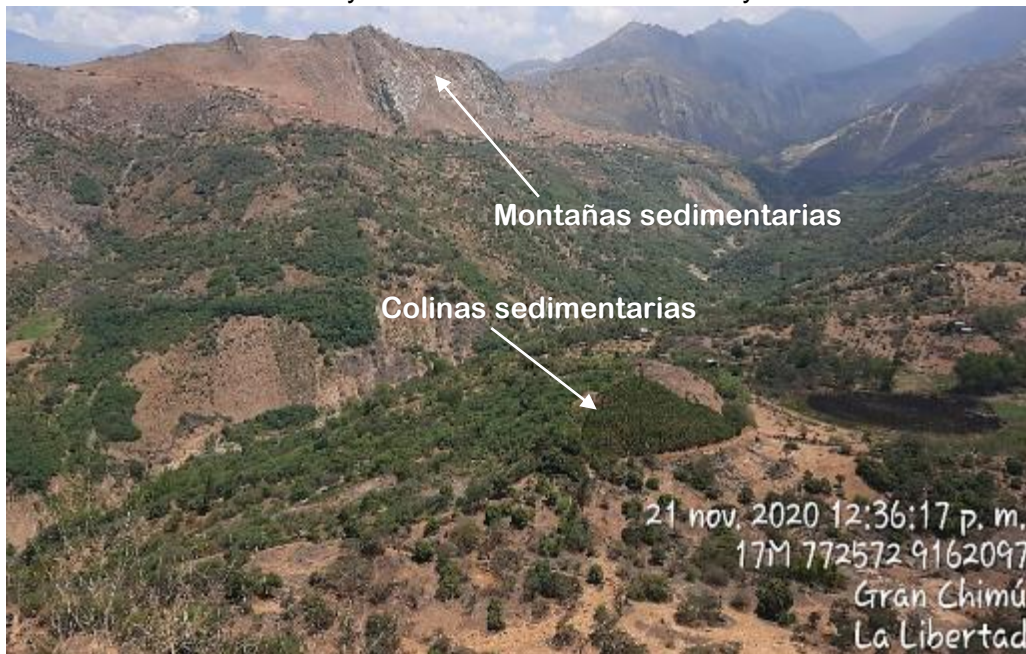


Figura 8. Vista de montañas y colinas sedimentarias en la zona de estudio

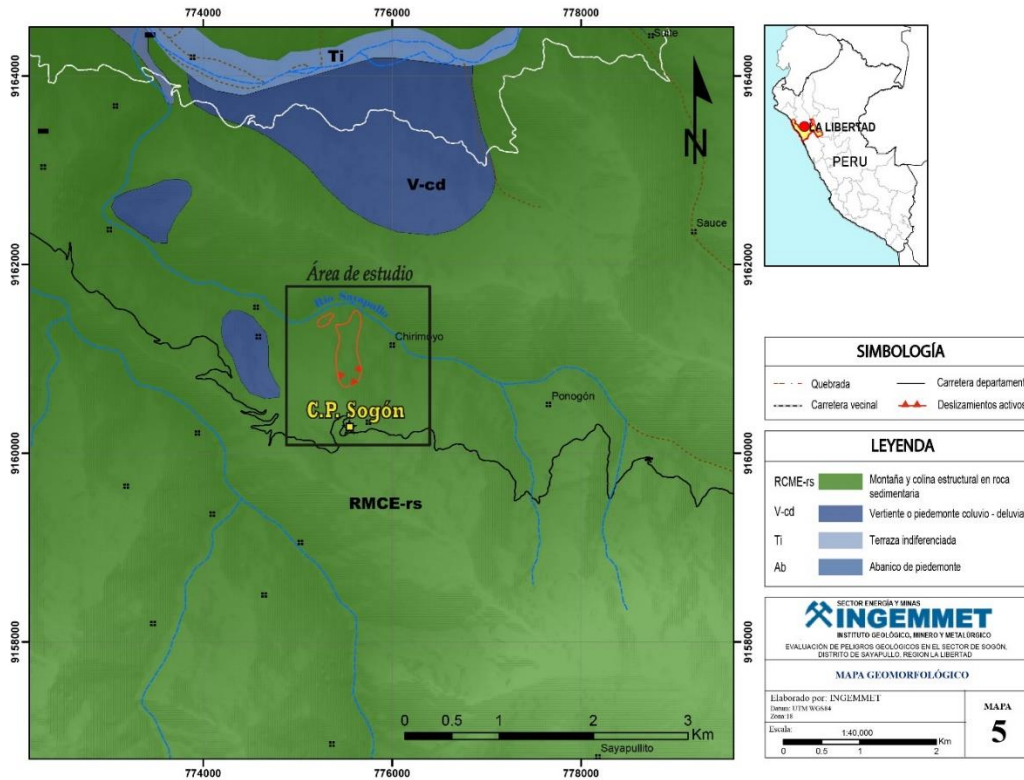


Figura 11. Mapa geomorfológico en el área de estudio. Fuente: INGEMMET, 2017

4. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

El peligro geológico reconocido en la zona evaluada, según la clasificación del Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2000, le corresponde a un movimiento en masa, tipo deslizamiento (figura 12).

El deslizamiento de Sogón es un movimiento de roca y detritos ladera abajo, condicionado por factores condicionantes (geología y pendiente) y asociados a factores desencadenantes (lluvia y riego excesivo de terrenos de cultivo) que detonan el movimiento. Cuando estos factores provocan la inestabilidad del talud, el terreno se convierte en una zona inestable que termina en el desplazamiento de grandes masas de roca/detritos a través de una superficie.

El cartografiado dinámico y la fotointerpretación de la imagen satelital de terraincognita, muestra un deslizamiento, presenta escarpa circular y salto de 89 m, longitudinalmente se extiende a lo largo de 670 m, con dirección al río de Sayapullo. El caserío de Sogón se encuentra a solo 315 m de la cabecera del deslizamiento activo.

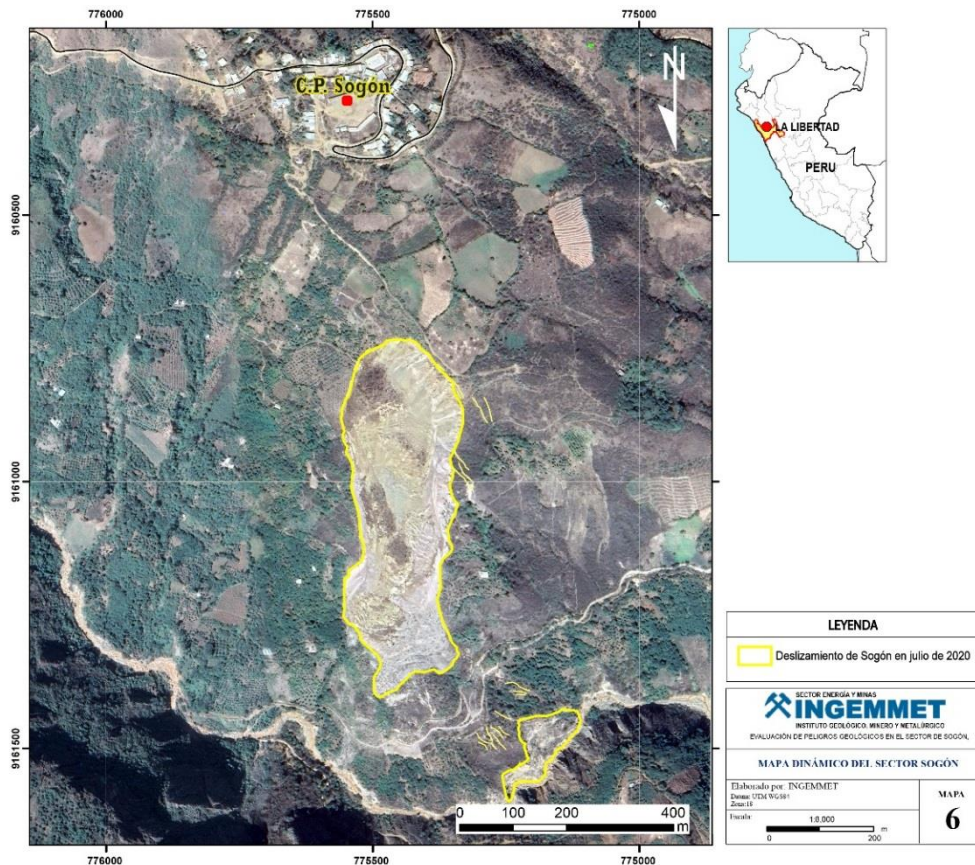


Figura 12. Zona de deslizamiento activo en el caserío de Sogón.

4.1. Identificación y caracterización del movimiento en masa

4.1.1. EVOLUCIÓN MULTI-TEMPORAL DEL DESLIZAMIENTO DE SOGÓN

Las imágenes multi-temporales de google earth muestran la evolución itemporal del deslizamiento de Sogón antes y después de su origen:

A) Estado del área de estudio en JUNIO DE 2017:

El caserío de Sogón se dedica a la producción de paltas, los terrenos de cultivo, se encuentran sobre una ladera con pendiente fuerte (15°- 25°) a muy fuerte (25°-45°), en la parte baja del caserío (figura 13). Según el testimonio de pobladores, estas plantaciones son regadas de 3 a 4 horas al día por persona.

Las imágenes satelitales de junio de 2017, muestra la presencia de caminos de trocha utilizados como acceso a terrenos de cultivo con el objetivo de sembrar y cosechar productos. El terreno de las plantaciones de platas presenta una coloración verdosa. La presencia anómala de áreas marrones, indica la existencia de pequeños deslizamientos, caídas o derrumbes en la zona de estudio.

Así mismo se observa alineamientos y/o aperturas que cortan terrenos de cultivo y áreas marrones (líneas blancas de figura 13A). La presencia de estas estructuras pudo ser la evidencia de la desestabilización del talud en esta zona.

B) Origen del deslizamiento en NOVIEMBRE DE 2018

En época de sequía, grandes masas de roca y detrito se desplomaron a 315 metros del caserío de Sogón destruyendo aproximadamente 15 ha de terrenos de cultivo de 15 familias, 1 vivienda, carreteras y caminos de trocha, el canal de Chirimoyo y postes de alumbrado público. La masa desplazada del movimiento cubrió y represó el río de Sayapullo, Sin embargo, este fue limpiado naturalmente por el cauce del río en los próximos meses.

Lo que comentas en el párrafo anterior, no dice lo del origen del deslizamiento.

Estado del deslizamiento:

- C) ENERO DE 2019: El deslizamiento tenía una geometría longitudinal, largo: 734 m y ancho: 195 m, su masa desplazada se extendía hasta el cauce del río. A 120 m al NW del deslizamiento de Sogón se observa otra zona agrícola afectada por la presencia de deslizamiento (figura 13B), según las imágenes satelitales previas, este movimiento se habría desencadenado entre noviembre de 2017 y enero de 2019.
- D) JUNIO DE 2019: El deslizamiento tenía un largo: 595 m y ancho: 205 m. La cabecera del deslizamiento retrocedió 35 m, mientras que en el pie 2.62 ha afectadas por la masa desplazada fueron nuevamente convertidas en áreas cultivables, reduciendo así las dimensiones del deslizamiento originado (figura 13C).
- E) JULIO DE 2020: El deslizamiento tenía un largo: 670 m y ancho: 228 m. La cabecera del deslizamiento retrocedió 80 metros en dirección al caserío de Sogón. Solo 1.52 ha de las 2.63 ha siguen siendo cultivadas en la parte baja del deslizamiento (figura 13D).

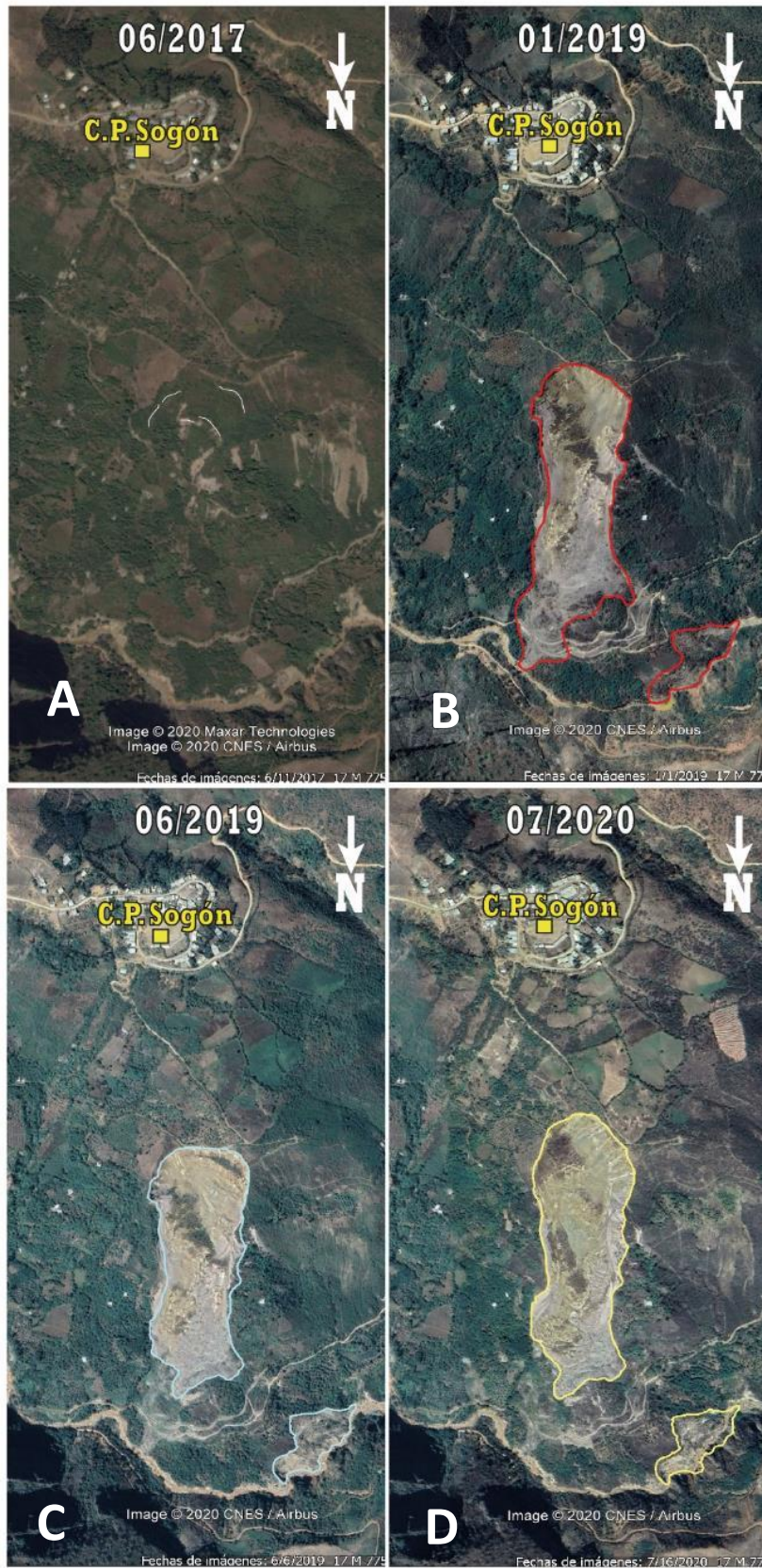


Figura 13. Evolución multi-temporal de deslizamiento de Sogón

4.1.2. ESTADO ACTUAL DEL DESLIZAMIENTO DE SOGÓN (noviembre de 2020)

El deslizamiento de Sogón es de tipo rotacional retrogresivo, porque su escarpa principal retrocede ampliando sus dimensiones temporalmente. Su escarpa expuesta de 89 m de salto, muestra la presencia de afloramientos de caliza, lutitas calcáreas (figura 14). Se observa también la presencia de bancos de margas en el flanco izquierdo del deslizamiento (figura 15 y 16).

En el momento de la inspección, en los flancos del deslizamiento se observó agrietamientos con aperturas de 10 a 20 cm (figura 15, 16 y fotografía 4).



Figura 15. Vista lateral del deslizamiento de Sogón.



Figura 16. Vista de bancos margosos y agrietamientos, en el flanco izquierdo del deslizamiento de Sogón.



Fotografía 4. Agrietamientos con saltos de 20 cm en el flanco derecho del deslizamiento.

La parte alta del deslizamiento de Sogón presenta hundimientos y aperturas en el terreno, debido a la presencia de humedad en el sector, producto del riego de plantaciones de palta (fotografía 5).



Fotografía 5. Sector húmedo por riego de plantaciones de palta

Los plantaciones de palta que no fueron destruidas en el flanco izquierdo por deslizamiento de Sogón, continúan siendo regadas a través de canales sin revetimiento. Sin embargo, se observó la presencia de muchos agrietamientos que evidencian la ampliación de las dimensiones del deslizamiento. Además de esto, se aprecian viviendas a solo 115 m del flanco derecho del deslizamiento (figura 17).



Figura 17. Vista de terrenos de cultivo y viviendas cerca al flanco derecho del deslizamiento

Según el testimonio de pobladores, antes del origen del deslizamiento, mencionan la presencia de ojos de agua con “gran caudal” en la parte media y baja del área de estudio. Después de que el deslizamiento ocurriera estos ojos de agua fueron enterrados por la masa de detritos desplazada y hasta la fecha no se encuentra el punto de desfogue de los mismos.

En los trabajos de campo, se observó presencia de flujos de agua. Localizados en la cabecera y flanco izquierdo del cuerpo del deslizamiento, esto ha condicionado una mayor erosión y socavamiento, por ello la generación de cárcavas de más de 5 m de longitud y 20 cm de apertura (figura 18).

En temporada de lluvia estas cárcavas pueden comportarse como canales activos, que generen mayor infiltración de agua en la cabecera y flanco izquierdo del deslizamiento de Sogón (figura 18).



Figura 18. Los flujos de agua han generado socavamiento / cárcavas sobre las lutitas calcáreas sobre la cual se asienta el caserío de Sogón. Ya sean estas naturales o antrópicas (elaboradas como canales no revestidos para el riesgo de terrenos de cultivo). A) a 10 m de la escarpa principal del deslizamiento. B) flanco izquierdo del deslizamiento

4.2. Daños que generó el deslizamiento de Sogón

El deslizamiento de Sogón, a la fecha ha destruido (figura 19):

- 15 hectáreas de terrenos de cultivo pertenecientes a 15 familias

Escarpa del deslizamiento – parte alta.

- En la escarpa del deslizamiento ha destruido 215 m de trocha y 180 m de camino de herradura al caserío de Sogón, estas eran las únicas vías de acceso a hectáreas cultivables de 55 familias en la parte baja. Actualmente los pobladores tienen que pagar para pasar por terrenos ajenos a recoger sus plantaciones, por no ser estos terrenos de uso público

La masa desplazada del deslizamiento – parte baja del área de estudio

- 1 vivienda en la parte baja del deslizamiento
- La masa desplazada del deslizamiento, cubrió la carretera de comunicación entre el caserío de Sogón y Chanchamayo.

- Destruyó postes de alumbrado público, que abastecía de luz al caserío de Chanchamayo.
- Afectó el canal de Chirimoyo, que abastecía de agua a los caseríos de Nuevo Mundo, Porvenir, Rancho, Farrat, La Franja, etc.

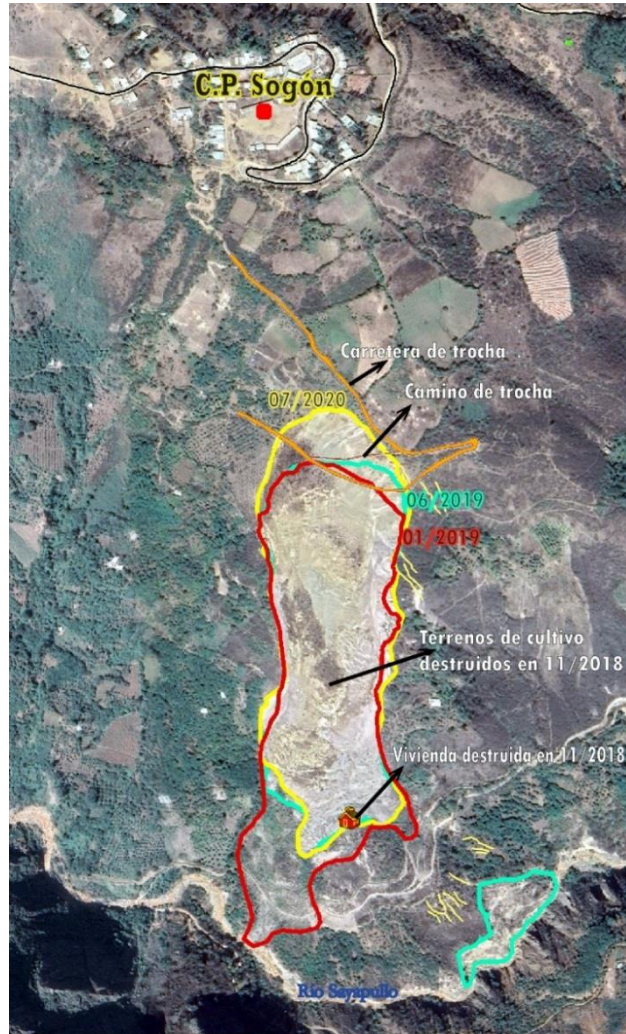


Figura 19. Daños que causó el deslizamiento de Sogón

4.2.1. MEDIDAS DE MITIGACIÓN REALIZADAS DESPUES DEL DESLIZAMIENTO DE 2018

En el 2018 se realizó:

- Colocación de geomenbranas, frente a la afectación de canal de Chirimoyo
- Reubicación y re-instalación del sistema de alumbrado público para el caserío de Chanchamayo.

4.2.2. SECTORES PROPENSOS A LA OCURRENCIA DE DESLIZAMIENTOS

En las imágenes de junio de 2017 se han identificado 4 zonas propensas a la ocurrencia de deslizamientos. Dos de estas cuatro zonas se reactivaron. Sin embargo, la zona 3 y 4 continúan siendo áreas propensas a la activación de deslizamientos de mayores dimensiones (figura 20).

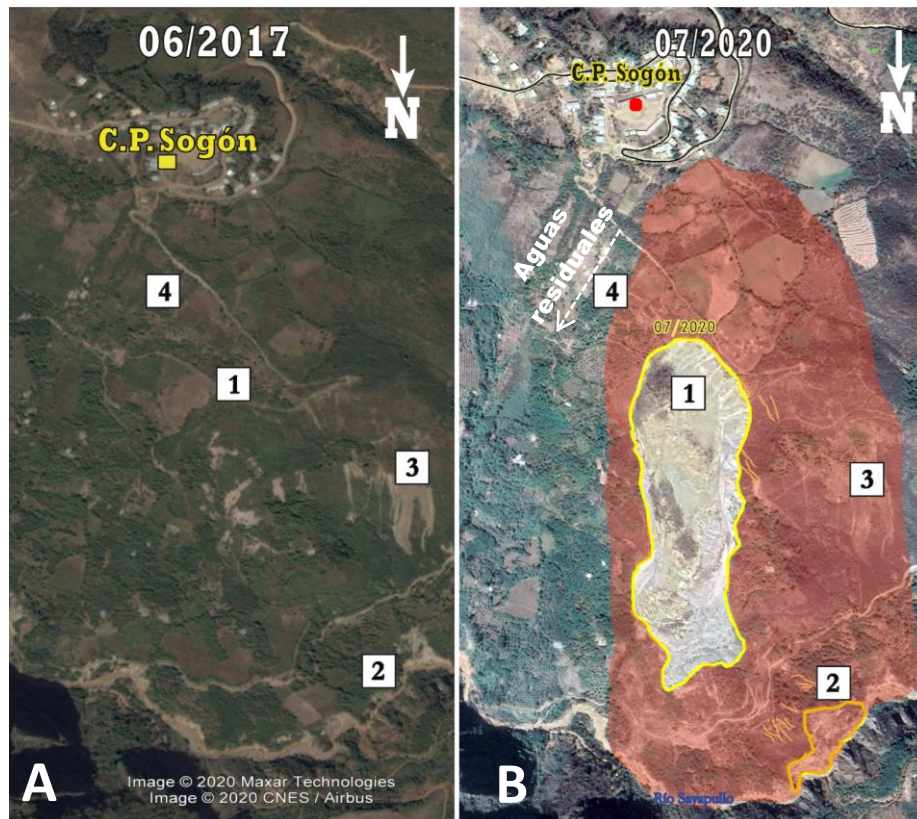


Figura 20. Zonas propensas a la ocurrencia del deslizamiento en el área de estudio. A) junio de 2017. B) julio de 2020

En el caserío de Sogón se ha observado que el desagüe se encuentra sin revestimiento y sus aguas residuales son enviadas a la quebrada. Según el testimonio de pobladores estas aguas residuales no tienen un desfogue en la parte baja y simplemente desaparecen (figura 20 B).

4.2.3. DAÑOS FUTUROS

La ampliación de las dimensiones del deslizamiento puede generar:

- Destrucción de hectáreas de terrenos de cultivo en la parte alta y a ambos flancos del deslizamiento de Sogón.
- Destrucción de lo que queda de la trocha, único acceso a terrenos de cultivo.
- Cierre del cauce del río de Sayapullo.

4.3. Factores condicionantes y desencadenantes

4.3.1. FACTORES CONDICIONANTES

- **PENDIENTE:** En el área se tienen montañas y colinas estructurales de pendiente fuerte (15°- 25°) a muy fuerte (25°- 45°). En estas ocurren mayor frecuencia deslizamientos.
- **GEOLOGÍA:** Tenemos rocas sedimentarias constituidas por calizas y lutitas calcáreas altamente fracturadas por la presencia un eje sinclinal, cartografiado sobre la zona de escarpa del deslizamiento de Sogón en el 2017. Además, se observó la presencia de depósitos coluvio – deluviales no consolidados de bloques de caliza y lutita calcárea envuelta en una matriz arcillo-limosa, donde se desarrollará la agricultura.

La escarpa principal del deslizamiento de Sogón, muestra afloramientos de la Formación Chulec, que se encuentran altamente fracturados. Mientras que ambos flancos del deslizamiento son mayoritariamente depósitos no consolidados coluvio – deluviales.

4.3.2. FACTORES DESENCADENANTES

- **INFILTRACIÓN DE AGUA:**

ANTRÓPICA: El riego excesivo de 80 ha de terrenos de cultivo con plantaciones de palta y el uso de canales no revestidos, sobre lutitas muy fracturada o depósitos residuales, contribuye notablemente en la infiltración de agua y aceleración del movimiento.

NATURAL - AGUA SUBTERRÁNEA: Según el testimonio de pobladores, la presencia de ojos de agua en la parte media del área dinámica activa era bastante caudalosa antes de la ocurrencia del deslizamiento. Es posible que dichos puntos de agua hayan existido también en la parte alta, generando infiltración sobre los depósitos fracturados de lutita y caliza.

Actualmente la masa desplazada cubrió esos puntos, generando la infiltración en terreno movido y mayor desplazamiento del deslizamiento en dirección del río

- **Lluvia:** Es intensa entre los meses de enero hasta mayo.
La infiltración de agua subterránea y superficial en ventanas de tiempo largo, pueden causar activación de deslizamientos durante y después del periodo lluvioso.
- **SISMOS:** Los sismos de gran magnitud, generan o activan deslizamientos.

5. CONCLUSIONES

- a) El área de estudio está conformada por calizas grises y lutitas calcáreas altamente meteorizadas y muy fracturadas de la Formación Chulec-Inca, cubiertos con depósitos coluvio - deluviales, en sectores son de uso agrícola.
- b) Geomorfológicamente, el área de estudio está formada por montañas y colinas estructurales en roca sedimentaria, con pendientes que varían de fuerte (15° -25°) a muy fuerte inclinación (25° - 45°). Estas características asociadas a la geología clasifican el área con un grado de susceptibilidad **muy alta**.
- c) El peligro geológico reconocido en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo '**deslizamiento rotacional**' con avance retrogresivo, debido a que la escarpa principal del deslizamiento retrocedió 115 m, desde noviembre de 2018 (origen) a noviembre de 2020. Este movimiento destruyó 15 ha de terrenos de cultivo, 01 vivienda, carreteras y caminos de trocha, un tramo del canal de riego del caserío de Chirimoyo y postes de luz del sistema de alumbrado público del caserío de Chanchamayo.
- d) Las medidas de mitigación realizadas meses después de la ocurrencia del deslizamiento, fueron: El restablecimiento del sistema del canal y alumbrado público de los caseríos de Chirimoyo y Chanchamayo. Sin embargo, a la fecha, el sector de Sogón no tiene una vía de uso público, que permita a los pobladores cruzar a sus terrenos de cultivo a sembrar o recoger sus plantaciones de palta.
- e) En el área de estudio se identificó 4 zonas con deslizamientos, dos activos y la otras que pueden activarse en un futuro. Las condiciones de inestabilidad persisten.
- f) De continuar el avance del deslizamiento de Sogón, podría destruir más tramos de la trocha de acceso al poblado y terrenos de cultivo, el primero por estar ubicado cerca del escarpe principal, los segundos ser colindantes al escarpe principal y flancos del deslizamiento. El caserío de Sogón se encuentra a solo 315 m de la escarpa principal del deslizamiento activo.
- g) Por las condiciones geológicas del sector (litología, geomorfología y pendiente) se considera como **peligro alto**.
- h) Los factores condicionantes del deslizamiento de Sogón son la pendiente y la geología, mientras que sus factores desencadenantes son la infiltración de agua antrópica (riego excesivo de terrenos de cultivo) y natural (presencia de ojos de agua) y sismos de gran magnitud.

6. RECOMENDACIONES

- a) Revestir los canales de riego o usar mangueras que no permitan la infiltración de agua en el suelo.
- b) Cubrir las cárcavas generadas por erosión y zanjas antrópicas usadas como canal de riego precario, esta actividad es de accionar inmediato y antes de la temporada de lluvia.
- c) Realizar un nuevo trazo de trocha para acceder a los terrenos de cultivo, este no debe cruzar las zonas propensas a deslizamientos, descritas en el informe.
- d) Dejar de regar terrenos de cultivo ubicados cerca del cuerpo del deslizamiento.
- e) Reducir las horas de riego diario en el sector de Sogón, se debe desarrollar técnicas adecuadas para el riego de cultivos, como aspersión o goteo.
- f) Desarrollar un adecuado sistema de drenaje en el sector de Sogón.
- g) En el cuerpo del deslizamiento realizar un sistema de drenaje pluvial, a fin de evitar la infiltración del agua al subsuelo.
- h) Construir un canal de coronación en la parte alta del deslizamiento.



Ing. NORMA LUZ SOSA SENTICALA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET



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

7. BIBLIOGRAFÍA

Benavides V. (1956) Cretaceous System in northern Perú.-Amer. Mus. Nat. Hist. Bull., 108, 352-494.

Carta Geológica Nacional (1995), Actualizado de Wilson J., Reyes L., Garayar J.. (1967). "Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamaba, Corongo, Pomabamaba, Carhuaz y Huari". Boletín N°60. Serie A. INGEMMET.

Cossio A & Jaén H. 1967. Geología de los cuadrángulos de Puémape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa 16-d, 16-e, 16-f, 17-e, 17-f, 18-f - [Boletín A 17] INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 17141p.

GEMMA. 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, 2007.

INGEMMET 2017. Base geológica Cossio A. & Blanco E. (1967). Mapa geológico del cuadrángulo de Otuzco 16f, Serie A: Carta Geológica Nacional. escala 1: 100 000.

INGEMMET 2017. Base geológica Reyes I. (1980) Mapa geológico del cuadrángulo de Cajabamba 16f, serie A: Carta Geológica Nacional escala 1: 100 000.

Medina L., Luque G., Pari W. (2012). Riesgos geológicos en la región La Libertad. Boletín N° 50. Serie C. INGEMMET.

Reyes L. 1980. Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajambamba 15-f, 15-g, 16-g. INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 31. 67p