

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7133

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN SECTOR DEL RÍO SHITAUARA: PARTE ALTA DEL CASERÍO DE SAN JUAN DE CAPACHIQUE

Región La Libertad
Provincia Otuzco
Distrito Usquil



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 sector de río Shitahuara: Parte alta del caserío de San Juan de Capachique, distrito de Usquil, provincia de Otuzco, región La Libertad. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7133, 30 p.

ÍNDICE

RESUMEN	4
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	9
2.1. Unidades litoestratigráficas	9
2.1.1. FORMACIÓN CHULEC (Ki-chu).....	9
2.1.2. FORMACIÓN INCA (Ki-in).....	10
2.1.3. FORMACIÓN CARHUAZ (Ki-ca).....	10
2.1.4. FORMACIÓN FARRAT (Ki-f).....	10
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	13
3.1. Pendientes del terreno	13
3.2. Unidades geomorfológicas	14
3.2.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL	14
3.2.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL	14
4. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA	16
4.1. Identificación y caracterización del movimiento en masa	17
4.1.1. EVOLUCIÓN MULTI-TEMPORAL DEL MOVIMIENTOS EN MASA	17
4.1.2. DINÁMICA DE LOS MOVIMIENTOS EN MASA EN EL SECTOR DE SAN JUAN DE CAPACHIQUE	19
4.1.3. PERFILES DEL ÁREA DE ESTUDIO	22
4.2. Daños que generaron los multi-peligros en el área de estudio	26
4.3. Factores condicionantes y desencadenantes	27
4.3.1. FACTORES CONDICIONANTES.....	27
4.3.2. FACTORES DESENCADENANTES	28
5. CONCLUSIONES	29
6. RECOMENDACIONES	30
7. BIBLIOGRAFÍA	30

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizados en el caserío de San Juan de Capachique, perteneciente a la Municipalidad Distrital de Usquil, provincia de Otuzco, 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).

Geológicamente, las unidades litoestratigráficas del área de estudio, está conformadas por depósitos coluvio – deluviales no consolidados que cubren en gran potencia a areniscas grises y blancas, lutitas grises y cuarcitas altamente fracturadas y meteorizadas de la Formación Carhuaz (Ki-ca) y Farrat (Ki-f).

Las unidades geomorfológicas del área de estudio están conformadas por vertientes coluvio – deluviales y montañas estructurales en roca sedimentaria, cuyas pendientes varían de media (5° - 15°) a abrupta inclinación (> 45). Estas características del relieve, son factores que condicionan la ocurrencia de movimientos en masa de tipo deslizamientos y caída en el sector.

El área de estudio es una zona agrícola, cuyos terrenos de cultivo son regados por gravedad y aspersión con agua procedente de canales precarios sin revestimiento. Según el registro de la estación meteorológica de Capachique, la lluvia es muy intensa en los meses de febrero a abril, ha alcanzado picos históricos entre 274 mm/mes a 609 mm/mes entre 1966 y 1987. La presencia de infiltración por mal uso del sistema de riego y lluvias intensas condicionan la inestabilidad del terreno.

El área de estudio se ubica a 1.5 km al NE del caserío de San Juan de Capachique y abarca una extensión de 2.6 km a lo largo del río Shitahuara. En noviembre de 2018, se desarrollaron movimientos en masa de tipo deslizamientos, derrumbes-caídas y flujos de deslizamiento a ambos flancos y en la parte alta del río Shitahuara. Sin embargo, es en el flanco izquierdo del río Shitahuara donde la activación de un deslizamiento de detritos y tierra destruyó 15 hectáreas de terrenos de cultivos y viviendas pertenecientes a 9 familias del caserío de San Juan de Capachique. Según el testimonio de los afectados, el evento comenzó con la presencia de grietas y ligeros desplazamientos del terreno, razón por la cual los pobladores retiraron oportunamente su ganado y abandonaron el lugar, una semana después de este accionar se produjo un deslizamiento de 561 m x140 m.

Se concluye que, (1) la zona evaluada es propensa a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo deslizamientos y derrumbes-caídas por el exceso de riego de terrenos de cultivos y/o mal sistema de drenaje. (2) La presencia de lluvias intensas y activación del río Shitahuara puede causar un flujo de detritos (huayco) de gran magnitud, que arrastre la masa de tierra acumulada a ambos flancos del río Shitahuara. (3) El actuar inmediato de los pobladores frente a la presencia de agrietamiento en el terreno, evitó la pérdida de vidas humanas y ganado.

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

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 (ACT11)”, 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 Gobierno Regional de La Libertad, según oficio N° 16-2019-DGRD-MPO/PDCO/P, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos, que comprende observación y toma de datos de campo, recopilación de información de datos y testimonios de población afectada, e interpretación de imágenes satelitales temporales en gabinete. Los peligros identificados fueron originados en noviembre del 2018, a lo largo de 2.6 km del río Shitahuara, el cual destruyó terrenos de cultivos y viviendas de 9 familias, postes de alumbrado público, caminos de trocha, tuberías del canal Suzo – Shitahuara y el canal de Unquio.

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 San Juan de Capachique, la cual se llevó a cabo el 24 de noviembre de 2020.

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 dinámico y tomas fotográficas), y finalmente los trabajos post-gabinete (elaboración de mapas, fotointerpretación de imágenes satelitales multi-temporales) y redacción del informe técnico.

Este informe se pone a consideración del Gobierno Regional de La Libertad e instituciones técnico normativas del SINAGERD (INDECI y CENEPRED), a fin de proporcionar resultados de la inspección, conclusiones y recomendaciones que contribuyan dentro del marco de la gestión del riesgo de desastres.

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 San Juan de Capachique.
- b) Emitir conclusiones y recomendaciones que contribuyan 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 INGENMET, muestra que caserío de San Juan de Capachique está ubicado en una zona de media a muy alta susceptibilidad frente a la ocurrencia de movimientos en masa (figura 1 y cuadro 1).
- B) El boletín 50C: Riesgos geológicos en la región La Libertad 2012 muestra la descripción de la susceptibilidad de movimientos en masa en la región la Libertad (figura 1 y cuadro 1).

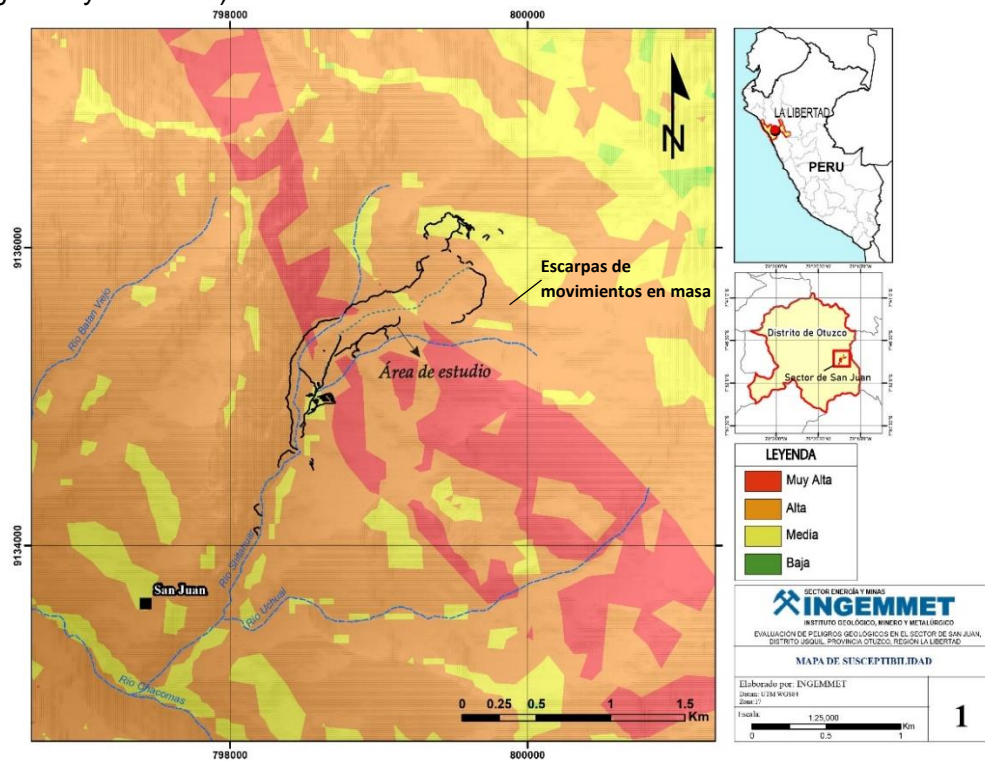


Figura 1. Mapa de Susceptibilidad a movimientos en masa del área de estudio. Fuente: Medina L., et al, 2012.

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 y derrumbes. El substrato rocoso es de mala calidad con rocas sedimentarias clásticas fracturadas y depósitos coluvio-deluviales, laderas de montañas con moderada a fuerte pendiente (entre 25° y 45°).	Prohibir el desarrollo de todo tipo de infraestructura.
ALTA	Generalmente, compromete sustratos rocosos sedimentarios compuestos por la intercalación de diferente tipo de litología (areniscas, calizas y arcillitas) muy alteradas o fracturadas. Generalmente son montañas con laderas de moderada a suave pendiente, laderas estructurales y lomadas muy disectadas. Los terrenos en este rango de susceptibilidad varían entre 15° y 25°, en algunos casos 45°.	Se sugiere restringir el desarrollo de infraestructura urbana o de instalaciones destinadas a una alta concentración de personas.

MEDIA	Zonas donde la región presenta algunas condiciones favorables para generar movimientos en masa. Incluyen geoformas de colinas estructurales. Con terrenos que varían entre 5° y 25°. Están asociadas a pendientes movimientos en masa y están asociadas a pendientes medias a fuertes.	
--------------	--	--

- C) El boletín N° 31, seria A, de la geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, hojas 15-f, 15-g, 16-g, describen las unidades geológicas presentes en la zona evaluada y sus alrededores, como las Formaciones cretácicas de Chulec, Inca, Carhuaz y Farrat.

1.3. Aspectos generales

1.3.1. UBICACIÓN

El área de estudio o sector del río Shitauara está ubicado a 1.5 km al NE del caserío de San Juan de Capachique, el mismo que pertenece al distrito de Usquil, provincia Otuzco, región La Libertad (figura 2), en las coordenadas UTM (WGS84 – Zona 17S), mostradas en el cuadro 2:

Cuadro 2. Coordenadas del área de estudio

N°	UTM - WGS84 - Zona 17L		Geográficas	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	797861	9134292	-7.823 °	-78.299°
2	798534	9134215	-7.823°	-78.293°
3	799456	9136273	-7.805°	-78.284°
4	799814	9135611	-7.811°	-78.281°
COORDENADA CENTRAL				
C	798974	9135468	-7.812°	-78.289°

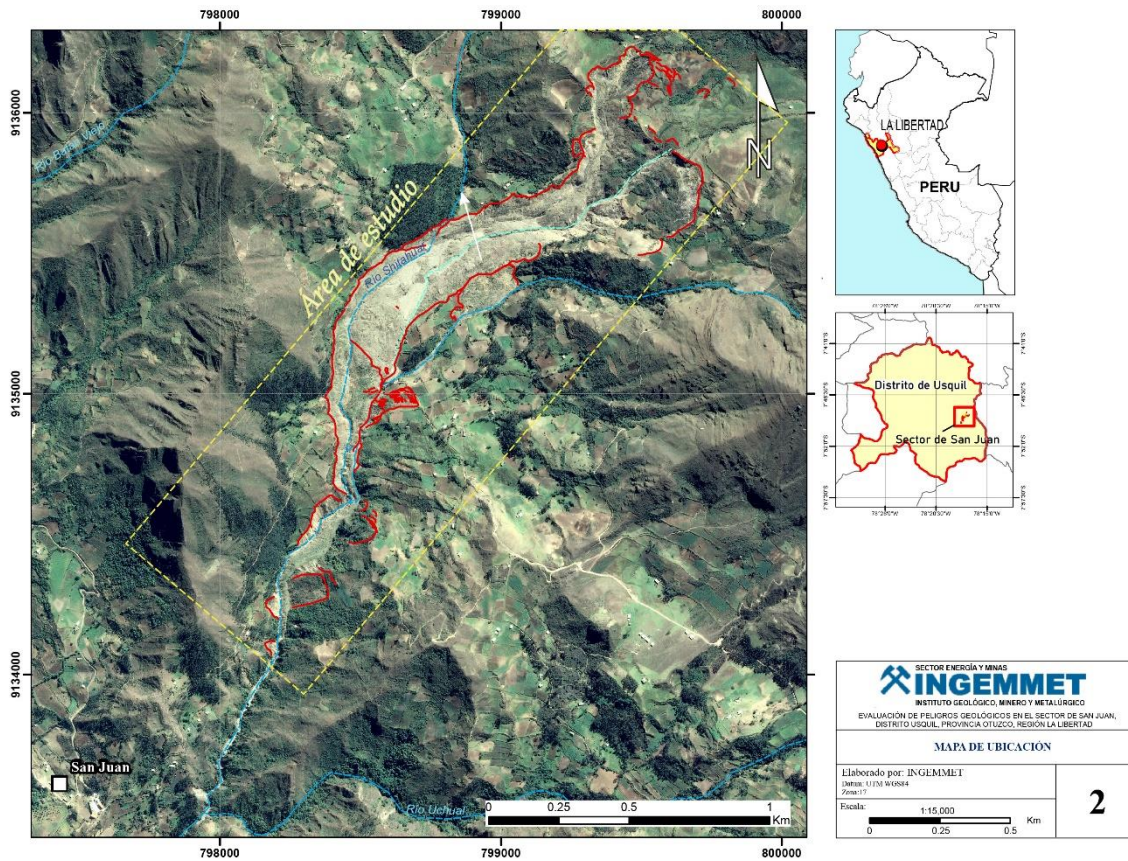


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio.

1.3.2. ACCESIBILIDAD

Teniendo como base la provincia de Lima, el área de estudio es accesible por la ruta Lima – Trujillo – Otuzco – San Juan de Capachique, a través de carreteras asfaltadas y trocha, con un total de 12 horas con 30 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 – Otuzco	Asfaltada	77	1h 55 min
Otuzco – Usquil	Asfaltada	43	1h 30 min
Usquil – Capachique - San Juan	Afaltada Trocha	35	1h 25 min 30 min

1.3.3. CLIMA

Según el Mapa climático Nacional del SENAMHI (2021), el caserío de San Juan de Capachique tiene un clima semi-seco frío, con precipitación semiseca, temperatura fría y humedad alta. 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) y de la estación meteorológica Capachique, ubicada a 3.5 km del caserío de San Juan de Capachique, cuenta con un registro de precipitaciones mensuales promedios entre 1966 al 1987 de 274 mm a 609 mm, tomados entre los meses de febrero a abril (periodo altamente lluvioso).

1.3.4. USO DE SUELOS

El sector del río Shitahuara – caserío de San Juan es una zona agrícola, que presenta extensos terrenos de cultivos de papa, maíz, olluco, etc. regados por gravedad y aspersión con agua procedente de los canales precarios y sin revestimiento de Suzo – Shitaguara y Unquio hasta febrero de 2018.

Después de la ocurrencia de movimientos en masa en el sector, las grandes masas de tierra removida destruyeron el canal de Unquio, la matriz del canal Suzo – Shitahuara y un tramo entubado del mismo. Además de viviendas y terrenos de cultivo de 9 familias del sector de San Juan.

Sobre el área de estudio se asentaba viviendas y hectáreas de terrenos de cultivo de 34 familias

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La descripción geológica se desarrolló en base a la carta geológica del cuadrángulo de Cajambamba , hoja 16g, , elaborado por (AUTOR) a escala (COLOCAR LA ESCALA DEL MAPA FUENTE); y descripción del boletín N° 31, serie A, de la geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, hojas 15-f, 15-g, 16-g. La geología es detallada y ratificada con las observaciones de campo.

2.1. Unidades litoestratigráficas

De acuerdo al mapa regional a escala 1: 100 000 (elaborado por autor, año), mostrado en la figura 3, en el área de estudio y sus alrededores afloran unidades sedimentarias del cretácico inferior, correspondientes a la Formación Inca (Ki-i), Formación Chulec (Ki-chu), Formación Carhuaz (Ki-ca), Formación Farrat (Ki-f). Sobre estas dos últimas se muestra una estructura geológica de eje de anticlinal inferido. A continuación, se describen detalladamente cada una de las unidades mencionadas:

2.1.1. FORMACIÓN CHULEC (Ki-chu)

La Formación Chulec es observada 1km al NE del área de estudio. Esta constituido litológicamente por una secuencia bastante fosilífera de calizas arenosas, lutitas calcáreas y margas, las que por meteorización adquieren un color crema-amarillento. Su aspecto terroso amarillento es una característica para distinguirla en el campo. Sus grosores varían de 200 a 250 m. con tendencia a aumentar hacia el suroeste.

Generalmente, los bancos de margas se presentan muy nodulosos y las calizas frescas muestran colores gris-parduzcos algo azulados (Reyes L., 1980).

2.1.2. FORMACIÓN INCA (Ki-in)

Esta formación geológica está ubicada 600 m al NE del área de estudio, concordante a la formación Chúlec y suprayace con la misma relación a la formación Farrat, con un aparente paso transicional. En varios lugares, se ha observado que gradualmente se intercalan areniscas calcáreas, lutitas ferruginosas y lechos de cuarcitas, dando en superficie un matiz amarillento (Reyes L., 1980).

2.1.3. FORMACIÓN CARHUAZ (Ki-ca)

La Formación Carhuaz de edad Cretácico inferior, presenta un eje anticlinal inferido en dirección SE -NW. Abarca ~1 km de la parte media del área de estudio y se encuentra en contacto con la Formación Farrat a ambos blancos del área de estudio. Litológicamente está constituida por una alternancia de areniscas con lutitas grises, las primeras con matices rojizos, violetas y verdosos, lutital negras y limolitas marrones (Reyes L., 1980) (fotografía 1).

2.1.4. FORMACIÓN FARRAT (Ki-f)

La formación Farrat abarca ambos flancos del área de estudio, dividido por la formación Carhuaz. Litológicamente está constituida por cuarcitas y areniscas blancas de grano medio a grueso, tiene un grosor promedio de 500 m (Reyes L., 1980) (Fotografía 2).



Fotografía 1: Bancos de arenisca con intercalaciones de lutitas



Fotografía 2: Bancos de cuarcita

2.1.5. DEPÓSITOS COLUVIO - DELUVIALES

Son depósitos no consolidados de bloques de cuarcita, arenisca lutitas y calizas envueltas en una matriz arcillo limosa, que cubren afloramientos de las Formaciones Carhuaz y Farrat (fotografía 3).

La presencia de agricultura cuyas plantaciones necesitan de abundante agua, son regadas precariamente, generando infiltración hídrica sobre los depósitos no consolidados. Esta actividad provoca inestabilidad del subsuelo y lo convierte en un área propensas a la activación de movimientos en masa como deslizamientos, caídas y flujo de detritos.



Fotografía 3: Depósitos coluvio - deluviales

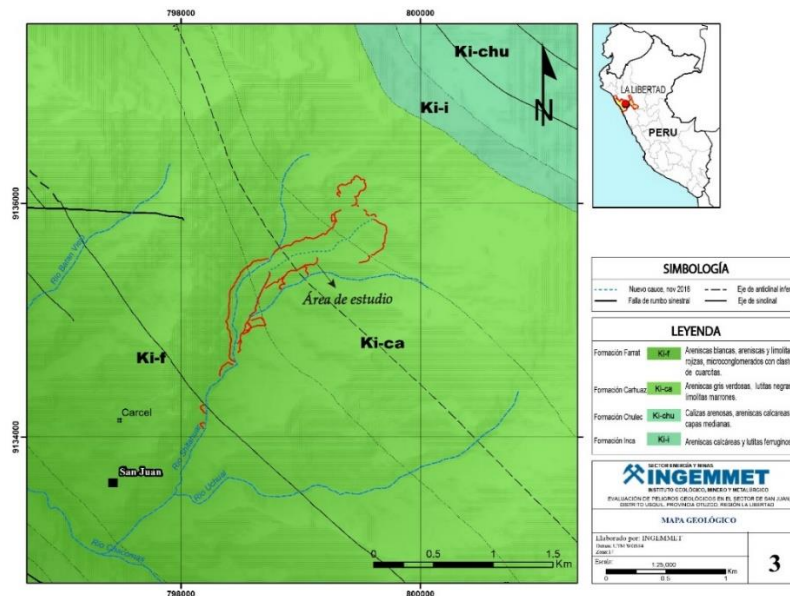


Figura 3. Mapa Geológico del área de estudio. Fuente: INGENMET 2017

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 media (5° - 15°) a abrupta (> 45°) (cuadro 4 y figura 7).

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

PENDIENTES	DESCRIPCIÓN
Media	Las laderas con inclinaciones entre 5° y 15° se consideran con susceptibilidad media a los movimientos en masa de tipo reptación de suelos, flujo de detritos.
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.
Abrupto	De acuerdo con esto, es fácil que ocurran movimientos en masa en laderas cuya inclinación tiene pendientes abruptas (>45°). También es alta la susceptibilidad a la erosión de laderas (surcos y en cárcavas) de colinas o montañas, bajo el criterio de que a mayor pendiente se facilita el escurrimiento superficial y, por ende, la erosión hídrica o pluvial será mayor.

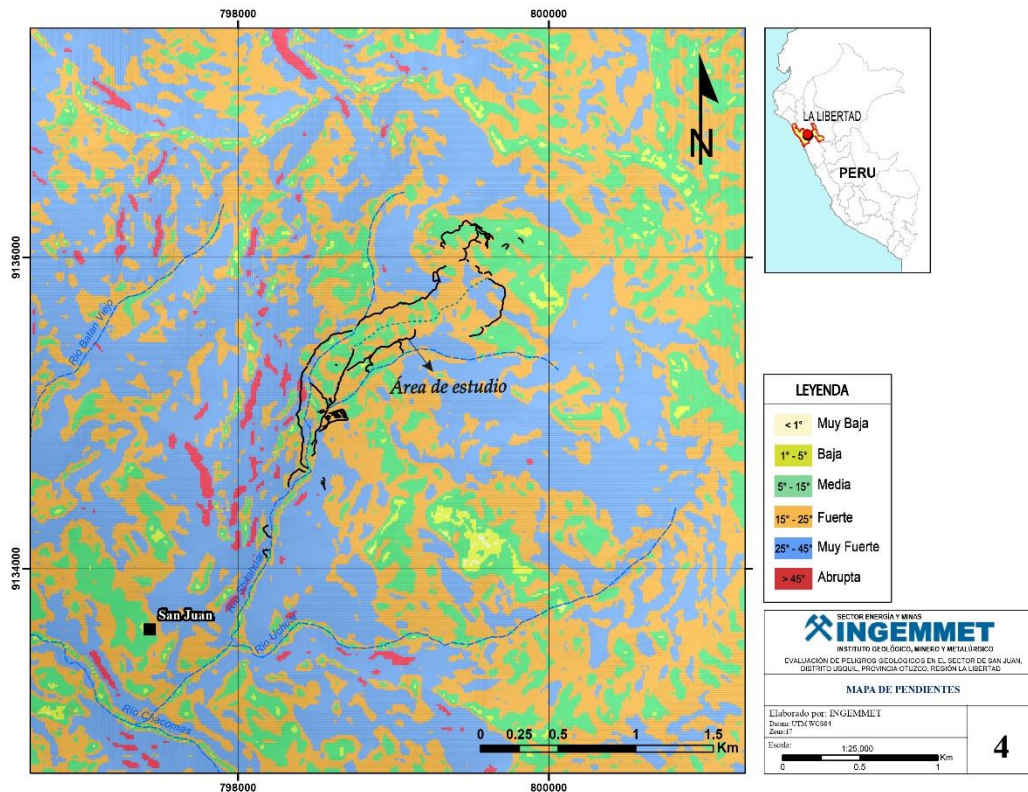


Figura 4. Mapa de pendientes.

3.2. Unidades geomorfológicas

El mapa geomorfológico a escala 1:100 000 del boletín de riesgos 50C, clasifica regionalmente el área de estudio como montañas estructurales en roca sedimentaria. Sin embargo, en cartografiado de campo y fotointerpretación en gabinete muestra zonas de vertiente coluvio – deluvial cubriendo sobre el área de estudio (figura 5).

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 estructurales en roca sedimentaria (RMCE-rs)

Se distribuyen ampliamente en la zona de estudio, incluye montañas (figura 5 y fotografía 4), con pendientes que varían de medias (5° - 15°) a abruptas (>45°) (fotografía 4). Litológicamente compuesta por secuencias sedimentarias de formaciones cretácicas (lutitas, cuarcitas, areniscas, etc.). Son en estas geoformas donde se observan movimientos en masa tipo caídas de rocas (fotografía 4).

3.2.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL

Están representadas por relieves formados por deposito o acumulación de sedimentos en piedemontes o vertientes.

3.2.2.1. Vertiente coluvio deluvial (V-cd)

En esta unidad se agrupan los depósitos de naturaleza coluvio-deluvial, producto de la denudación – transporte de sedimentos o deslizamientos históricos que pudieron ocurrir en el sector (figura 5 y fotografía 4). Estas vertientes son disectadas por ríos, en donde se observa mayor erosión de laderas y presencia de movimientos en masa.



Fotografía 4. Geformas de vertiente coluvio deluvial cubierto por vegetación. Al fondo se observa montañas sedimentarias con movimientos en masa tipo caídas.

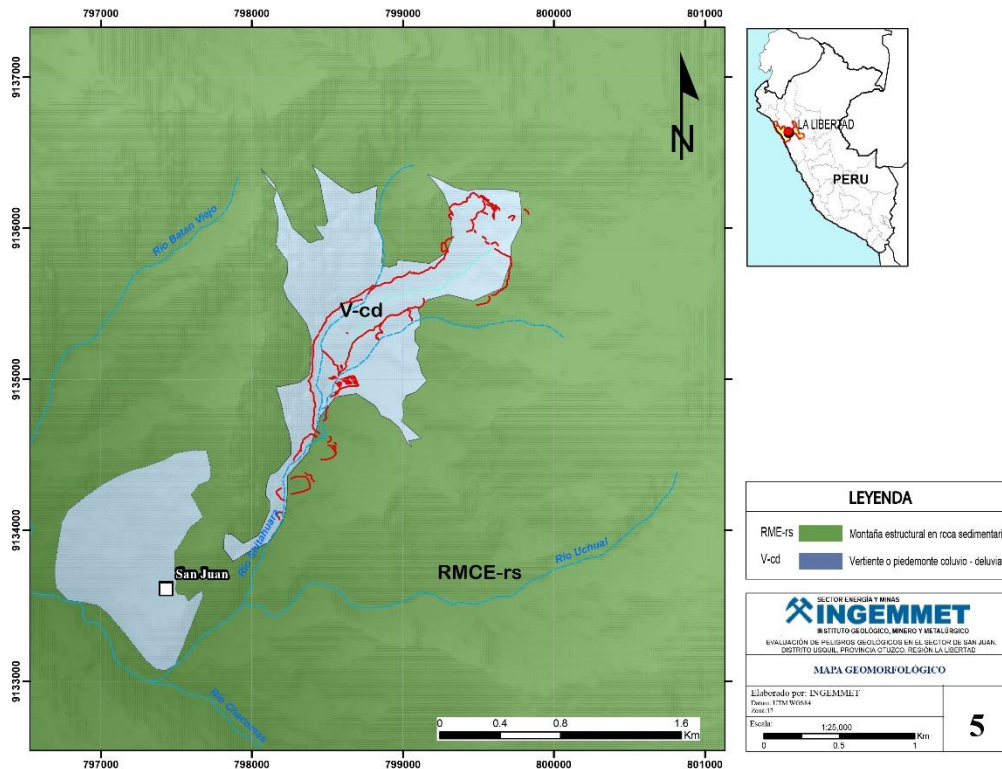


Figura 5. Mapa geomorfológico en el área de estudio. Fuente: Modificado de INGEMMET, 2017

4. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

El peligro geológico reconocido en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo deslizamiento, caídas y flujos de detritos (Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007) (figura 6).

En noviembre de 2018, a 1.6 km al NE del caserío de San Juan, se activaron deslizamientos, caídas y flujo de detritos en el flanco derecho e izquierdo del río Shitahuara. La masa desplazada de los deslizamientos, dio origen a flujos de detritos distribuidos en dirección NE-SW a lo largo de las quebrada y cauce del río (figura 6). Estos movimientos en masa cerraron, redujeron la profundidad y modificaron tramos del cauce del río Shitahuara

Las imágenes satelitales de Google Earth permitieron identificar más de 12 puntos de filtración en la parte alta de los deslizamientos, además de agrietamientos que evidenciarían la formación de nuevos deslizamientos sobre el terreno.

Estos movimientos en masa se desarrollan en depósitos no consolidados y pendiente con inclinación media a abrupta, asociados a desencadenantes como lluvia y riego excesivo de terrenos de cultivo. Por lo tanto, el área es considerado dinámicamente muy activo a la ocurrencia de movimientos en masa.

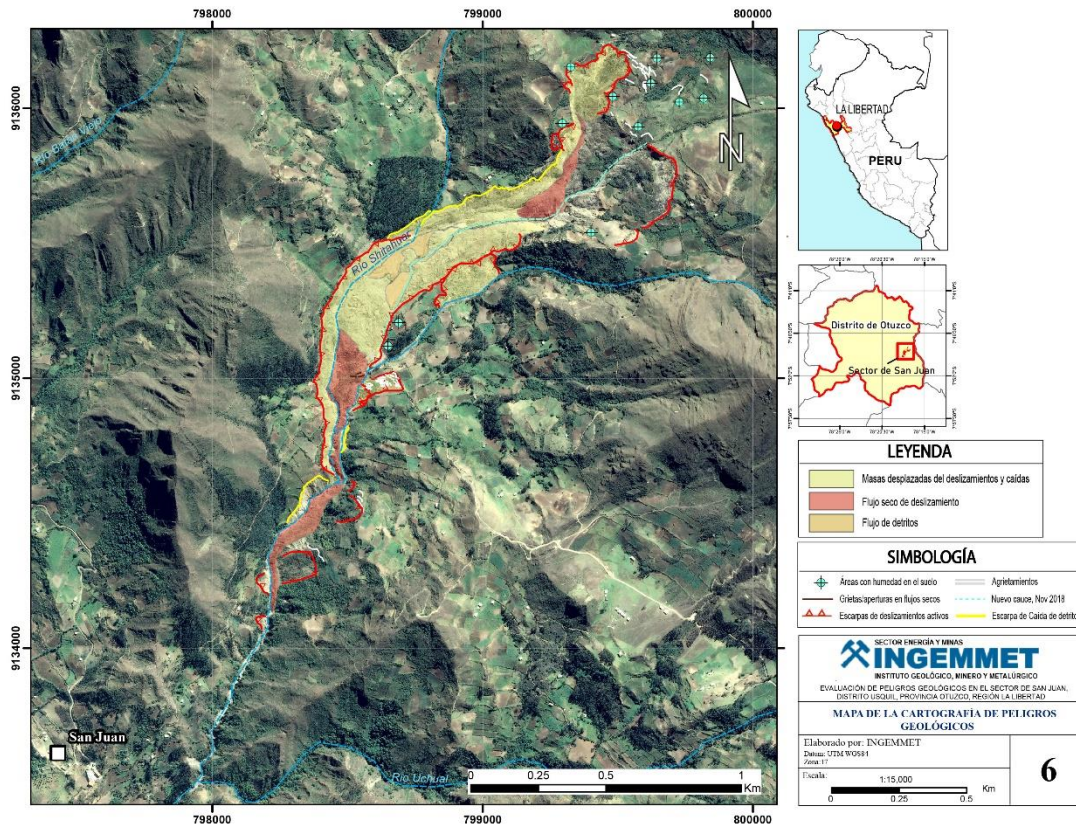


Figura 6. Cartografía de peligros geológicos

4.1. Análisis multi-temporal y estado actual peligros geológicos en el sector del río Shitauara

4.1.1. EVOLUCIÓN MULTI-TEMPORAL DEL MOVIMIENTOS EN MASA EN EL CASERÍO DE SAN JUAN

Ambos flancos del río Shitauara están constituidos por depósitos no consolidados coluvio deluviales, de geomorfología tipo vertiente coluvio deluvial con pendientes de inclinación media a abrupta. Por sus características litológicas, relieves y pendientes esta zona siempre ha sido propensa a la ocurrencia de movimientos en masa tipo deslizamiento, caídas y flujos.

Las imágenes multi-temporales de Google Earth muestran la evolución de movimientos en masas antes y después del evento de noviembre de 2018 (figura 7):

A) Antes del evento

Antes del evento de noviembre de 2018, se observa la existencia de los canales precarios de Unquio, Suzo – Shitahuara e infraestructura de la matriz del canal Suzo – Shitahuara (figura 15).

El canal precario de Unquio de dirección NNE a SSW y 850 m de longitud, estaba ubicado en la parte alta de la vertiente coluvio deluvial (dividida a su vez por el río Shitahuara y su afluente). Mientras que el canal precario de Suzo - Shitahuara de dirección N – S y más de 1.5 km de longitud cortaba el río Shitahuara y la quebrada de Suzo, 300 m de inicio de este canal era revestido con tubería, el resto del tramo no tenía revestimiento alguno. Canales que abastecían de agua de riego a 9 y 25 familias respectivamente.

Además, se observa la presencia de pequeños deslizamientos a lo largo del río Shitahuara.

B) Después del evento

En noviembre de 2018, grandes masas de tierra se desplomaron en una semana, desencadenando en deslizamientos, caídas, flujos de tierra y flujo de detritos a lo largo del río Shitahuara.

En la parte media del área de estudio, habitaban 9 familias del caserío de San Juan. En este sector el evento comenzó con la presencia de grandes grietas y desplazamiento de los terrenos de cultivo. Inmediatamente observado estos hechos, los pobladores retiraron sus animales y desocuparon sus viviendas. Una semana después del inicio del desplazamiento en el sector, grandes masas de tierra se desplomaron y destruyeron 8 postes de alumbrado eléctrico, caminos de trocha, el canal de Unquio, 300 m del canal

de Suzo – Shitahuara, viviendas y terrenos de cultivo de 9 familias del caserío de San Juan de Capachique.

C) Estado actual de los movientos en masa en el caserío de San Juan de Capachique (noviembre de 2020)

Área de estudio:

- La infraestructura de la matriz del canal Suzo – Shitahuara y 300 m de tubería del canal Suzo – Shitahuara fueron destruidos. Actualmente el canal es usado con agua proveniente de la quebrada que lo disecta, abasteciendo de agua de riego a 25 familias.
- El cauce del río Shitahuara fue modificado y reducido en profundidad por los deslizamientos y flujo de tierra de su masa desplazada.

Pueblo de San Juan de Capachique:

- Actualmente, las 9 familias afectadas se asentaron en el pueblo de San Juan de Capachique, los terrenos de cultivo y pertenencias destruidas no fueron recuperadas.



Figura 7. Evolución temporal del área de estudio.

4.1.2. EVIDENCIAS VISUALES DE ZONAS DE ESCARPA Y ACTIVACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DEL RÍO SHITAHUARA

En la zona de estudio. se ha cartografiado la presencia de veinte (20) escarpas de deslizamiento, cinco (05) escarpas de caída, dos (02) flujos de deslizamiento y dos (02) flujos de detritos (figura 8), estos peligros geológicos están ordenados de acuerdo a la longitud de su escarpa principal en los cuadros 5 y 6.

N°	TIPO DE PELIGRO	LONGITUD DE ESCARPA (m)
1	Deslizamiento	729.11
2	Deslizamiento	565.81
3	Deslizamiento	561.52
4	Caídas	502.66
5	Deslizamiento	473.17
6	Deslizamiento	437.19
7	Deslizamiento	396.21
8	Deslizamiento	318.14
9	Deslizamiento	303.11
10	Deslizamiento	278.60
11	Caídas	196.89
12	Deslizamiento	191.43
13	Caídas	189.59
14	Caídas	171.52
15	Deslizamiento	140.20
16	Deslizamiento	123.24
17	Deslizamiento	117.81
18	Deslizamiento	116.50
19	Deslizamiento	113.52
20	Deslizamiento	109.21
21	Deslizamiento	87.98
22	Caídas	82.50
23	Deslizamiento	73.67
24	Deslizamiento	68.91
25	Deslizamiento	53.91

Cuadro 5. Peligros identificados en la zona de estudio.

TIPO	ÁREA (m ²)
Flujo de deslizamiento N°2	23295
Flujo de detritos1	14148
Flujo de detritos 2	11779
Flujo de deslizamiento N°10	62163
Masa de deslizamiento	292673

Cuadro 6. Áreas de los peligros identificados em el área de estudio.

La figura 8, muestra el cartografiado de los peligros geológicos encontrados en el área de estudio y la dirección de flujo de cada uno.

PARTE ALTA:

La parte alta del área de estudio muestra la presencia de muchas escarpas de deslizamientos y caídas, uno de los movimientos más representativos de este sector, es el movimiento en masa de tipo compuesto, debido a que la activación del deslizamiento N° 2 desencadenó en un flujo que cubrió el cauce del río Shitahuara (figura 8A).

PARTE MEDIA Y BAJA:

En esta zona se desarrollaron algunos de los deslizamientos más grandes del área de estudio. Los deslizamientos N°3 y N°10 generaron los efectos más destructivos en los dominios del caserío de San Juan de Capachique (figura 8), como: La destrucción de terrenos de cultivo, viviendas, postes de alumbrado eléctrico, caminos de trocha y canales de riesgo, perdidas que afectaron directamente a 9 familias del caserío de San Juan de Capachique.

La figura 8B muestra la única vivienda que no fue destruida en el evento del 2018, a solo 5 m de la escarpa principal del deslizamiento N°10.

Al igual que en la parte alta, la masa desplazada del deslizamiento N°10 se comportó como un flujo seco de 1.7 km de extensión a lo largo del río Shitahuara (figura 8A y 8C), provocando la acumulación de detritos y tierra que redujeron la profundidad del río del mismo nombre (figura 8C).

La escarpa del deslizamiento N°9 muestra la presencia de agrietamientos de hasta 35 m y saltos de 11 metros en toda su zona de influencia (figura 8D).

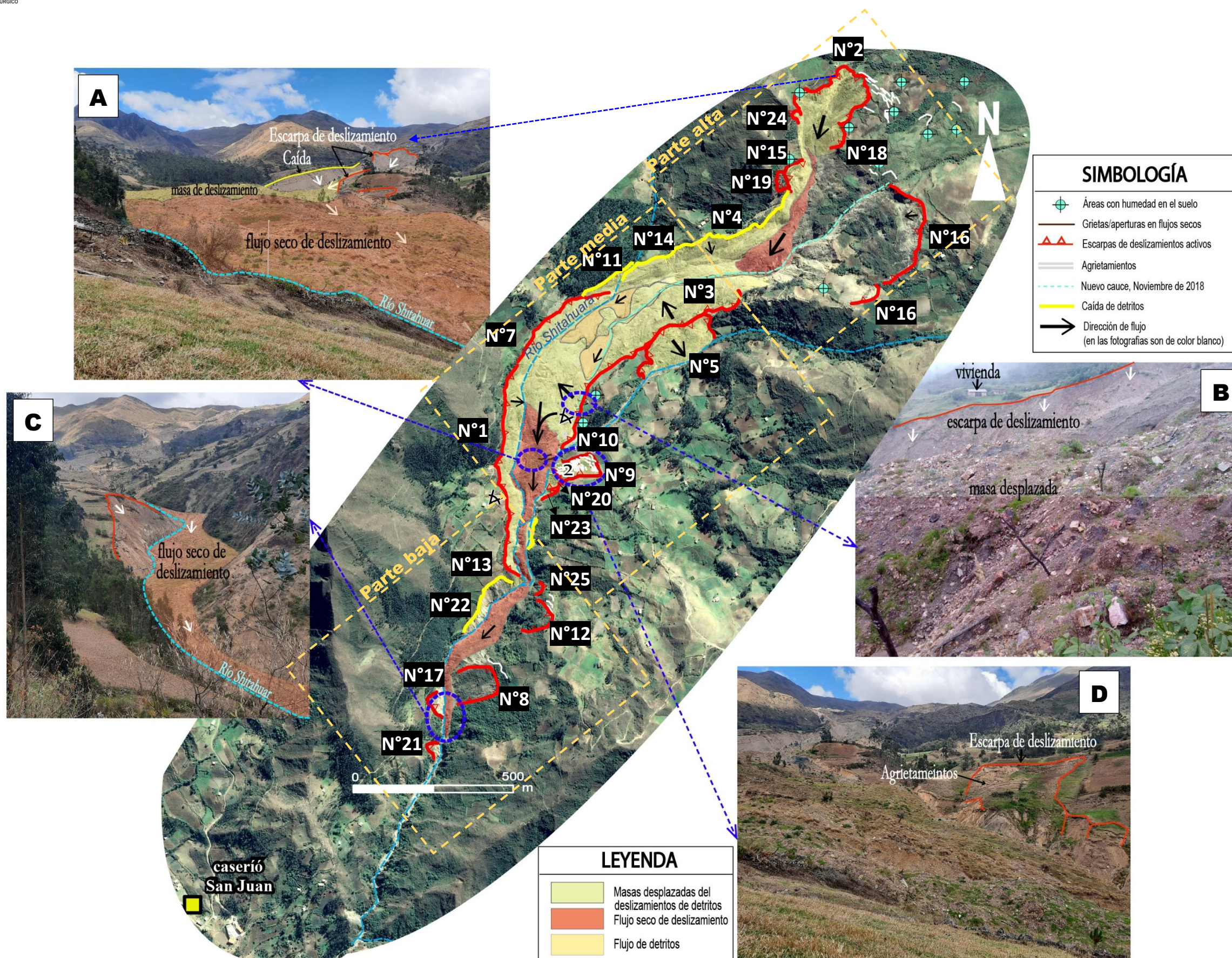


Figura 8. Dinámica de los movimientos en masa en el área de estudio

4.1.3. PERFILES DEL ÁREA DE ESTUDIO

Frente a la presencia de multi-peligros en el área de estudio, se desarrolló 4 perfiles para explicar la dinámica y evolución antes / después del evento de noviembre de 2018. Estos están distribuidos principalmente en la parte alta y media del área de estudio (figura 9).

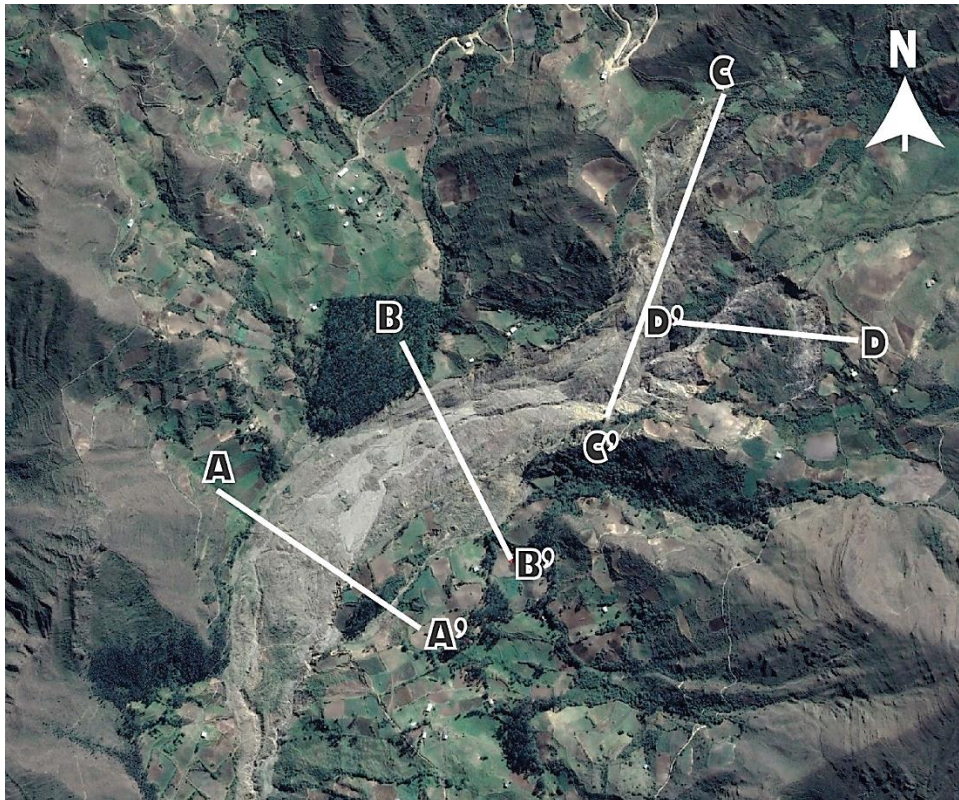


Figura 9. Perfiles de la parte alta y media del área de estudio.

El desarrollo de perfiles antes del evento de noviembre de 2018, fue desarrollado a través del uso de un modelo de elevación digital de 12.5 m de resolución, descargado de los archivos de instalación satelital de Alaska, con el objetivo de mostrar el relieve del área de estudio antes de que una serie de movimientos en masa ocurran en el sector. Mientras que los perfiles después del evento son una representación ideal del estado actual del área de estudio, en base a la observación en campo y fotointerpretación de imágenes satelitales, esto debido a que no se cuenta con un modelo de elevación digital post evento de 2018.

Perfil A – A' y Perfil B – B':

Estos perfiles, están ubicados en la parte media del área de estudio, en dirección NW – SE (figura 9). Se observa la variación del área de estudio antes (línea roja) y después del movimiento (línea amarilla con negra) (figura 10), con presencia de deslizamientos en el flanco izquierdo y derecho del río Shitahuara. El movimiento del flanco izquierdo destruyó principalmente viviendas y terrenos de cultivo de 9 familias, a partir del desprendimiento de

masas de detritos de un deslizamiento cuya escarpa actual se ubica donde anteriormente se ubicaba el canal de riego precario de Unquio (antes de que este fuera destruido por el mismo deslizamiento). Además, se observa la única vivienda que quedo a solo 5 m de la escarpa principal de deslizamiento (figura 10).

El perfil A- A' muestra que el canal precario de Unquio se encuentre casi en la parte más alta del flanco izquierdo del río Shitauara. Una vez en la parte más alta, el relieve del perfil se inclina hacia el otro cauce del río, en el perfil A –A' no hay presencia de movimientos en masa a causa de este cambio de relieve (figura 10). Sin embargo, en el perfil B - B' se observa un deslizamiento con dirección al SE (figura 11)

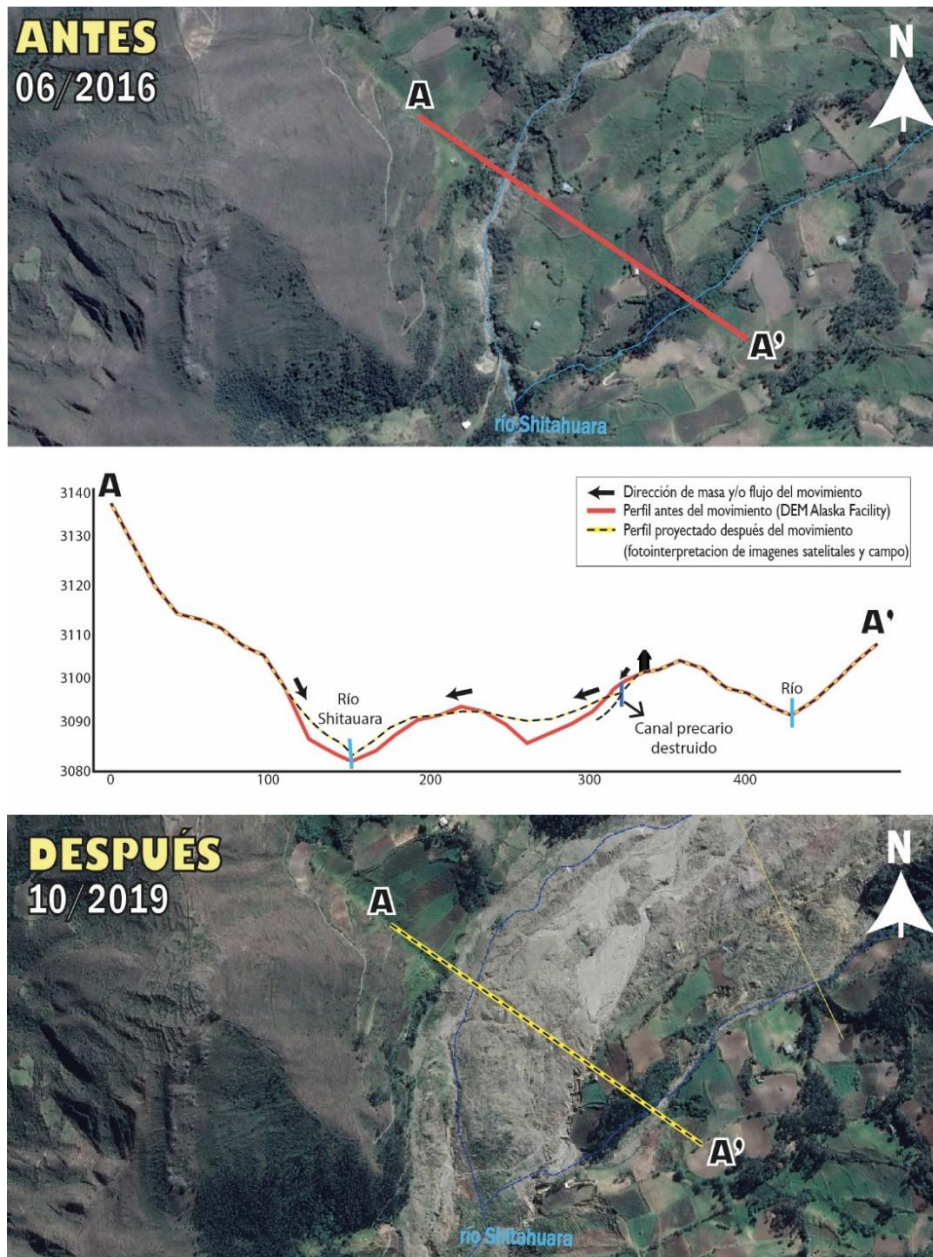


Figura 10. Perfiles A – A', antes y después del evento de 2018

El perfil B - B' tiene mayor desprendimiento de volúmenes de masas del deslizamiento en el flanco izquierdo del río Shitahuara (figura 11).

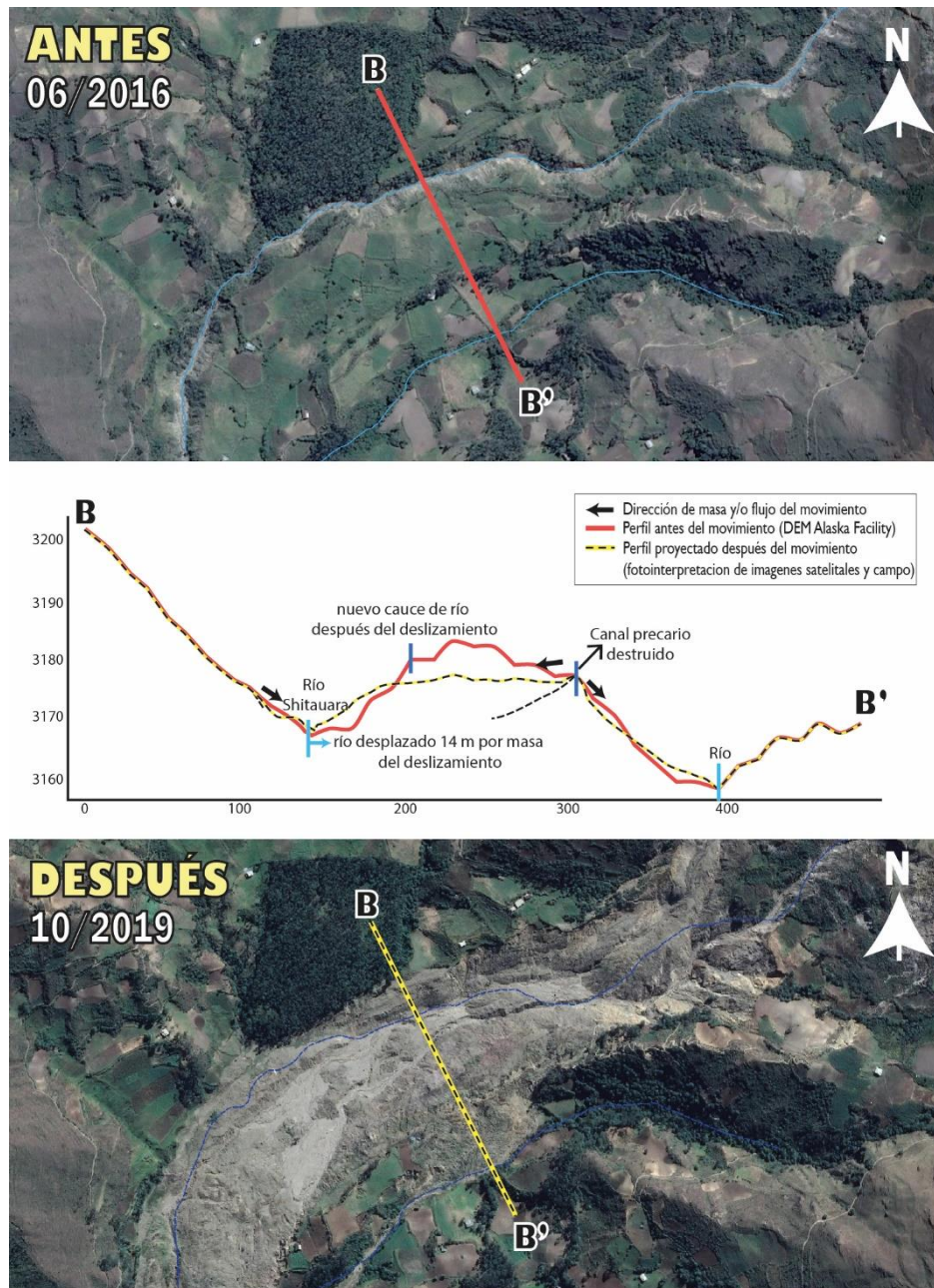


Figura 11. Perfiles B – B', antes y después del evento de 2018

Perfil C – C': Este perfil está ubicado en la parte alta del área de estudio, en dirección NNE – SSW (figura 9). Se observa la variación del área de estudio antes (línea roja) y después del movimiento (línea amarilla con negra) (figura 12). A lo largo del perfil se observa un movimiento compuesto de un deslizamiento que desencadenó en un flujo modificando el cauce del río Shitahuara. Este flujo de deslizamiento destruyó la matriz del canal Suzo - Shitahuara y desplazó el cauce del río a 113 m (figura 12).

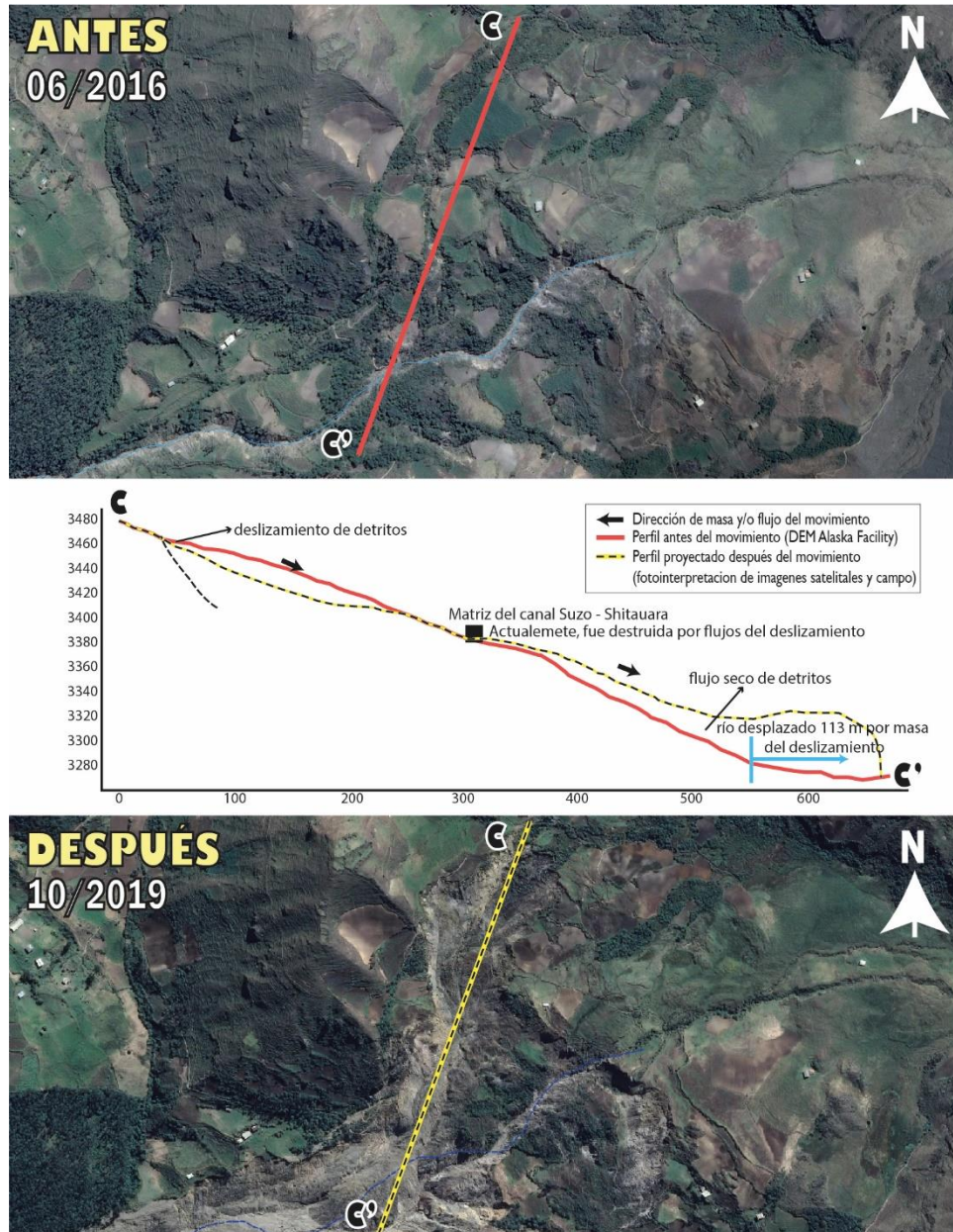


Figura 12. Mapa de pendientes.

Perfil D – D’: Este perfil está ubicado en la parte alta del área de estudio, en dirección E – W (figura 9). Se observa la variación del área de estudio antes (línea roja) y después del movimiento (línea amarilla con negra) (figura 13). Se observa la presencia de una escarpa de deslizamiento expuesta, con saltos de 60 m a 75 m. En la parte baja del perfil los derrumbes son afectados directamente por uno de los afluentes del río Shitahuara (figura 13).

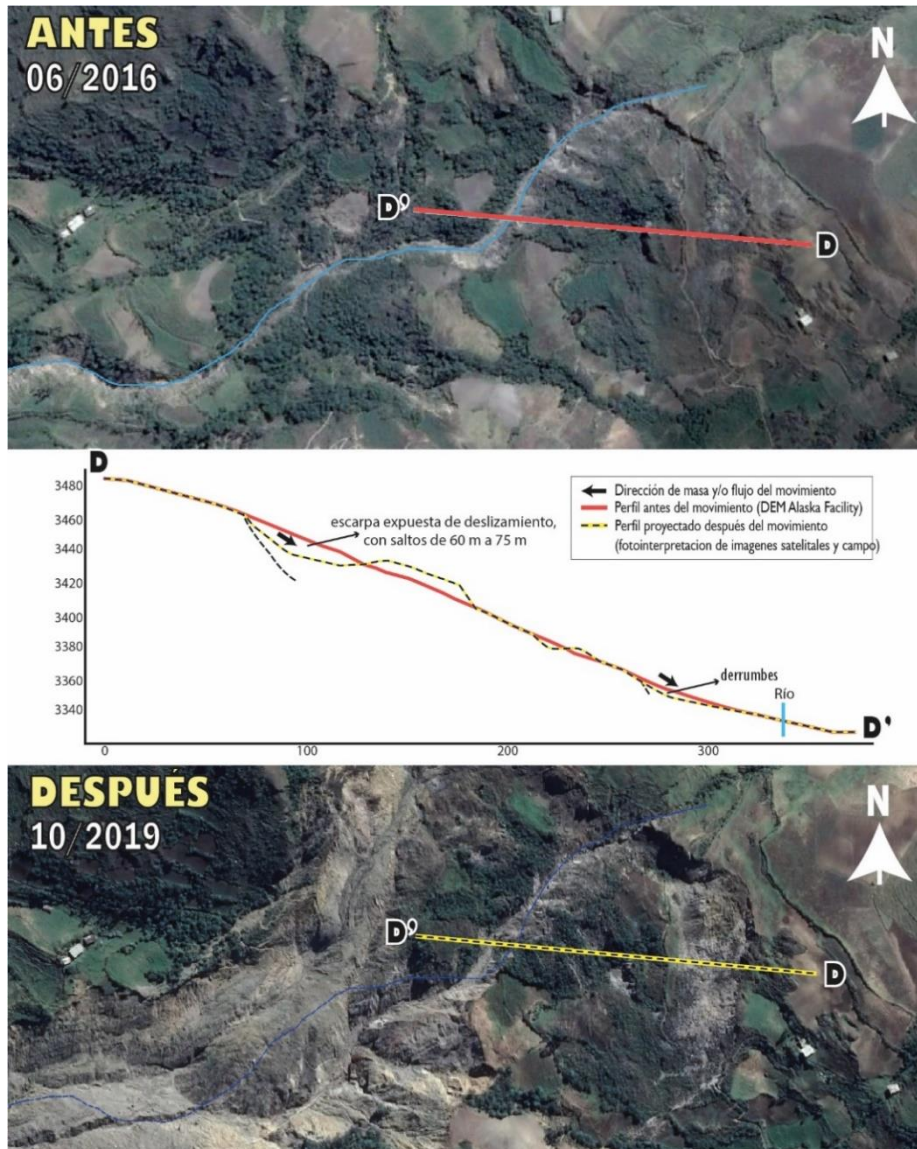


Figura 13. Mapa de pendientes.

4.2. Daños que generaron los multi-peligros en el área de estudio

Según el testimonio de los pobladores, los daños que ha generado la ocurrencia de movimientos en masa son:

Parte Alta

- Destrucción de hectáreas de terrenos de cultivo

Parte Media (Zona más afectada)

- Flanco derecho del río Shitahuara:

- Destrucción de hectáreas de bosques
- Flanco izquierdo del río Shitahuara:
 - Destrucción de postes de alumbrado eléctrico
 - Caminos de trocha
 - Destrucción del canal de Unquio,
 - Destrucción de 300 m del canal Suzo – Shitahuara
 - Destrucción de viviendas y 15 ha de terrenos de cultivo de 9 familias del caserío de San Juan de Capachique

La activación de deslizamientos, caídas y flujo de detritos ha generado desplazamiento de masas de tierra y detritos que modificaron del cauce del río Shitahuara y algunos de sus afluentes. Además de la reducción de la profundidad del río Shitahuara, principalmente en la parte baja del área de estudio

4.3. Factores condicionantes y desencadenantes

4.3.1. FACTORES CONDICIONANTES

- **PENDIENTE:** El área de estudio está definida por montañas y vertientes de pendiente media (5°- 15°) a abrupta (> 45°) inclinación. Es en estas pendientes donde ocurre con mayor frecuencia deslizamientos de detritos.
- **GEOLOGÍA:** La geología del área de estudio son rocas sedimentarias cretácicas de la Formación Carhuaz (Ki-ca) y Farrat (Ki-f). Sin embargo, potentes depósitos coluvio deluviales cubren estas formaciones dando lugar a movimientos en masa de tipo desliamiento y caídas. Estos depósitos coluvio – deluviales están conformados por bloques de cuarcita, arenisca, lutitas y calizas envueltas en una matriz arcillo limosa
- **GEOMORFOLOGÍA:** El cartografiado del área de estudio lo representa geomorfológicamente como una unidad de vertiente coluvio-deluvial, producto de la denudación y transporte de sedimentos. Estas vertientes son disectadas por ríos, en donde se observa con mayor frecuencia la erosión de laderas y presencia de movimientos en masa. La unidad de montaña estructurales en roca sedimentaria, se observa en la parte más alta del área de estudio.

4.3.2. FACTORES DESENCADENANTES

- INFILTRACIÓN DE AGUA:

ANTRÓPICA: Los canales de Unquio y Suzo-Shitahuara eran usados para regar más de 15 ha y 35 ha de terrenos de cultivo respectivamente, los sembríos son papa, maíz, olluco, etc. distribuidos a lo largo del área de estudio. Sin embargo, los canales de Unquio y Suzo – Shitahuara eran precarios y no revestidos, por lo que la infiltración de agua sobre los terrenos agrícolas era mayor, esto sumado a la gran cantidad de agua de riesgo que los sembríos necesitan, convierte al área de estudio en una zona altamente susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa.

NATURAL - AGUA SUBTERRÁNEA: Según el testimonio de pobladores, la presencia de ojos de agua y la laguna Suzo en la parte alta del área de estudio, genera permanentemente infiltración de agua.

Sobre el área de estudio se han identificado 12 áreas de humedad en el suelo

- PRECIPITACIONES: Hay lluvias intensas entre los meses de febrero a abril.

La infiltración de agua subterránea y superficial en ventanas de tiempo largo pueden causar el desencadenamiento de deslizamientos de grandes dimensiones meses después de un periodo lluvioso.

- SISMOS: La presencia de sismos de gran magnitud, desencadenan deslizamientos de grandes dimensiones

5. CONCLUSIONES

- a) Los factores condicionantes del área de estudio son la pendiente, la geología y la geomorfología mientras que sus factores desencadenantes son 1) la infiltración de agua antrópica (riego excesivo de terrenos de cultivo / filtración de agua por uso de canales precarios sin revestimiento) y natural (presencia de ojos de agua, zonas de humedad y lagunas en los alrededores del área de estudio). 2) Lluvias intensas y 3) sismos de gran magnitud.
- b) El área de estudio está conformada por depósitos coluvio – deluviales no consolidados que superponen en gran potencia areniscas – lutitas grises y cuarcitas – areniscas blancas de la Formación Carhuaz (Ki-ca) y Farrat (Ki-f).
- c) Geomorfológicamente, el área de estudio está formado por vertientes coluvio – deluviales y montañas estructurales en roca sedimentaria, con pendientes que varían de media (5° - 15°) a abrupta inclinación (> 45). Estas características asociadas a la geología clasifican el área con un grado de susceptibilidad **media a muy alta**, a la ocurrencia de movimientos en masa.
- d) Los peligros geológicos reconocido en la zona evaluada, corresponden a movimientos en masa de tipo 'DESLIZAMIENTOS, CAÍDAS y FLUJOS'. Se han cartografiado veinte (20) deslizamiento, cinco (05) derrumbes - caídas, dos (02) flujos de deslizamientos y dos (02) flujos de detritos. Este movimiento destruyó postes de alumbrado eléctrico, caminos de trocha, el canal de Unquio, 300 m del canal de Suzo – Shitahuara, hectáreas de bosques, 15 ha de terrenos de cultivo y viviendas de 9 familias del caserío de San Juan de Capachique.
- e) Las masas desplazadas de los deslizamientos y flujos ocurridos en el evento de noviembre de 2018 están distribuidas en gran potencia, a lo largo del flanco derecho e izquierdo del río Shitahuara y sus afluentes. Frente a la presencia de lluvias intensas y mayor caudal del río Shitahuara, se puede generar un flujo de detritos que se extienda a lo largo de la parte baja del río Shitahuara.
- f) La zona de estudio es propensa a la ocurrencia de movimientos en masas de tipo deslizamientos y caídas, por presencia de infiltración de agua en depósitos no consolidados y presencia de pendientes de inclinación media (5° - 15°) a fuerte (15° - 25°) cerca al río Shitahuara.
- g) El abandono inmediato de viviendas y terrenos de cultivo por parte de los habitantes del flanco izquierdo del río shitahuara, frente a la presencia de agrietamientos en el terreno, evitó la pérdida de vidas humanas y ganado.

6. RECOMENDACIONES

- A) Es recomendable revestir el canal Suzo – Shitahuara y cualquier otro canal de riego con geomenbranas o tuberías a lo largo de toda su trayectoria
- B) De ser reconstruida la matriz del canal Suzo – Shitahuara, esta debe ser re-ubicada a un sector libre de movimientos en masa.
- C) El área donde se desencadenó deslizamientos, caídas y flujos, en el evento de noviembre de 2018, no deben volver a ser usados como terrenos habitables, ni de cultivo.
- D) Se recomienda reducir las horas de riego diario sobre los terrenos de cultivo aun existentes o cambiar el tipo de sembrío utilizado.

7. BIBLIOGRAFÍA

Ana 2015. Página web. <http://sofia.ana.gob.pe/public/monitoring>

Proyecto Multinacional Andino: GCA,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 Reyes I. (1980) Mapa geológico del cuadrángulo de Cajabamba 16f, serie A: Carta Geológica Nacional escala 1: 100 000.

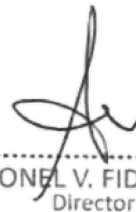
Medina L., Luque G., Pari W. (2012). Riesgos geológicos en la región La Libertad. Boletín N° 50. Serie C. INGEMMET.

SENAMHI, 2021. Mapa de clasificación Climática Del Perú. Cartilla Mapa Climático. 9p

Reyes L. 1980. Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajambamba 15-f, 15-g, 16-g - [Boletín A 31]



Norma Luz Sosa Senticala
Especialista en peligros geológicos
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico



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