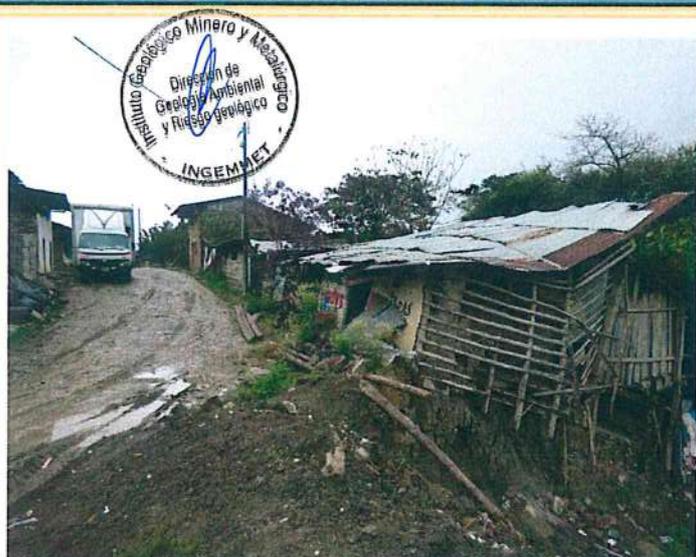


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6978

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS DE LA LOCALIDAD DE SANTA ROSA Y ZONA DE REUBICACIÓN

Región Cajamarca
Provincia Jaén
Distrito Santa Rosa



DICIEMBRE
2019

INDICE

RESUMEN	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS PREVIOS	3
3. ASPECTOS GENERALES	4
3.1. Ubicación y accesibilidad.....	4
3.2. Características de la zona de estudio.....	5
4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	5
5. ASPECTOS GEOLÓGICOS	7
5.1. Formación Celendín	7
5.2. Formación Chota.....	8
5.3. Depósitos coluvio-deluviales	8
6. PELIGROS GEOLÓGICOS	9
6.1. Deslizamientos y cárcavas (erosión de laderas).....	9
6.1.1. Deslizamientos y asentamientos en la I.E. 16173, quebrada sector oeste (D-1)	11
6.1.2. Deslizamiento sector sur Santa Rosa (D-2)	16
6.2. Flujos.....	18
6.2.1. Flujo de tierra del Sector San Juan del Alto - Santa Rosa (F-1)	19
6.2.2. Deslizamiento-flujo complejo deportivo Santa Rosa (F-2)	20
6.2.3. Megadeslizamiento-flujo en Santa Rosa (F-3)	22
6.3. Reptación	23
6.3.1. Reptación de suelos en Santa Rosa (R-1)	24
7. PELIGROS GEOLÓGICOS CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS DE REUBICACIÓN PROPUESTA POR POBLADORES	32
7.3.1. PROPUESTA 1 (RE-1)	32
7.3.2. PROPUESTA 2 (RE-2)	33
7.3.3. PROPUESTA 3 (RE-3)	33
7.3.4. PROPUESTA 4 (RE-4)	35
CONCLUSIONES	37
RECOMENDACIONES	39
REFERENCIAS	40

RESUMEN

A raíz de los peligros geológicos, como deslizamientos, reptación de suelos y otros, que afectan recurrentemente viviendas e infraestructura de su localidad, la municipalidad distrital de Santa Rosa, en el marco de la Gestión de Riesgo de desastres, solicitó al INGEMMET, como ente especializado en brindar asistencia técnico-científica; realizar la evaluación del lugar.

Es así que el INGEMMET, por medio de su Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, envió a sus profesionales para evaluar la localidad, así como lugares para la reubicación de instituciones educativas, propuestos por la municipalidad.

Durante los trabajos de campo se identificó un contexto geomorfológico predominante de relieve de montañas y colinas estructurales en rocas sedimentarias, con pendientes de hasta 30° en laderas, además de piedemonte coluvio deluvial relacionado a acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa.

La litología está constituida por afloramientos de rocas sedimentarias de las Formaciones Chota y principalmente Celendín, además de depósitos coluvio-deluviales.

En lo referente a los peligros geológicos se identificaron deslizamientos, reptación de suelos, flujos y procesos de erosión de laderas.

El mayor porcentaje del área urbana de la localidad de Santa Rosa está emplazada sobre un deslizamiento antiguo y es afectada directamente por peligros geológicos activos, pudiendo distinguirse su dinámica en la I.E. 16173, la quebrada y canalizaciones del sector oeste, el sector sur, Sector San Juan del Alto, el complejo deportivo, la casa parroquial, la I.E Inicial N°004, calles del norte y este, y otros sectores de la localidad.

La evaluación de las zonas de reubicación propuestas por la autoridad local, mostro que solo uno de los sectores inspeccionados presenta condiciones adecuadas.

Por las condiciones actuales, se considera a la capital de distrito Santa Rosa, como Zona Crítica de Peligro muy Alto a movimientos en masa, ante la ocurrencia de lluvias periódicas y eventos sísmicos. Se realizaron las recomendaciones del caso.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico-científico, incorpora, dentro de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), el apoyo y/o asistencia técnica a los gobiernos nacional, regional y locales; su alcance consiste en contribuir con entidades gubernamentales en el reconocimiento, caracterización y diagnóstico, de peligros geológicos en territorios vulnerables, con la finalidad de proporcionar una evaluación técnica que incluya resultados y recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención de fenómenos activos, en el marco de la Gestión de Riesgo de desastres.

La Municipalidad Distrital de Santa Rosa, mediante Oficio N°284-2017/MDSR-A, solicitó a nuestra institución, la evaluación técnica de peligros de geológicos de la localidad de Santa Rosa, a consecuencia de los movimientos en masa que ocurren en el lugar.

El INGEMMET, a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, designó a los Ings. Luis León y Leidy Vígo para realizar la inspección técnica el día 26 de agosto del 2019, donde se evaluó las zonas propuestas para reubicación.

Para esta evaluación, se realizaron los siguientes trabajos: Recopilación de información y preparación de mapas para trabajos de campo, toma de datos fotográficos y GPS, cartografiado, procesamiento de información y redacción de informe.

El presente informe se pone en consideración de la municipalidad distrital de Santa Rosa, Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, autoridades de locales y otras instituciones y funcionarios competentes, para la ejecución de medidas de mitigación y reducción de riesgo, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

2. ANTECEDENTES Y TRABAJOS PREVIOS

Informes desarrollados por la municipalidad distrital de Santa Rosa:

- a. Informe 296-2017-MDSR-DIDUR-ARGF, detallan la ocurrencia de un deslizamiento en el complejo deportivo Santa Rosa, activado y detonado por intensas precipitaciones suscitadas entre junio y julio de 2017.
- b. Informe 307-2017-MDSR-DIDUR-ARGF de julio del 2017, en la I.E. 16173, se identificaron daños estructurales y asentamientos, debido a la saturación del terreno ante la presencia de aguas subterráneas e intensas precipitaciones pluviales.
- c. Informe 391-2017-MDSR-DIDUR-ARGF, describe un deslizamiento en el Sector San Juan del Alto, ocurrido el 2 de setiembre del 2017, el cual afectó terrenos de cultivo y una cancha deportiva, a consecuencia de aguas subterráneas e intensas precipitaciones pluviales.

El sector de Santa Rosa no cuenta con estudios de peligros geológicos a detalle, sin embargo a su alrededor se tienen inventariados movimientos en masa como deslizamientos, derrumbes, flujos de detritos, además de erosión de laderas y otros procesos, que se han registrado en el Geocatmin.

3. ASPECTOS GENERALES

3.1. Ubicación y accesibilidad

La localidad de Santa Rosa se encuentra a aproximadamente a 40 km al noreste de la ciudad de Jaén, en el distrito de Santa Rosa, provincia de Jaén, región Cajamarca (figura 1), sobre los 1200 m.s.n.m., en las coordenadas WGS84 – 17S: 769660 O; 9398935 N.

El itinerario general desde Lima fue:

Ruta	Tipo de vía	Tiempo / kilometraje
Lima - Chiclayo	Carretera asfaltada	12 h / 780 km
Chiclayo - Jaen	Carretera asfaltada	6 h / 310 km
Jaen - Puente (Puerto Salinas)	Carretera asfaltada	1 h 40 m / 92 km
Puente (Puerto Salinas) - Montango - Santa Rosa	Trocha carrozable	6 h / 30 km

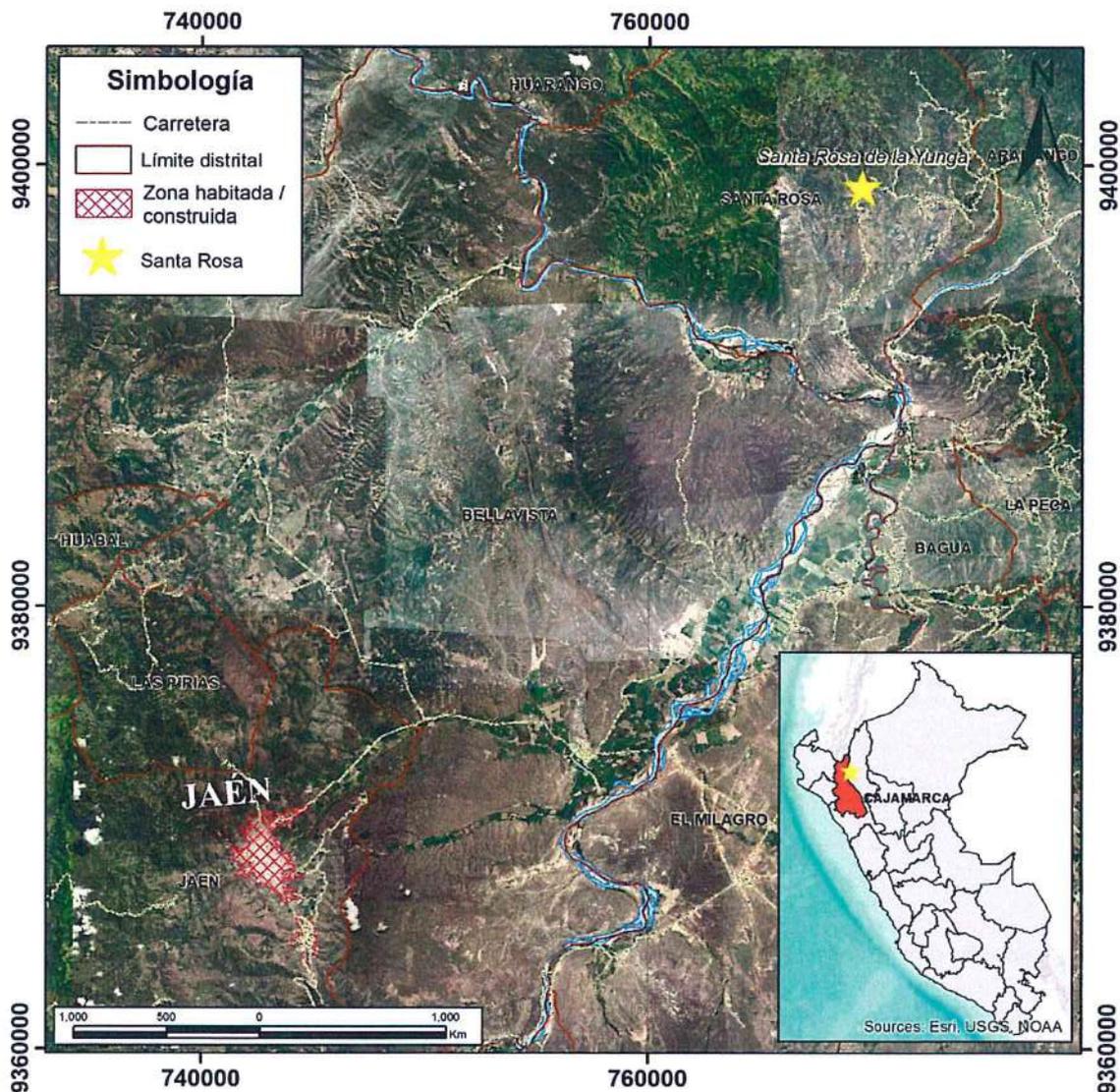


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio.

3.2. Características de la zona de estudio

Santa Rosa se encuentra asentada sobre una terraza de origen proluvial, circundada por laderas de pendientes moderadas que configuran un valle con presencia de eventos geodinámicos antiguos y de secuencias sedimentarias subyacentes al sector.

Las altitudes de las zonas evaluadas varían entre los 1320 y 1200 m s.n.m. aproximadamente; con abundante cobertura vegetal constituida por árboles, arbustos y pastos.

La estación meteorológica Aramango (SENAMHI), la cual es la más cercana y está ubicada a 15 km al E de Santa Rosa, registró fuertes precipitaciones pluviales de hasta 147 mm durante abril y setiembre del 2017.

Asimismo, la estación Chirinos (SENAMHI), ubicada a 40 km al NO de Santa Rosa, registró precipitaciones pluviales de hasta 98 mm, entre los meses de febrero y abril del 2017. La temperatura promedio de Santa Rosa promedia entre los 21.4 °C (figura 2).

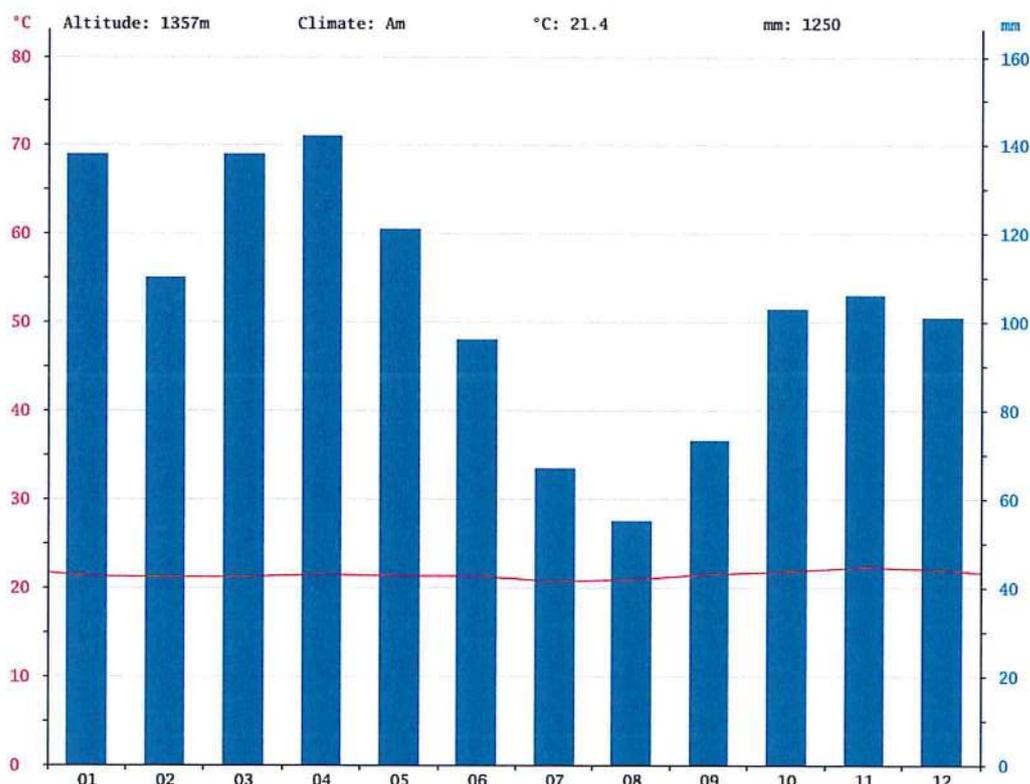


Figura 2. Climograma de Santa Rosa. Fuente: Climate-Data.org

4. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Santa Rosa se encuentra emplazada sobre un terreno irregular, con cambios de pendientes onduladas hacia sus quebradas, conformado por terrazas de origen coluvio-deluvial y afloramientos de rocas sedimentarias de la formación Celendín con estratificación de buzamiento de dirección preferente sureste. A una escala menor, se observan morfologías de relieve suave, donde predominan lomadas y colinas, controladas por la disposición de los estratos y los eventos geodinámicos pasados.

Según Zavala & Rosado (2010), la zona geomorfológicamente presenta subunidades de montaña y colinas estructurales en rocas sedimentarias y volcánicas, rellenas y cubiertas por piedemonte coluvio-deluvial.

4.1. Unidades geomorfológicas

4.1.1. Unidad de Montañas

Una montaña es la unidad o componente de una cadena montañosa, de diverso origen, con más de 300 m de desnivel respecto a su nivel de base local, cuya cima puede ser aguda, redondeada o tabular, sus laderas regulares e irregulares a complejas, y su pendiente o declive superior al 30% (Zabala & Rosado, 2011).

- Sub unidad de montañas y colinas estructurales en rocas sedimentarias

Incluye laderas de montañas y colinas estructuralmente plegadas donde aún se conservan rasgos de las estructuras originales, a pesar de haber sido afectadas por procesos de denudación. Las pendientes de las laderas varían entre suaves hasta abruptas y erosionadas. Algunos sectores con pliegues abiertos desarrollados sobre calizas, originan colinas y lomadas alineadas de topografía suave (Zavala & Rosado 2010). Parte de Santa Rosa se encuentra emplazada sobre esta unidad (figura 3), además se observan pendientes de hasta 30° en laderas de montañas y colinas en roca sedimentaria circundantes (figura 4).

4.1.2. Unidad de Piedemonte

La palabra piedemonte deriva del italiano “piemonte”, que significa “al pie de las montañas” (Lugo, 2011). Lo constituyen principalmente depósitos acumulados ladera abajo.

- Sub unidad de piedemonte coluvio - deluvial

Corresponde a las acumulaciones de ladera originadas por procesos de movimientos en masa del tipo deslizamientos, derrumbes, avalancha de rocas y/o movimientos en masa y/o movimientos complejos. Generalmente su composición litológica es homogénea; son depósitos de corto recorrido relacionados a las laderas superiores adyacentes. Su morfología es usualmente convexa y su disposición semicircular a elongada en relación a la zona de arranque o despegue de movimiento en masa (Zavala & Rosado 2010). Santa Rosa se encuentra emplazada, en mayor extensión sobre este tipo de geoformas.

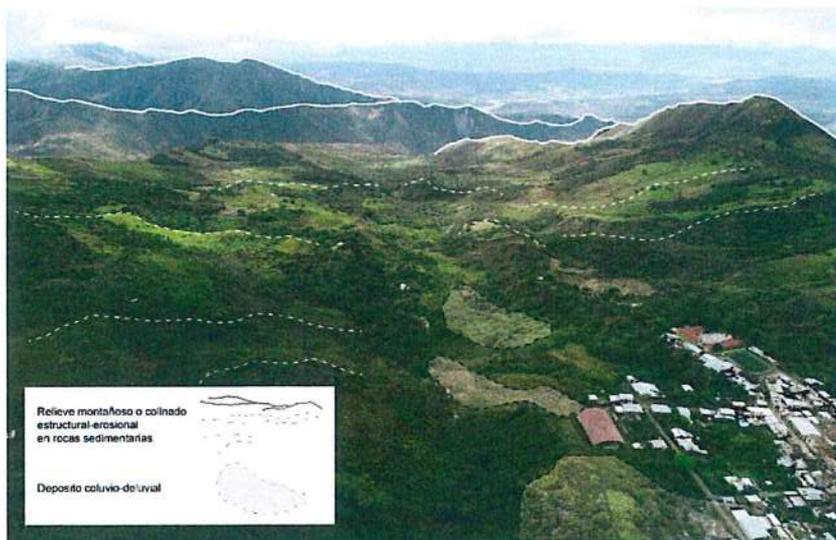


Figura 3. Relieve montañoso o colinado estructural-erosional en rocas sedimentarias en el contexto de la zona de estudio.

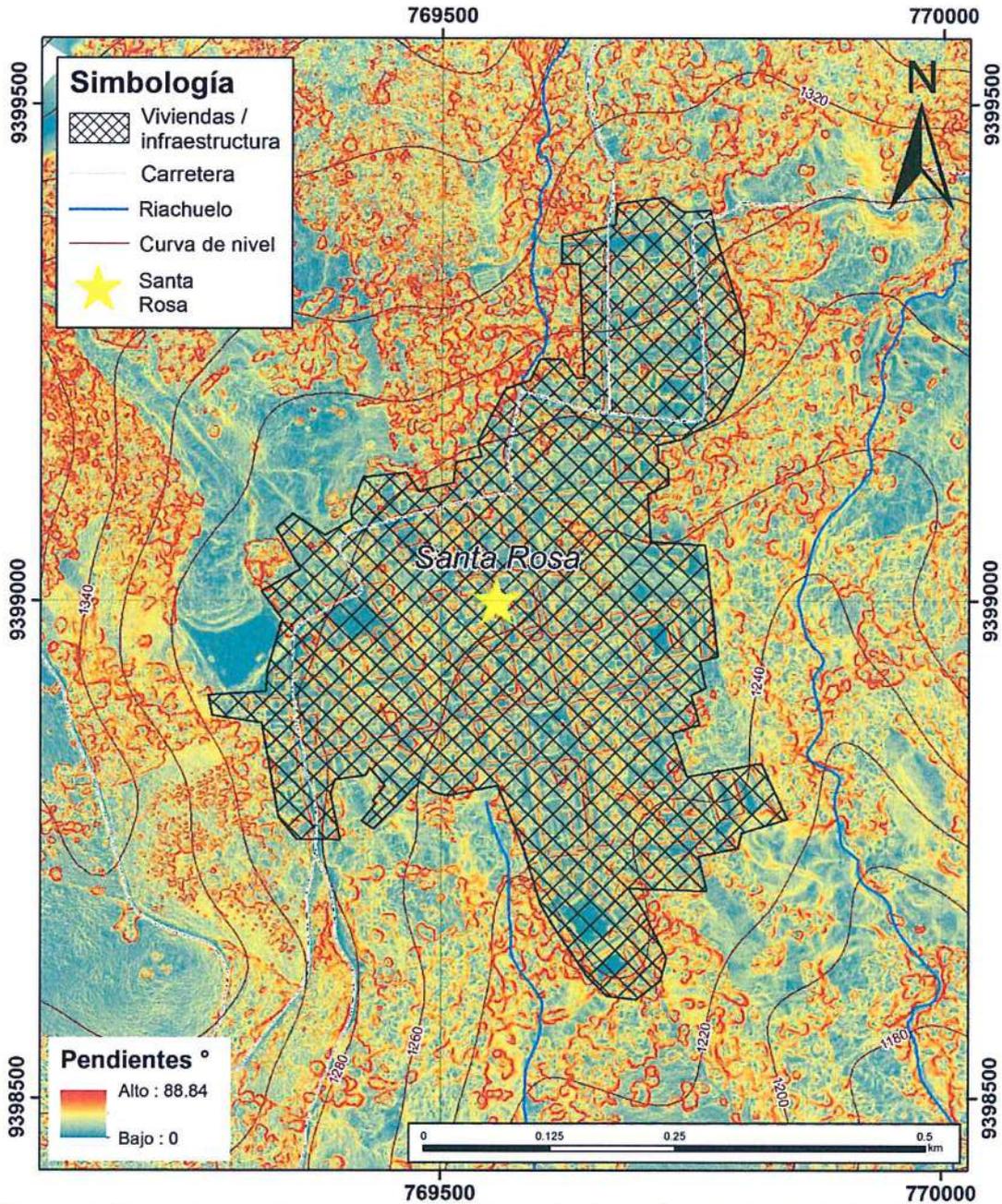


Figura 4. Mapa de pendientes de Santa Rosa. Elaborado por Segundo Nuñez & Luis Albinez.

5. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Según Valdivia et al 2010, las principales unidades litoestratigráficas que afloran en la zona, comprenden formaciones sedimentarias cretácicas de la Formación Chota y Celendin, las cuales se encuentran cubiertas por depósitos cuaternarios coluvio-deluviales (figura 4).

5.1. Formación Celendín

Generalmente está constituida por margas y arcillitas. Presenta intercalaciones de calizas margosas algo nodulosas, asimismo calizas areniscas. Frecuentemente se observan abundantes laminas finas de yeso secundario distribuido en el material arcilloso, formando costras en los estratos calcáreos (De la Cruz, 1995). Estos

afloramientos son geotécnicamente incompetentes, se presentan con intensa meteorización. Aflora al norte, sur y este de Santa Rosa.

5.2. Formación Chota

El miembro basal está constituido por sedimentitas arcillosas tales como arcillitas, lodolitas y margas, con intercalaciones de areniscas finas, en capas medianas y delgadas algo friables. Las arcillitas y lodolitas se presentan en estratos gruesos, contienen algunos clastos de material cuarzoso (De la Cruz, J. 1995). Afloran al oeste de Santa Rosa.

5.3. Depósitos coluvio-deluviales

Agrupar depósitos de piedemonte de diferente origen gravitacional y fluvio-gravitacional, acumulados en las vertientes o márgenes de los valles; en muchos casos, son resultado de una mezcla de ambos, constituyendo escombros de laderas. Están conformados por material grueso de naturaleza homogénea, heterométricos, mezclados con materiales finos como arena, limo y arcilla en menor proporción. Se presentan sueltos a muy sueltos, pero pueden presentar algo de consolidación cuando son relativamente más antiguos. (Zavala & Rosado 2010). Santa Rosa se encuentra emplazada, en mayor extensión, sobre depósitos coluvio-deluviales antiguos.

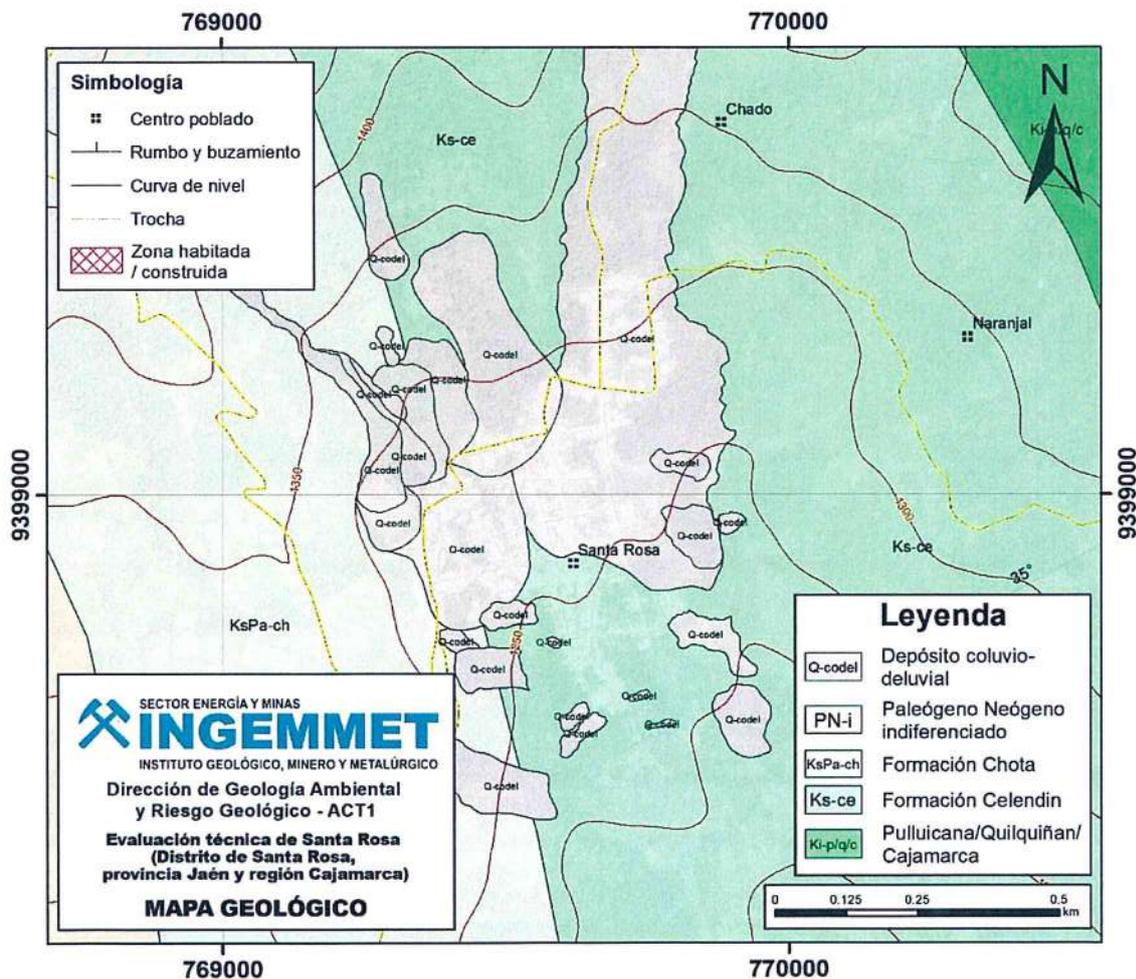


Figura 5. Mapa geológico de la zona de estudio (Valdivia, W. et al 2010).

6. PELIGROS GEOLÓGICOS

Santa Rosa se encuentra situada entre dos vertientes de quebradas principales con procesos de cárcavamiento activo, por las cuales discurren aguas temporales y de alcantarillado, así mismo, la incisión generada por cursos de agua en la parte alta condiciona a la remoción de masas de roca y suelo que llegan a conformar torrenteras de flujos.

Con los trabajos de campo, se identificaron procesos de erosión de laderas y deslizamientos, flujos y reptación de suelos (figura 5).

6.1. Deslizamientos y cárcavas (erosión de laderas)

Los **deslizamientos** son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante (PMA 2007). En la zona se observan deslizamientos de tipo **rotacional** (PMA 2007) y **traslacional** (Cruden & Varnes, 1996) (figura 6).

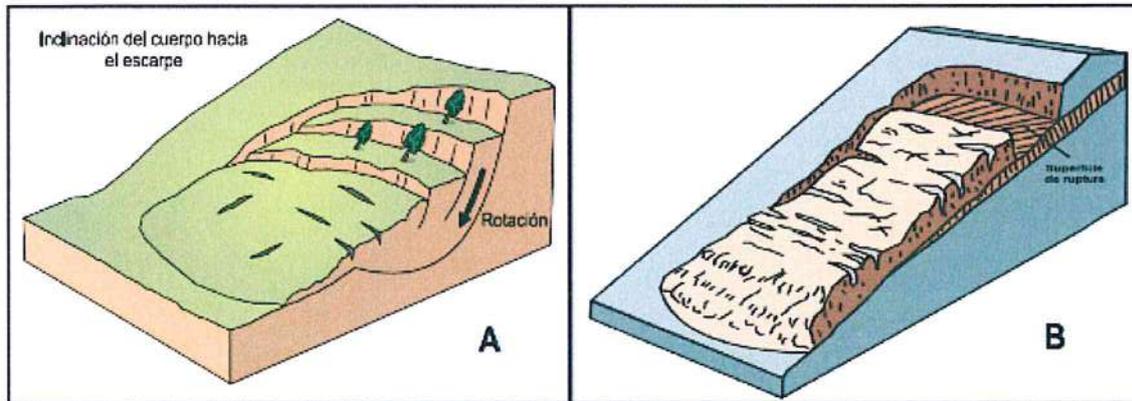
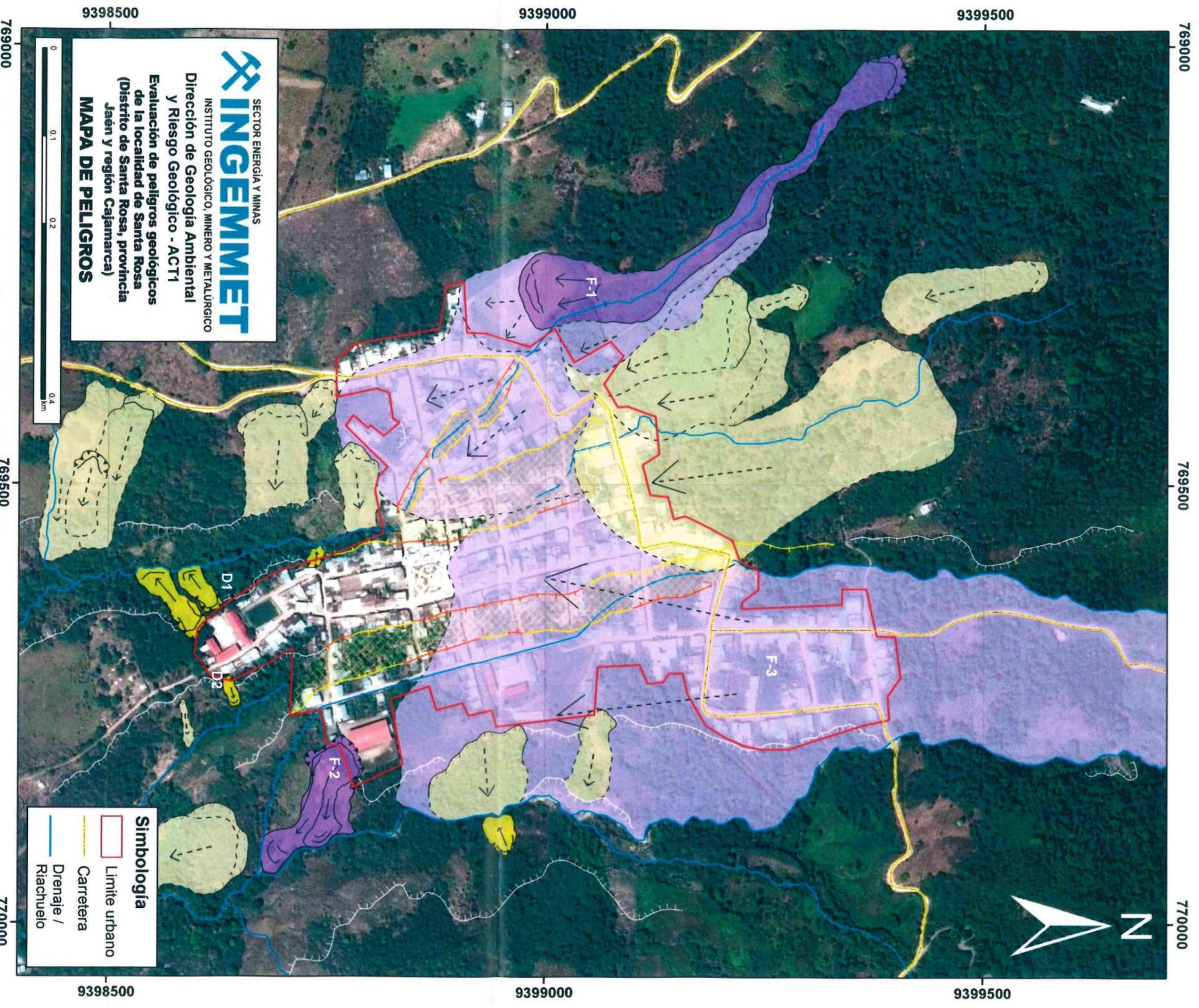


Figura 6. A. Esquema de deslizamiento rotacional (PMA 2007) B. Esquema de deslizamiento traslacional (USGS 2004).

Las **cárcavas** (figura 8) son pequeños valles de paredes verticales, cabeceras verticalizadas y perfiles longitudinales de pendiente elevada, que transmiten flujos efímeros y están sujetos a una intensa erosión hídrica (Lucía et al., 2008), además de a la ocurrencia de movimientos en masa como flujos, derrumbes y deslizamientos.



INGEMMET
 SECTOR ENERGÍA Y MINAS
 INSTITUTO GEOLOGICO, MINERO Y METALURGICO
 Dirección de Geología Ambiental
 y Riesgo Geológico - ACT1
 Evaluación de peligros geológicos
 de la localidad de Santa Rosa
 (Distrito de Santa Rosa, provincia
 Jaén y región Cajamarca)
MAPA DE PELIGROS



Simbología

- Limite urbano
- Carretera
- Drenaje / Riachuelo

Leyenda

	Deslizamiento reciente		Flujo reciente		Caida / derrumbe		Ladera antropizada
	Deslizamiento antiguo		Flujo antiguo		Ladera		Zona de quebrada antropizada

Figura 7. Mapa de peligros de Santa Rosa. Elaborado por Segundo Núñez & Luis Albinez.

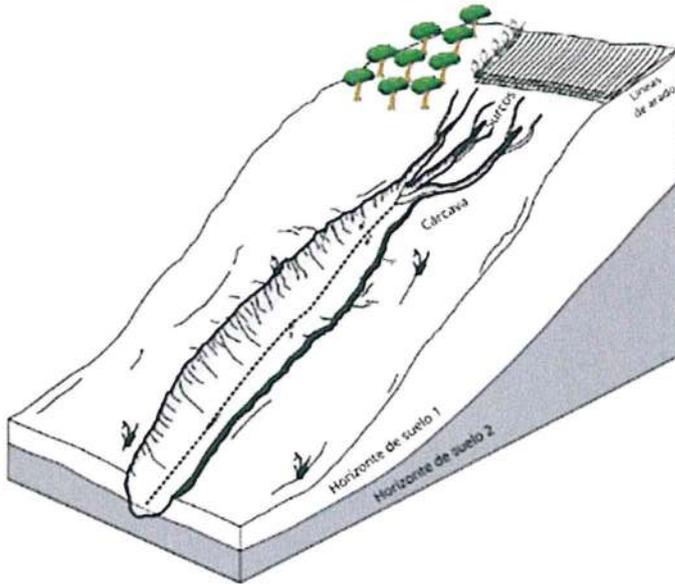


Figura 8. Esquema de cárcavas formadas por profundización en surcos. Tomado y modificado de (Shruthi et al., 2011)

6.1.1. Deslizamientos y asentamientos en la I.E. 16173, quebrada sector oeste (D-1)

La I.E. 16173 es afectada por asentamientos y agrietamientos de su infraestructura. La zona que muestra mayores evidencias de estos fenómenos se encuentra al SO del colegio. En este sector se observan grietas en el patio (figura 9), canaletas (figura 10), paredes (figura 11) y veredas de los salones (figura 12).

Los agrietamientos en las paredes muestran separaciones predominantes con dirección hacia la quebrada. Esto sería un indicador de que la inestabilidad de la zona está relacionada con los deslizamientos recientes.



Figura 9. Agrietamientos en patio de la I.E. 16173, Santa Rosa.



Figura 10. Agrietamientos en canal de drenaje de la I.E. 16173, Santa Rosa.



Figura 11. Separación de paredes en infraestructura de la I.E. 16173, Santa Rosa.



Figura 12. Agrietamientos de paredes e infraestructura y hundimientos de la I.E. 16173, Santa Rosa.

Los deslizamientos recientes se generaron en la ladera SO del colegio, aledaña a la quebrada (figuras 7 y 13).

Se trata de deslizamientos de tipo rotacional, con coronas de aproximadamente 60 m respectivamente, con diferencia de alturas de 30 m desde corona a punta en el piso de la quebrada. Las coronas se encuentran a 4 m de aulas e infraestructura del colegio. En el sector afloran margas y arcillitas con laminaciones de yesos secundarios distribuidos en material arcilloso de la Formación Celendin.

Los deslizamientos son colindantes, separados por una delgada cresta. La cercanía sugiere un mismo proceso de deformación en la zona. La inclinación y forma de árboles cercanos a la corona de los deslizamientos muestran evidencias de movimientos pasados (figura 13).

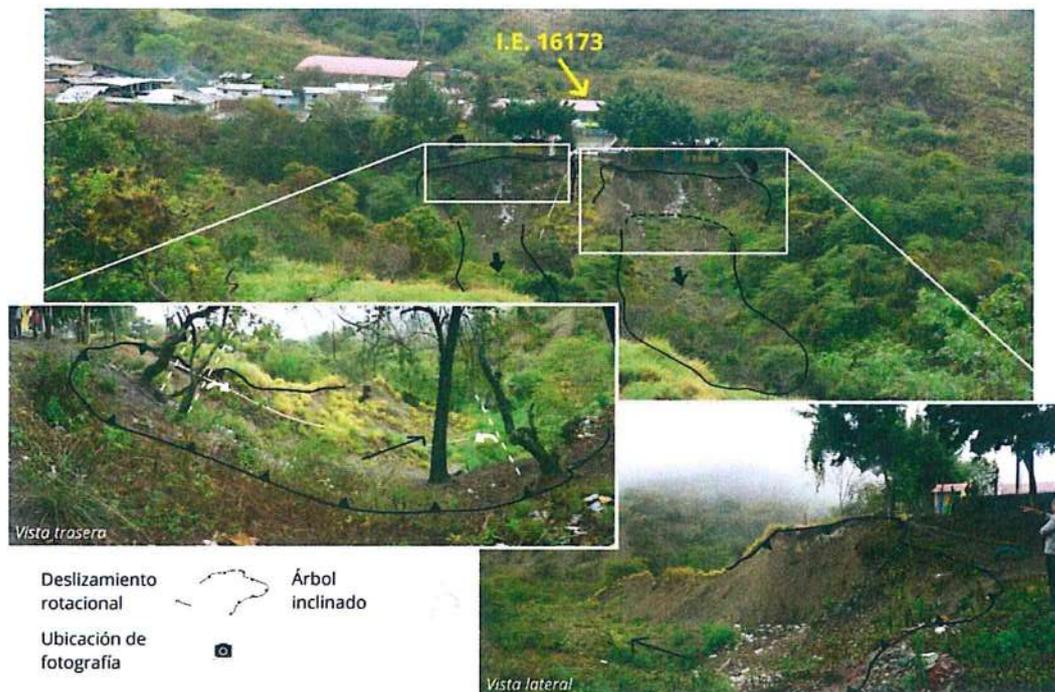


Figura 13. Deslizamientos ocurridos en el extremo oeste de la I.E. 16173, Santa Rosa.

Los factores condicionantes y desencadenantes de estos procesos son:

Condicionantes:

- Suelos incompetentes e inconsolidados que permiten la infiltración y saturación de agua en su interior y con ello aumento de peso.
- Litología de la formación Celendín, meteorizada y poco competente, conformada por margas y arcillitas con laminaciones de yesos secundarios distribuidos en material arcilloso.
- Presencia constante de agua en la zona del deslizamiento a consecuencia de sistemas de drenaje deteriorados.
- Morfología y pendiente del terreno 30°.

Desencadenantes:

- Intensas precipitaciones pluviales.

El sector oeste de Santa Rosa está limitado por una quebrada con procesos de erosión activos (figura 14). Dicha quebrada tiene morfología de cárcava antigua y los eventos recientes serían indicadores de su reactivación.

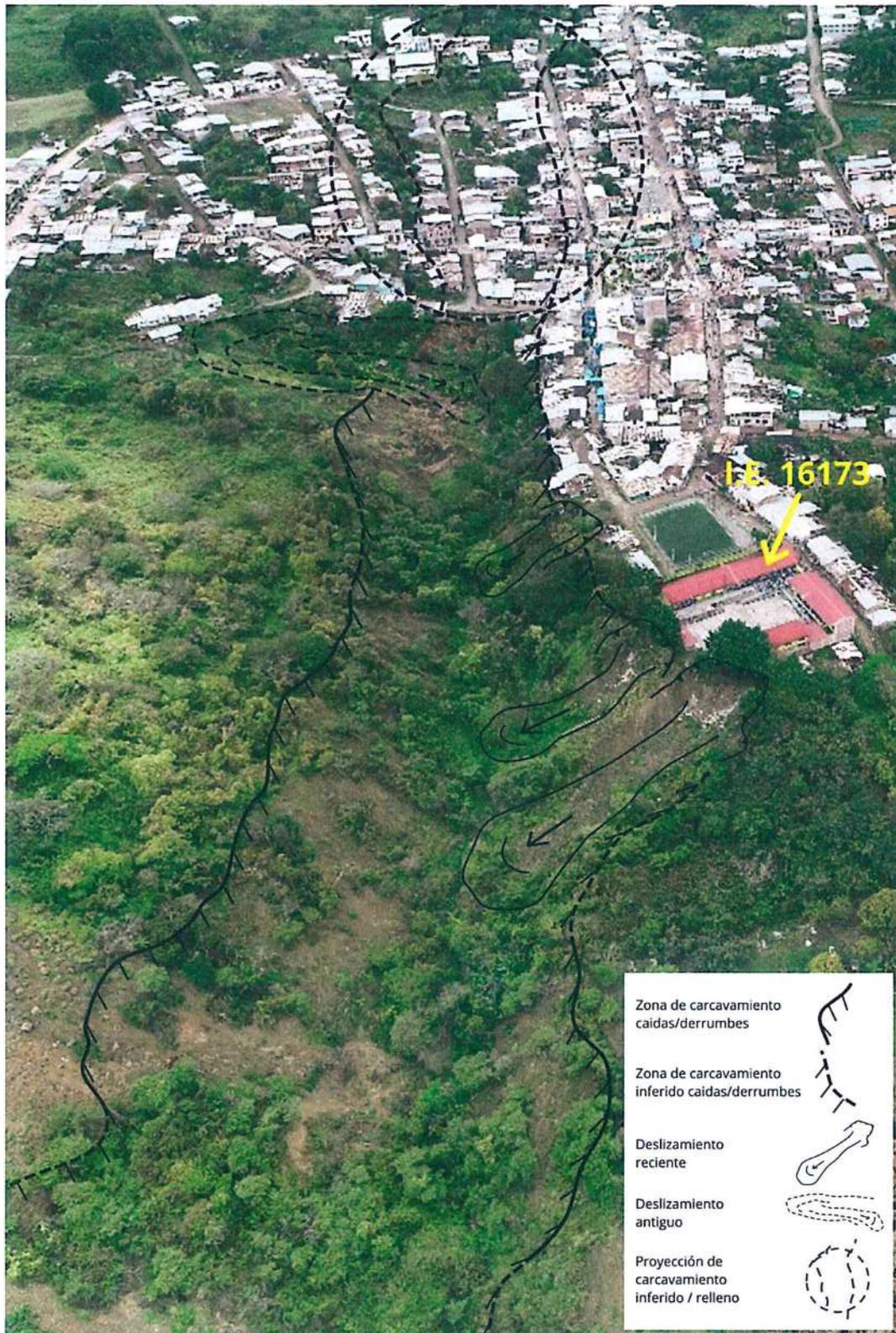


Figura 14. Fotografía aérea interpretada, de la quebrada del sector oeste de Santa Rosa. Se observan procesos de erosión y deslizamientos en ambas márgenes. La parte alta se encuentra antropizada.

Los deslizamientos recientes se concentran en el flanco izquierdo de la quebrada, pudiéndose también observar otro deslizamiento más hacia el norte, que afecta viviendas en el sector con 769590 O; 9398739 N (figuras 14 y 15).



Figura 15. Vivienda deformada por deslizamiento en la quebrada del sector oeste de Santa Rosa. La vivienda continua siendo habitada.

El flanco derecho de la quebrada se muestra erosionado, con vegetación removida recientemente por derrumbes. La parte alta tiene vegetación densa y terrenos de cultivo por sectores.

La zona de carcavamiento antiguo se proyecta hacia el norte (figura 14). A partir del sector con coordenadas 769543 O; 9398835 N, del puente hacia el norte, empieza la canalización de la quebrada. La viviendas ubicadas en este sector estarían emplazadas sobre relleno de origen antrópico u originado por movimientos en masa antiguos.

6.1.2. Deslizamiento sector sur Santa Rosa (D-2)

Al sur de Santa Rosa, en el sector con coordenadas 769717 O; 9398637 N, puede observarse un deslizamiento reciente que afecta viviendas.

La corona de este evento tiene 10 m de longitud y se desprende de afloramientos de margas y arcillitas con laminaciones de yesos secundarios distribuidos en material arcilloso de la formación Celendin.

La deformación generó hundimientos y agrietamientos de más de 10 cm de ancho en paredes, con separaciones en dirección de la quebrada; lo cual se evidencia en las paredes resanadas (figura 16).

Los procesos erosivos de este sector estarían relacionados con la morfología de una aparente cárcava antigua que se proyecta hacia el norte (figura 7). Al igual que en la quebrada del sector oeste, esta zona se encuentra antropizada por terrenos y viviendas.

Estos procesos se prolongan en dirección sur, continuando por el flanco derecho de esta quebrada, donde se puede observar claros con suelo expuesto y vegetación removida. También se observan tuberías de desagüe que desfogan en este sector (figura 17).

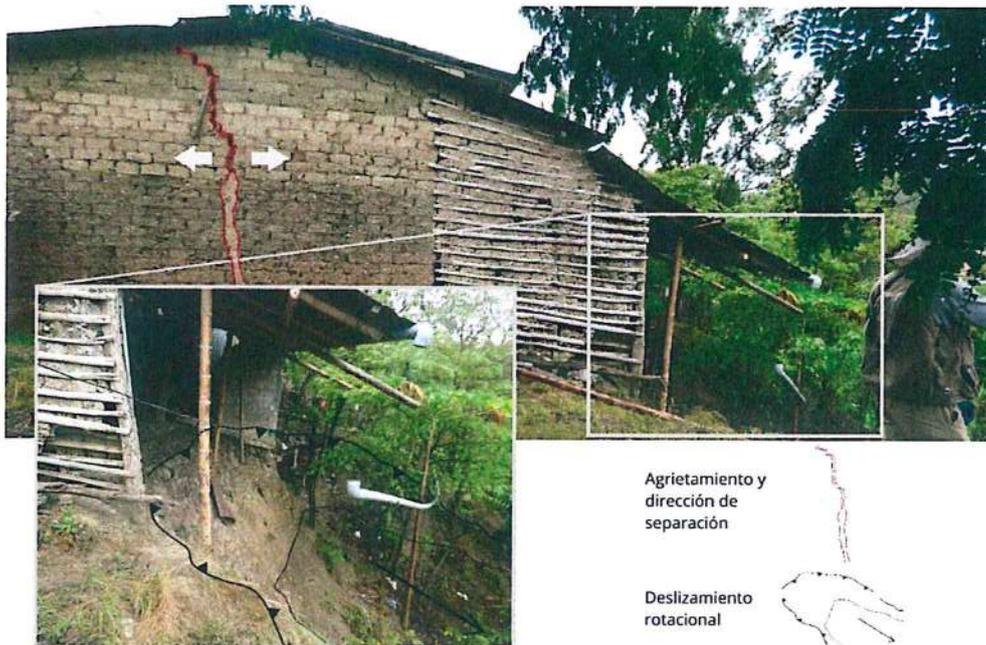


Figura 16. Vivienda afectada por deslizamiento al sur de Santa Rosa.

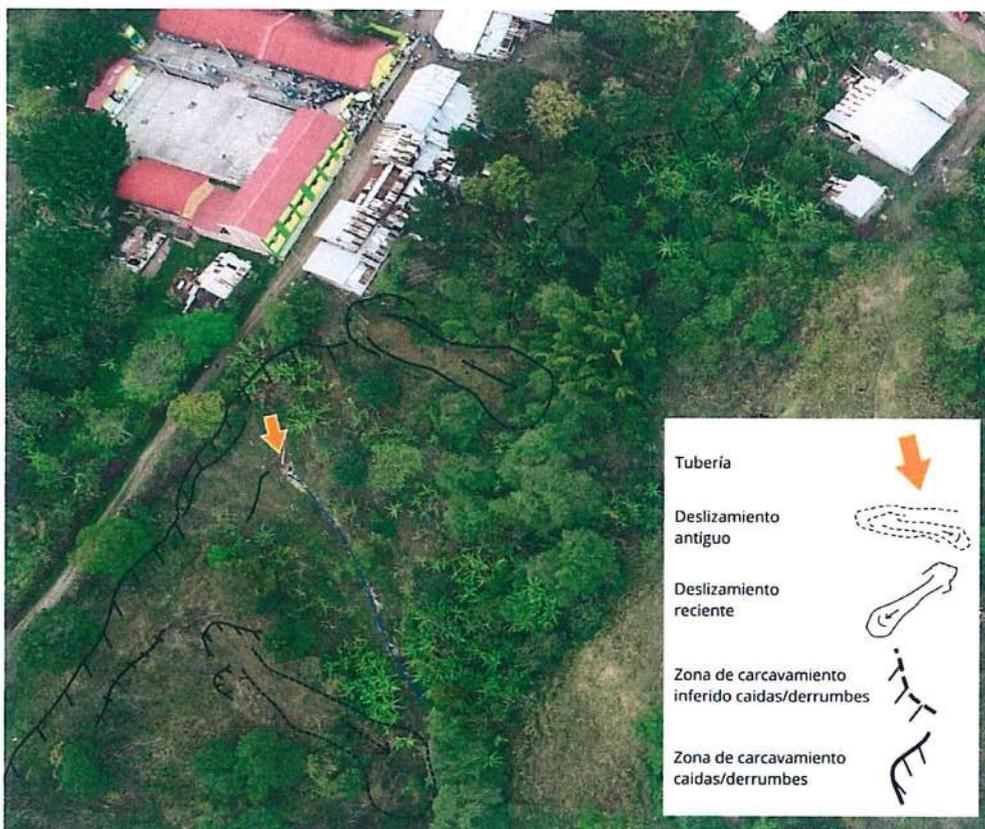


Figura 17. Fotografía aérea del sector sur de Santa Rosa. Se observan deslizamientos recientes y procesos erosivos comprometiendo viviendas.

Los factores condicionantes y desencadenantes de este deslizamiento son:

Condicionantes:

- Suelos incompetentes, que permiten su saturación de agua, con ello aumento de peso.

- Litología de la formación Celendín, meteorizada y poco competente, conformada por margas y arcillitas con laminaciones de yesos secundarios distribuidos en material arcilloso.
- Presencia constante de agua en la zona del deslizamiento a consecuencia de sistemas de drenaje deteriorados y malas prácticas de riego.
- Laderas expuestas a la erosión.
- Pendiente del terreno 30°.
- Morfología.

Desencadenantes:

- Intensas precipitaciones pluviales.

6.2. Flujos

Los **flujos de tierra (F-1)** son movimientos de tierra arcillosa plástica, típico de rocas blandas meteorizadas y de materiales producto de la meteorización o erosión de estos depósitos, obedeciendo a un proceso de deformación plástica intermitente combinada con reptación interna, ayudada por fluctuaciones en la presión de poros, (Hungry *et al.*, 2001 en PMA 2007) saturados de agua (figura 18).

El término **deslizamiento por flujo (F-2, F-3)** (flow slide) o deslizamiento-flujo, fue introducido por Casagrande (1936), para designar deslizamientos que en fases posteriores a su iniciación se comportan como un flujo, como resultado de licuación (Varnes, 1978). Ocurre en taludes de pendiente moderada e involucra un exceso de presión de poros o licuación del material en la zona donde se origina el movimiento en masa.

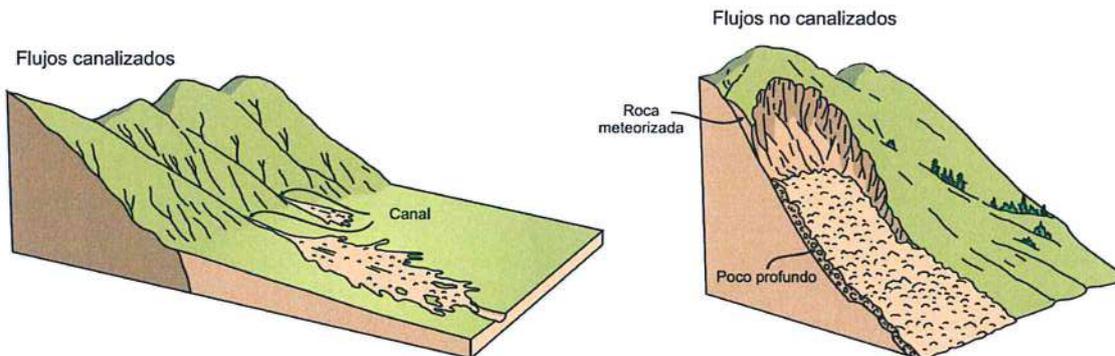


Figura 18. Flujo canalizado y no canalizado, según Cruden y Varnes (1996) (PMA 2007).

Los factores condicionantes y desencadenantes son:

Condicionantes:

- Suelos incompetentes, que permiten su saturación de agua, con ello aumento de peso.
- Litología de la formación Chota, meteorizada y poco competente, conformada por sedimentos arcillosos tales como arcillitas y lodolitas algo friables.
- Presencia constante de agua en la zona de arranque del deslizamiento a consecuencia de ausencia de obras de captación surgencias de agua y canales revestidos además de malas prácticas de riego.
- Laderas expuestas a la erosión.

- Pendiente del terreno 30°.
- Morfología.

Desencadenantes:

- Precipitaciones pluviales intensas.

6.2.1. Flujo de tierra del Sector San Juan del Alto - Santa Rosa (F-1)

El sector San Juan del Alto de Santa Rosa, fue afectado por un flujo de tierra en setiembre del 2017.

El flujo partió desde los 1350 m s.n.m., movilizándolo material hasta una cancha deportiva a 1270 m s.n.m., recorriendo aproximadamente 550 m, desde la zona de arranque hasta su depositación (figura 19).

La corona de la zona de arranque tiene 100 m de longitud y se ubica en una zona escarpada, con cobertura vegetal densa y terrenos de cultivo en su parte alta. En el sector afloran. La masa deslizada se produce substrato de arcillitas y lodolitas algo friables de la formación Chota, además de la presencia de saturación de agua de infiltración de riego y de curso activo proveniente de la zona.

La zona muestra evidencias de eventos de similares características ocurridos en el pasado (figura 14 y 19).

El movimiento afectó terrenos de cultivo, una cancha deportiva, viviendas y un camino.

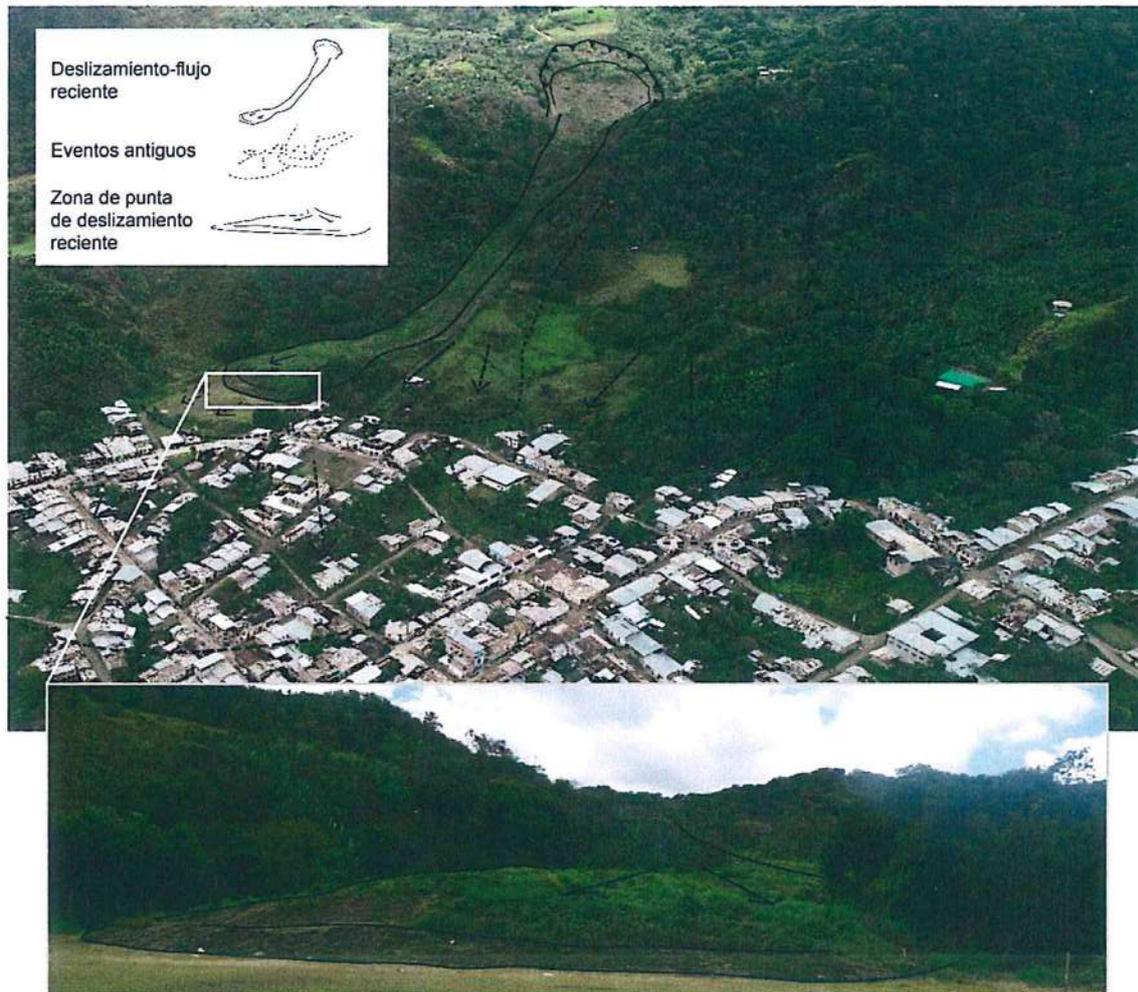


Figura 19. Fotografías aérea y detalle en tierra de deslizamiento que afecto el sector San Juan del Alto en Santa Rosa.

6.2.2. Deslizamiento-flujo complejo deportivo Santa Rosa (F-2)

El complejo deportivo Santa Rosa, ubicado en la zona con coordenadas 769822 O; 9398771 N, fue afectado por un deslizamiento entre Junio y Julio del 2017.

El deslizamiento tiene una corona con longitud de 50 m, el desnivel entre la corona y el pie del deslizamiento es de 50 m.

Este deslizamiento se emplazó sobre secuencias de margas y arcillitas con laminaciones de yeso de la Formación Celendin.

Las imágenes aéreas permitieron diferenciar el desplazamiento de dos secuencias de flujos durante el evento (figura 20)

El deslizamiento afectó el muro y terrenos del complejo deportivo (figura 21), además de terrenos de cultivo y alcantarillado (figura 22).

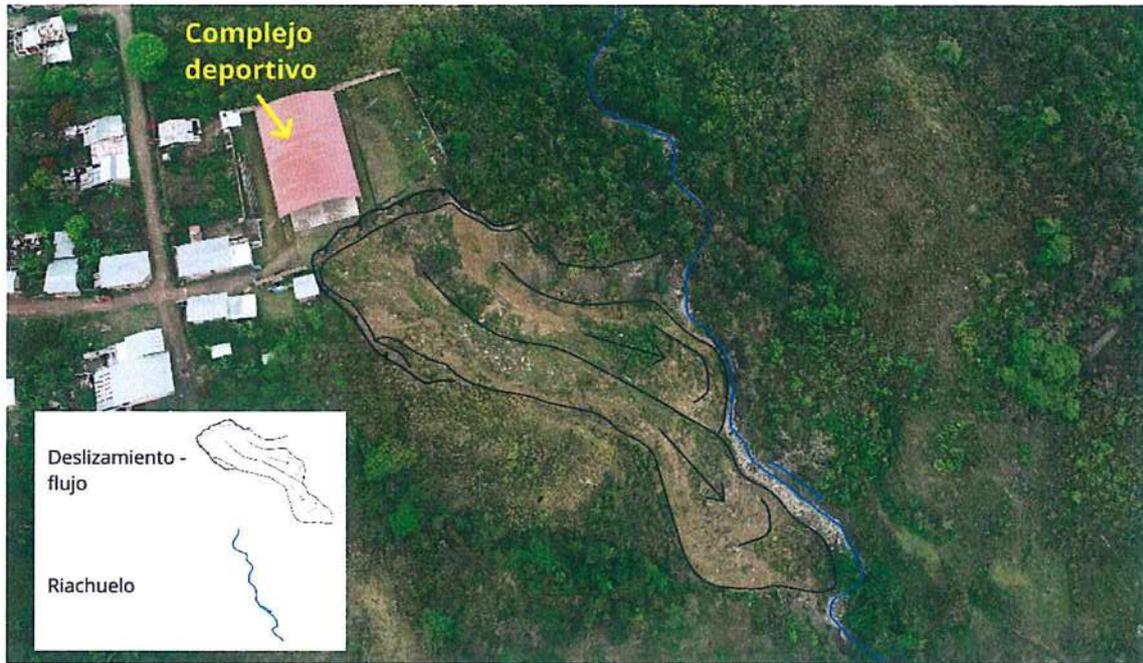


Figura 20. Vista aérea de deslizamiento que afectó el complejo deportivo de Santa Rosa.



Figura 21. Detalle de deslizamiento que afectó el complejo deportivo de Santa Rosa. Se observan los muros afectados y orientación del evento.



Figura 22. Detalle de deslizamiento que afectó el complejo deportivo en Santa Rosa. Se observan tuberías dañadas dispuesta en dirección de la zona afectada.

El análisis de imágenes satelitales multitemporales evidencian el avance retrogresivo del deslizamiento (figura 23). Esta característica puede condicionar futuros avances del deslizamiento hacia viviendas cercanas o hacia la infraestructura del complejo deportivo que no fue afectada.

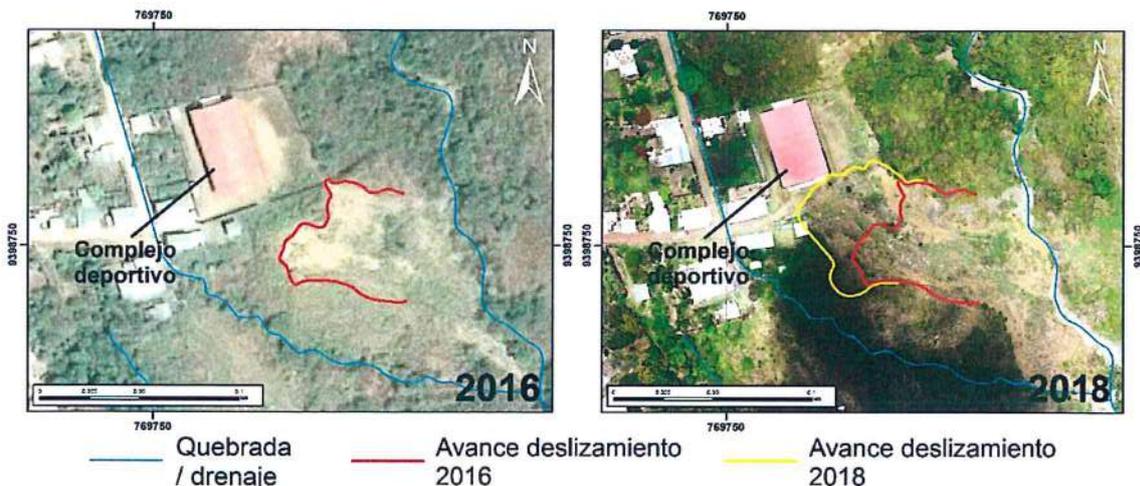


Figura 23. Imágenes multitemporales de Google Earth (2016) y ortomosaico georreferenciado (2018) obtenido a partir de fotos aéreas de dron. Se observa el avance retrogresivo del deslizamiento que afectó el complejo deportivo.

6.2.3. Megadeslizamiento-flujo en Santa Rosa (F-3)

Al norte de Santa Rosa se pueden observar evidencias de un gran deslizamiento antiguo (figura 24). Este megaevento tiene características de deslizamiento flujo.

Su escarpe de arranque estaría ubicada en la cabecera de subcuenca, al sur de El Palmar; su cuerpo aun conservado, tiene una longitud estimada de más de 1.5 km, estando Santa Rosa emplazada en parte del abanico de depositación antigua del evento: donde se presentan la mayoría de hundimientos y desplazamientos de suelos descritos anteriormente.

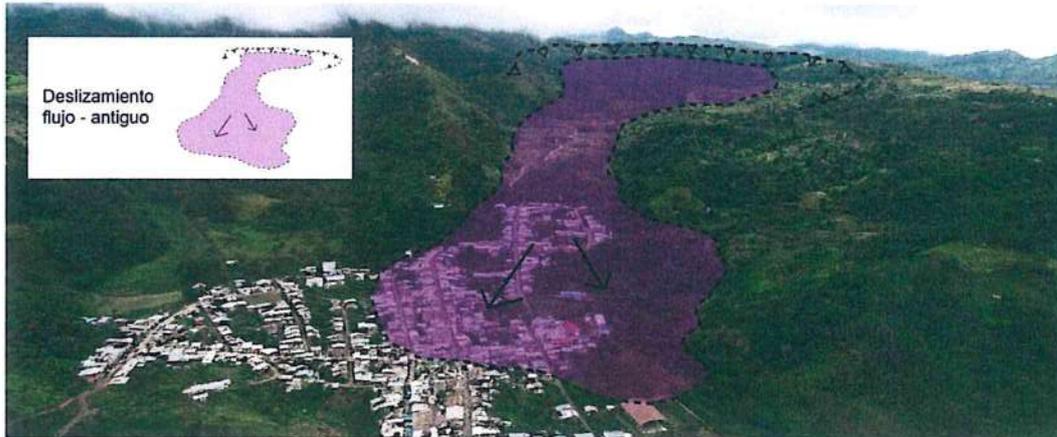


Figura 24. Fotografía aérea de Santa Rosa mostrando cuerpo estimado de megadeslizamiento antiguo, sobre el cual actualmente, se encuentran emplazadas las viviendas del sector norte.

Cabe mencionar que, la tipología de la mayoría de deslizamientos recientes descritos para los sectores evaluados de Santa Rosa es similar, variando únicamente en escala. Por ello, se asume que la ocurrencia de movimientos en masa estaría principalmente relacionada a la composición litológica del substrato, sus condiciones de alta meteorización y la saturación de agua.

6.3. Reptación

La **reptación (R-1)** es un movimiento lento del terreno en donde no se distingue una superficie de falla, causada por cambios de volumen en capas superficiales, combinados con el movimiento lento del material ladera abajo (PMA 2007). También se define es el movimiento imperceptiblemente lento, constante y descendente del suelo o roca que forma una pendiente. El movimiento es causado por la tensión de corte suficiente para producir una deformación permanente, pero demasiado pequeña para producir una falla de corte (USGS 2004) (figura 25).

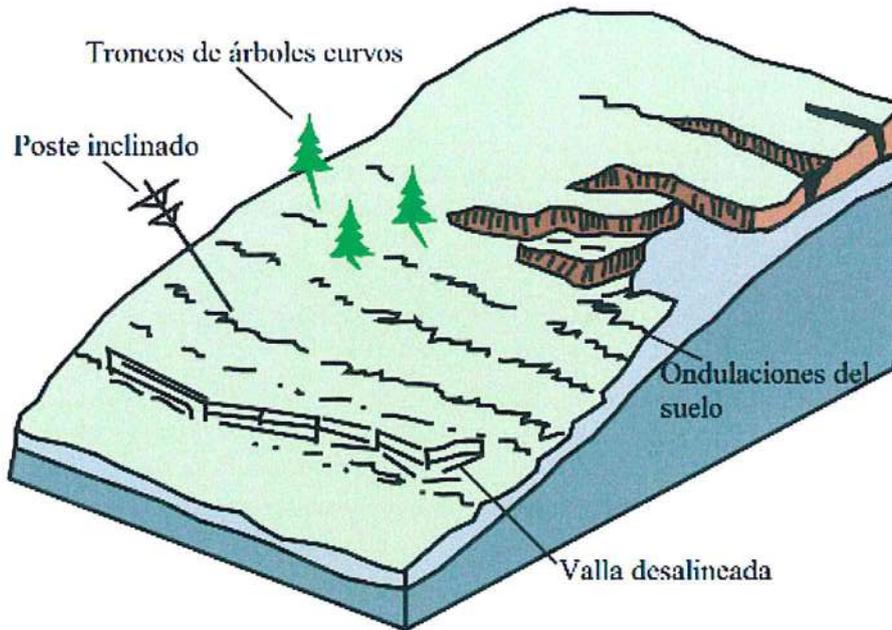


Figura 25. Esquema de reptación de suelos (Creep) (USGS 2004).

6.3.1. Reptación de suelos en Santa Rosa (R-1)

Se presenta a manera de hundimientos y reptación de suelos en distintos sectores del centro poblado de Santa Rosa, los cuales se manifiesta en rajaduras, agrietamientos y desplazamientos de estructuras de viviendas de adobe concreto, además de separaciones entre estructuras de viviendas contiguas, como se puede apreciar desde las figuras 26 al 35.

A continuación se describe las evidencias de efectos registrados en diferentes sectores, los cuales a través de fotografía de vuelo con dron ha permitido el mapeo de las manifestaciones antes mencionadas (figura 37)

Calle s/n (769644 O; 9399192 N) , localizada a 300 m al N de la plaza, donde se observan rajaduras y agrietamientos en paredes de viviendas con aperturas entre 5 a 10 cm (figura 26, 27 y 28).

La orientación preferente de los esfuerzo extensivos que generaron las grietas en este sector es EO, observándose un movimiento de desplazamiento principal hacia el O.

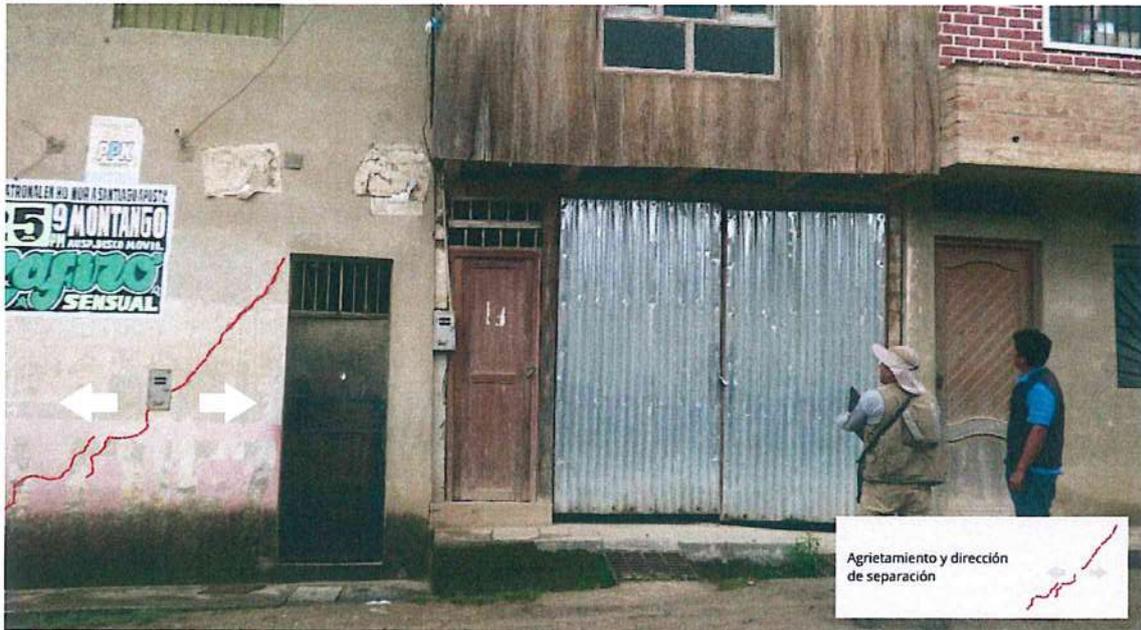


Figura 26. Agrietamiento de pared causado por reptación de suelos en vivienda de Santa Rosa.



Figura 27. Agrietamiento de pared en vivienda de material noble, causado por reptación de suelos en Santa Rosa.



Figura 28. Agrietamiento de pared en vivienda de adobe y separación de paredes, causados por reptación de suelos en Santa Rosa.

Casa parroquial, (769674 O; 9399141 N), localizada a 250 m al N de la plaza, se presenta rajaduras, agrietamientos, desplazamientos verticales que varían entre 5-20 cm; además de inclinación en sus paredes (figuras 29 y 30), veredas y canaletas (figura 31). La orientación preferente de los esfuerzos extensivos que generaron las grietas en este sector es NE-SO, observándose un movimiento de desplazamiento principal hacia el SO.



Figura 29. Agrietamiento y desplazamiento de pared en casa parroquial de Santa Rosa, causados por reptación de suelos.



Figura 30. Separación de pared en casa parroquial de Santa Rosa, causada por reptación de suelos.



Figura 31. Agrietamientos y hundimientos de pared, canal y vereda de la casa parroquial de Santa Rosa, causados por reptación de suelos.

Estructuras de viviendas localizadas en las coordenadas 769668 O; 9399078 N, a 50 m al S de la Casa Parroquial y 200 m al N de la plaza. Se presentan rajaduras, agrietamientos e inclinación en paredes (figura 32). Las separaciones de las grietas y desplazamientos verticales varían entre 5 a 10 cm.

La orientación preferente de los esfuerzo extensivos que generaron las grietas en este sector es NE-SO, observándose un movimiento de desplazamiento principal hacia el SO.



Figura 32. Agrietamiento y desplazamiento de pared en vivienda de Santa Rosa, causados por reptación de suelos.

Instalaciones de Institución Educativa Inicial N° 004 (769731 O; 9399044 N), ubicada a 200 m al NE de la plaza, presenta rajaduras, agrietamientos e inclinación en paredes (figura 33). Las separaciones de las grietas y desplazamientos verticales varían entre 5 a 15 cm y la orientación preferente de los esfuerzos extensivos que generaron las grietas son EO, observándose un movimiento de desplazamiento principal hacia el E.

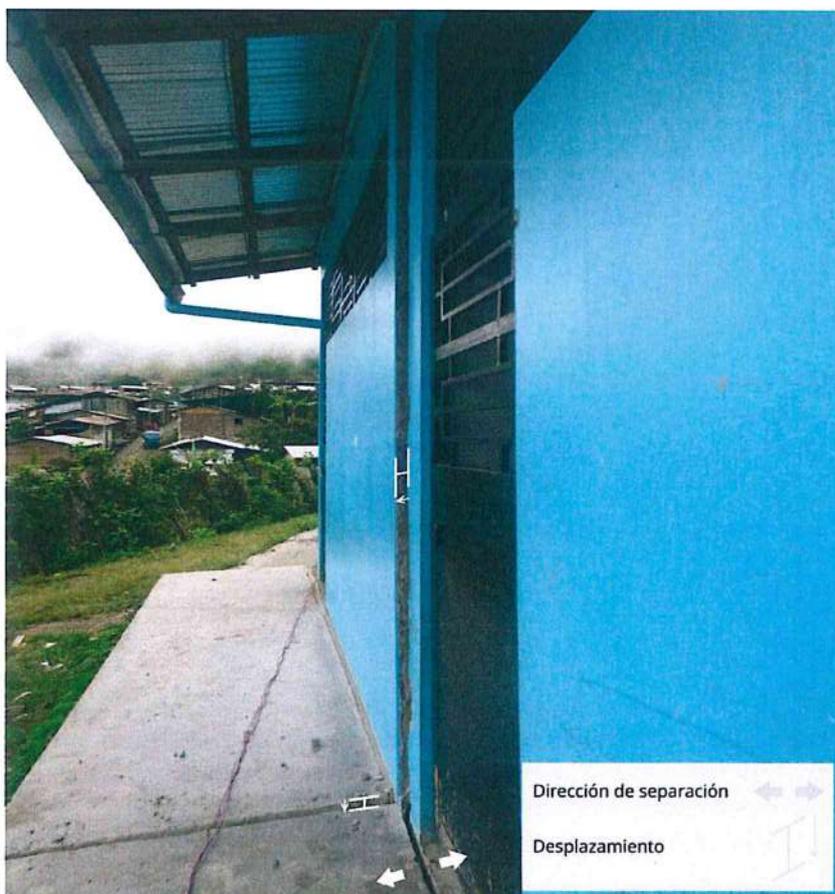


Figura 33. Separación de pared en la Institución Educativa Inicial N° 004 de Santa Rosa, causada por reptación de suelos.

Viviendas en calle s/n (769677 O; 9399190 N), ubicada a 300 m al NE de la plaza, se observan agrietamientos y desplazamientos de la estructural total de viviendas (figura 34). La separación máxima medida por pobladores fue de aproximadamente 1 m, entre dos viviendas y su orientación preferente de los esfuerzo extensivos es NE-SO, con ligero desplazamiento principal hacia el SO.



Figura 34. Desplazamiento de vivienda al norte de Santa Rosa, causado por reptación de suelos.

Al norte de Santa Rosa, en viviendas de la calle con coordenadas 769712 O; 9399377 N, a 500 m al N de la plaza, se presentan rajaduras, agrietamientos e inclinación en paredes (figura 35). Las separaciones de las grietas varían entre 5 a 50 cm.

La orientación preferente de los esfuerzo extensivos que generaron las grietas en este sector es OE, observándose un movimiento de desplazamiento principal hacia el SE.



Figura 35. Agrietamientos y desplazamientos en pared de vivienda en Santa Rosa, causados por reptación de suelos.

Nuevo mercado Santa Rosa (769731 O; 9399212 N), a 350 m al N de la plaza, presentan rajaduras, agrietamientos e inclinación en paredes (figura 36). Las separaciones de grietas y desplazamiento que varían entre 10 cm a 1 m y orientación preferente de los esfuerzo extensivos que generaron las grietas en este sector es NO-SE, observándose un movimiento de desplazamiento principal hacia el SE.

El deterioro en la infraestructura provocó que el recinto no sea utilizado.



Figura 36. Agrietamientos, desplazamientos y hundimientos en infraestructura del nuevo mercado de Santa Rosa, causados por reptación de suelos.

El análisis de la topografía de detalle obtenida a partir de tomas de drone conjuntamente con las mediciones de campo, permitieron identificar que, en su mayoría, los hundimientos y reptación de suelos están relacionados a variaciones topográficas del terreno, ligadas a la morfología de quebradas y cárcavas antiguas actualmente antropisadas (figura 37).

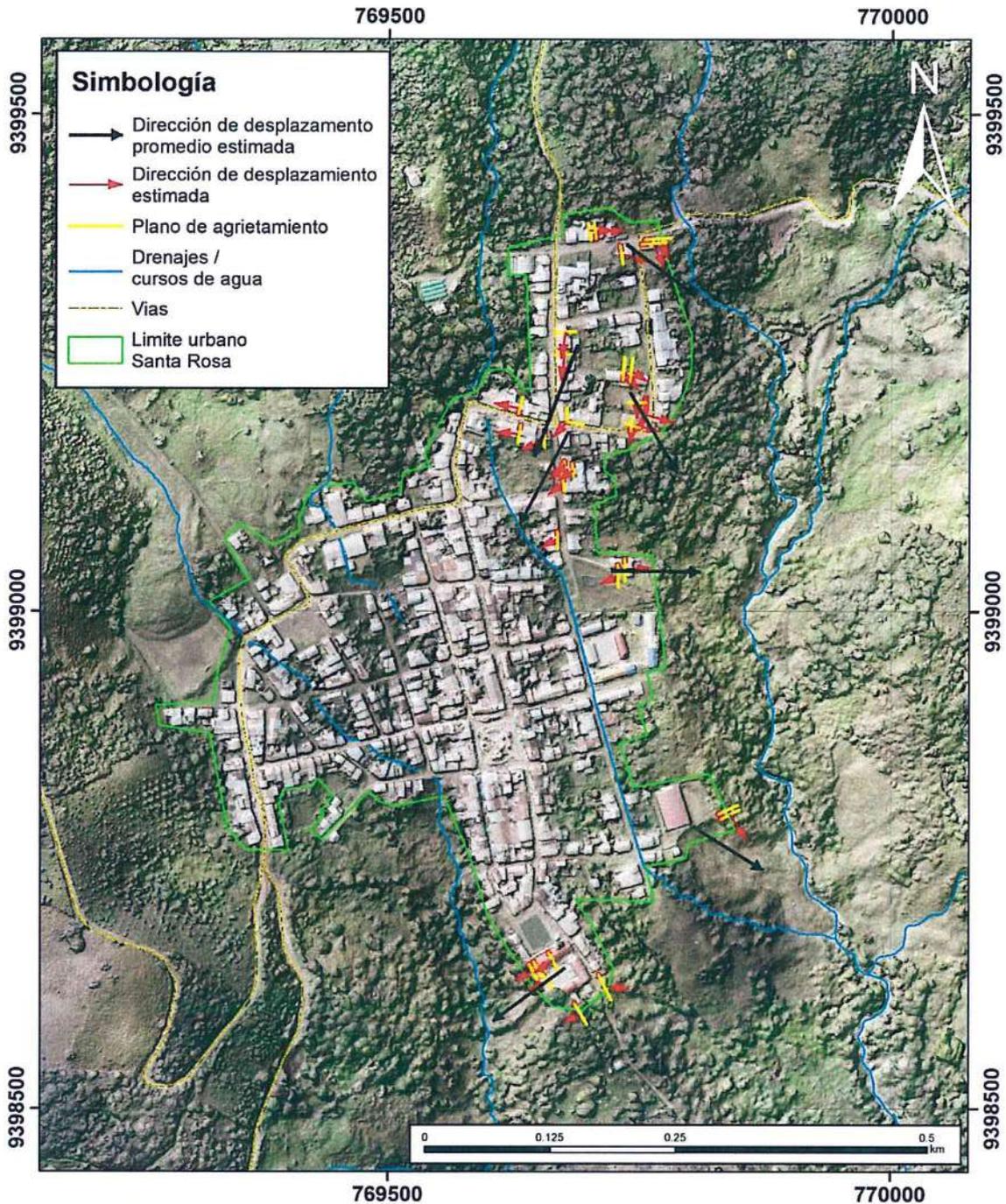


Figura 37. Mapa de ubicación de planos agrietamiento originados por reptación de suelos, identificados durante los trabajos de campo en Santa Rosa. Se observan las direcciones de esfuerzos extensivos estimadas. Elaborado por Segundo Nuñez & Luis Albinez.

7. PELIGROS GEOLÓGICOS CARACTERÍSTICAS DE LAS ZONAS DE REUBICACIÓN PROPUESTA POR POBLADORES

El día 26/08/2019, los pobladores conjuntamente con funcionarios de la Municipalidad Distrital de Santa Rosa, solicitaron al INGEMMET realizar una evaluación preliminar de tres sectores propuestos para la reubicación de las instituciones educativas.

7.3.1. PROPUESTA 1 (RE-1)

Este sector se sitúa en las coordenadas 769409 O; 9398565 N. Su ubicación respecto al pueblo de Santa Rosa se presenta en la Figura 38.

El área se encuentra morfológicamente en zona de cresta de colina, con pendiente promedio de 15°, es utilizada como terrenos de cultivo y pastoreo. En la zona aflora la Formación Chota constituida por arcillitas, lodolitas y margas, con intercalaciones de areniscas finas.



Figura 38. Ubicación de zona RE-1, de reubicación de colegios propuesta por pobladores y funcionarios de la municipalidad distrital de Santa Rosa.

No se observaron procesos de peligros geológicos activos en el área propuesta, sin embargo, por la actividad geodinámica presente en inmediaciones y la condición de materiales altamente meteorizados, debe considerarse que, de no tomar medidas de prevención y estabilidad apropiadas para la construcción de infraestructura y prevención de erosión en la ladera, podrían generarse eventos geodinámicos en este sector en el futuro.

7.3.2. PROPUESTA 2 (RE-2)

Este sector se sitúa en las coordenadas 769795 O; 9398763 N. Se encuentra al costado del complejo deportivo, su ubicación respecto al pueblo de Santa Rosa se presenta en la Figura 39.

El área se encuentra morfológicamente en zona de colina en rocas sedimentarias, con pendientes moderadas entre 5-15°. Actualmente el terreno ha sido aplanado con maquinaria, realizando cortes en la ladera en la que afloran margas y arcillitas con laminaciones de yesos secundarios distribuidos en el material arcilloso de la Formación Celendín, de coloración gris amarillento, altamente meteorizadas en transición a suelo residual.

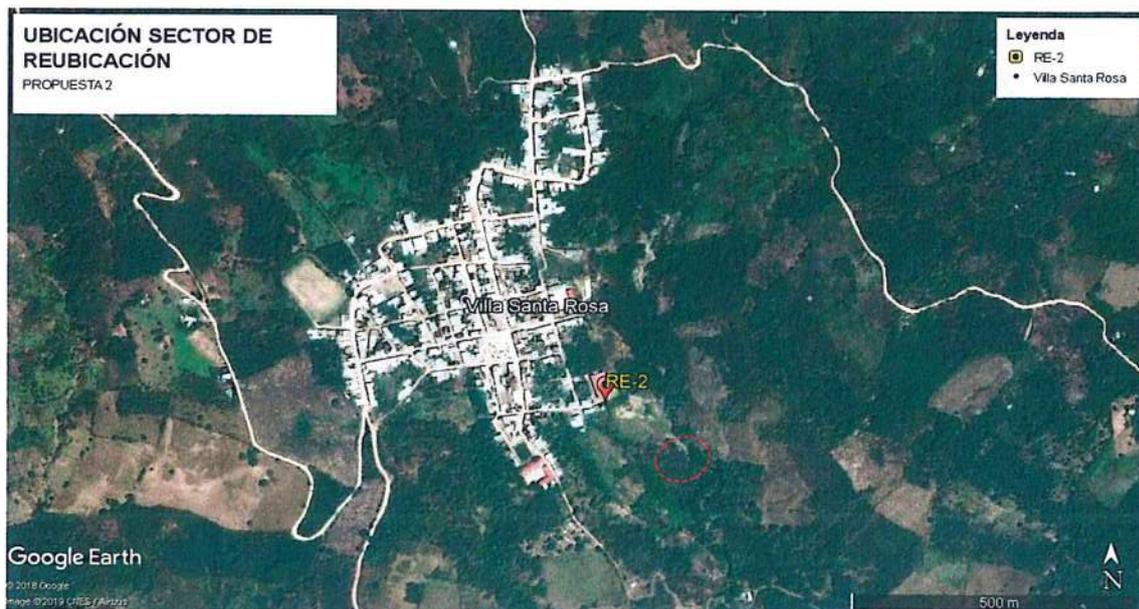


Figura 39. Ubicación de zona RE-2, de reubicación de colegios propuesta por pobladores y funcionarios de la municipalidad distrital de Santa Rosa.

Se ha identificado la escarpa principal de un fenómeno de deslizamiento – flujo (ver sección 6.2.2) cercano a la zona de reubicación (ver figuras 21 y 22), que actualmente afecta a la plataforma del complejo deportivo Santa Rosa y en adelante podrían perjudicar gravemente al colegio (en el caso en que éste se reubique en este sector). Por lo antedicho, se recomienda descartar esta zona para la reubicación del colegio; pues, se evidencia un proceso de deslizamiento – flujo activo adyacente al área propuesta.

7.3.3. PROPUESTA 3 (RE-3)

Este sector se sitúa en las coordenadas 769482 O; 9399319 N. Se encuentra cercano a la Cooperativa Santa Rosa y a un vivero, su ubicación respecto al pueblo de Santa Rosa, se presenta en la figura 40.

El área se encuentra morfológicamente en zona de colina en rocas sedimentarias, con pendientes moderadas entre 5-15°. Actualmente el terreno está cubierto por abundante vegetación propia de la zona y cultivos de café (figura 41). En este sector afloran calizas margosas nodulares color gris amarillento de la Formación Celendín.

No se observaron procesos de peligros geológicos activos en el área propuesta, sin embargo, circundante a este sector se han identificado deslizamientos antiguos (ver figura 5) que podrían reactivarse por procesos naturales o antrópicos (como la intervención de la ladera para construir la infraestructura del colegio). Es preciso mencionar que de no tomar las medidas de prevención y estabilidad apropiadas para la construcción de infraestructura y prevención de erosión en la ladera, podrían generarse eventos geodinámicos en este sector en el futuro.

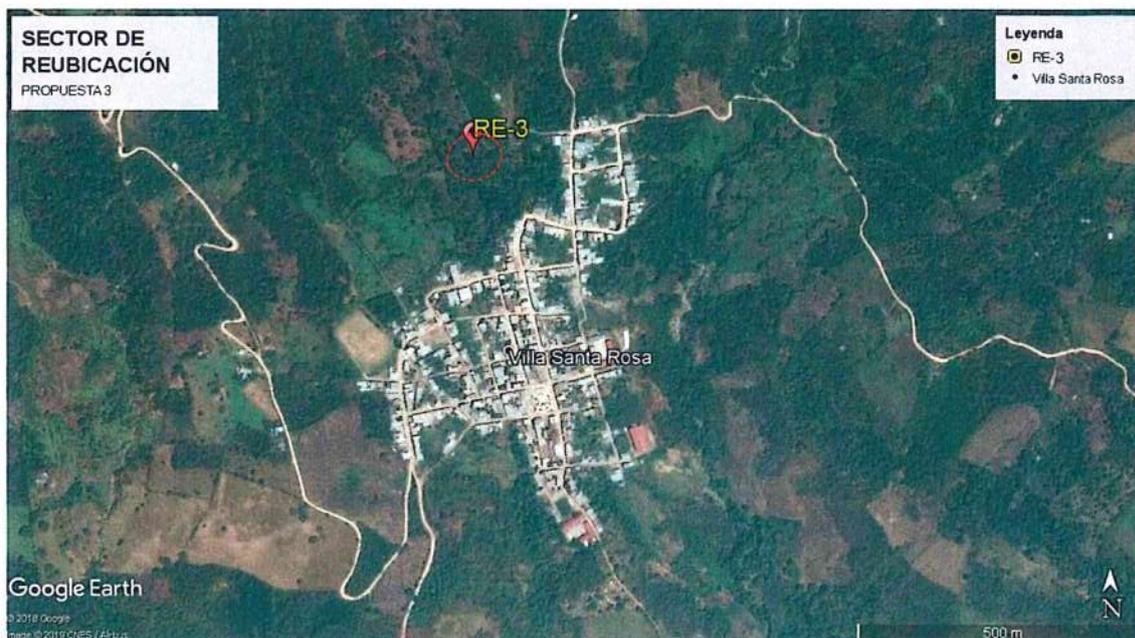


Figura 40. Ubicación de zona RE-3, de reubicación de colegios propuesta por pobladores y funcionarios de la municipalidad distrital de Santa Rosa.



Figura 41. Vista de la zona RE-3 propuesta para la reubicación de colegio, el terreno tiene una pendiente suave y cubierto por abundante vegetación propia de la zona y cultivos de café.

7.3.4. PROPUESTA 4 (RE-4)

Este sector se sitúa en las coordenadas 768217 O; 9397390 N. Se encuentra en el pueblo denominado Huallanda, su ubicación respecto al pueblo de Huallanda se presenta en la (figura 42).

El área se encuentra morfológicamente en zona de colina en rocas sedimentarias, con pendientes moderadas entre 5-15° (figura 43). En este sector se observa un estrato de suelo residual arcilloso, subyaciendo limolitas gris blanquecinas con intercalaciones de areniscas de grano fino de la formación el Milagro.

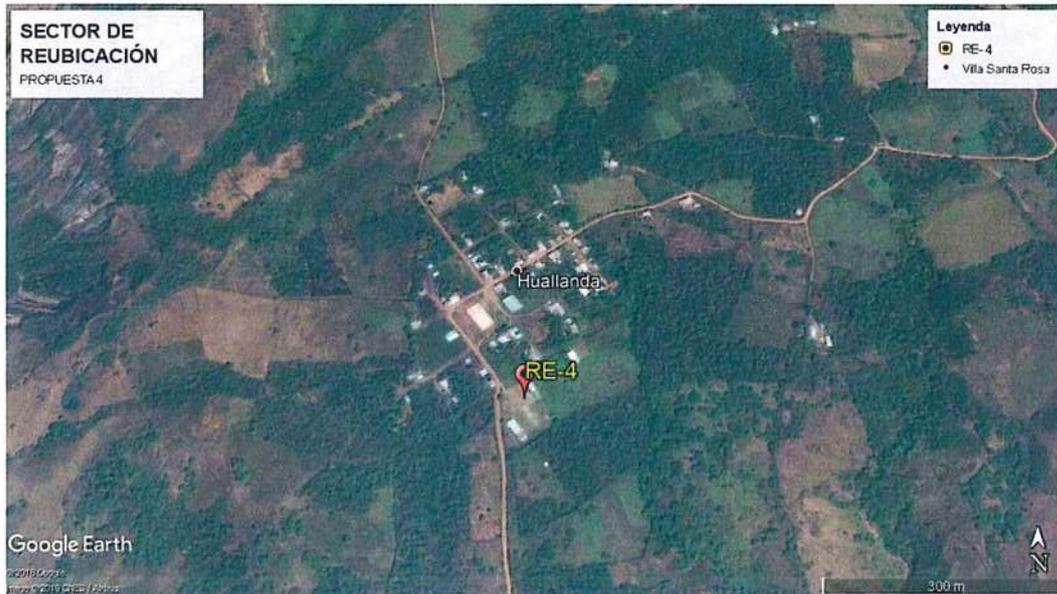


Figura 42. Ubicación de zona RE-4, de reubicación de colegios propuesta por pobladores y funcionarios de la municipalidad distrital de Santa Rosa.



Figura 43. Vista del área de reubicación RE-4, nótese la pendiente suave del terreno.

No se observaron procesos de peligros geológicos activos en el Sector Huallanda, sin embargo, se advierte la presencia de un suelo residual arcilloso de características expansivas; pues, en campo se han identificado agrietamientos como consecuencia del hinchamiento y retracción de las arcillas debido a los cambios en el contenido de humedad.

CONCLUSIONES

1. El relieve de la zona de estudio es de colinas, con pendientes moderadas que varían de 15° a 30°. El modelado está condicionado por la disposición de secuencias sedimentarias del substrato y por depósitos de eventos geodinámicos antiguos, sobre los que se emplaza y asienta el centro poblado de Santa Rosa. Cabe señalar que parte de la zona urbana se encuentra delimitada por dos quebradas principales, caracterizadas por procesos de cárcavamiento activo.
2. La litología de la Formación Celendín, está compuesta por margas y arcillitas con laminaciones de yeso, sobre la cual se encuentra emplazada gran parte de la zona urbana del norte, sur y este de Santa Rosa, esta unidad se encuentra meteorizada y es poco competente. Al oeste subyace la Formación Chota, constituida por sedimentos arcillosos tales como arcillitas y lodolitas algo friables; estos materiales son geotécnicamente incompetentes ante intensa meteorización. De igual manera, gran parte de la localidad de Santa Rosa se asienta sobre depósitos incompetentes de origen coluvio-deluvial.
3. Santa Rosa se encuentra en zona de susceptibilidad media a alta ante la ocurrencia de movimientos en masa; identificándose en trabajo de campo procesos de erosión de laderas, deslizamientos, flujos y reptación de suelos, en distintos sectores, los cuales se desencadenaron y magnificaron con la ocurrencia de precipitaciones intensas.
4. La I.E. 16173, ubicada en la margen izquierda de la quebrada S/N del sector oeste, es afectada por asentamientos y agrietamientos en su infraestructura; además al SO del colegio, se observan deslizamientos de tipo rotacional con longitud de arranque de 60m, que se proyectan hacia parte del centro educativo.
5. Al sur de Santa Rosa (769717 O; 9398637 N), puede observarse un deslizamiento reciente que afectó viviendas; así también los procesos erosivos de este sector estarían relacionados con la morfología de una aparente cárcava antigua que se proyecta hacia el norte.
6. El sector San Juan del Alto de Santa Rosa, fue afectado por un flujo que recorrió aproximadamente 500 m afectando terrenos de cultivo, una cancha deportiva, viviendas y un camino.
7. El complejo deportivo Santa Rosa, ubicado en la zona con coordenadas 769822 O; 9398771 N, fue afectado por un deslizamiento-flujo retrogresivo. El avance de este evento compromete viviendas cercanas y la infraestructura del complejo deportivo.
8. Al norte de Santa Rosa se observan evidencias de un gran deslizamiento-flujo antiguo. Su cuerpo aun conservado tiene una longitud estimada de más de 1.5 km, estando el sector norte de Santa Rosa emplaza en la zona del pie del evento.
9. La ocurrencia de reptación de suelos (hundimientos, desplazamientos y agrietamientos) en distintos sectores (casa parroquial, institución educativa inicial, mercado Santa Rosa, entre otros), que se da principalmente en su zona norte; está relacionada a las variaciones topográficas del terreno, morfología de quebradas y cárcavas antiguas actualmente rellenadas y antropizadas, además de la presencia de materiales removidos por movimientos en masa antiguos y la litología incompetente de la formación Celendín. Otro condicionante es la presencia de cursos de agua naturales ocupados, además de surgencias de agua.

10. Durante la inspección no se observaron procesos de peligros geológicos activos en la propuesta R-1. Sin embargo, por la actividad geodinámica de los alrededores y los materiales altamente meteorizados presentes, debe considerarse que, de no tomar medidas de prevención y estabilidad apropiadas para la construcción de infraestructura y prevención de erosión en la ladera, podrían generarse eventos geodinámicos en este sector en el futuro.
11. Por las condiciones actuales, se considera a la capital de distrito Santa Rosa, como **Zona Crítica de Peligro muy Alto a movimientos en masa**, ante la ocurrencia de lluvias periódicas o excepcionales y eventos sísmicos.
12. De la evaluación de los sectores propuestos para la reubicación de los colegios RE-2, RE-3 Y RE-4, se concluye que sólo es factible el emplazamiento en el sector RE-4, ubicado en Huallanda, siempre que se realice un estudio geotécnico detallado de los suelos arcillosos expansivos.

RECOMENDACIONES

A corto plazo:

1. Reubicación de los colegios de Santa Rosa (Institución Educativa 16173, Institución Educativa Inicial N° 004 y otros aledaños a zonas de ladera), que hayan sido afectados por hundimientos, grietas en infraestructura y separación de paredes.
2. Reforestar laderas de las quebradas, reparar canalizaciones antiguas y canalizar completamente las zonas con cursos de agua.
3. Reubicación de vivienda ubicadas en márgenes de quebradas, en zonas con problemas de reptación de suelos, zonas de cárcavas antiguas y adyacentes a cursos de agua activos o temporales y a peligros geológicos (deslizamientos o flujos) recientes o antiguos.
4. Captar y drenar con canales impermeables las surgencias agua. Reparar y mejorar el sistema de evacuación de aguas pluviales.
5. Prohibir prácticas de riego por gravedad en laderas. Revestir los canales de riego. Practicar riego por goteo u otras técnicas de riego propuestas por especialistas, que no saturen los suelos de agua.
6. Arborizar el deslizamiento y laderas adyacentes e Inhabilitar la zona del complejo deportivo. Cambiar el uso del sector. Reubicar las viviendas aledañas al deslizamiento.
7. Prohibir la expansión urbana hacia los sectores con problemas de peligros geológicos de Santa Rosa.

A mediano y largo plazo:

8. Reubicación total de la capital de distrito Santa Rosa.
9. Arborización y cambio de uso de la actual Santa Rosa.


.....
Ing. CÉSAR A. CHACALTANA BUDIEL
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET


.....
Ing. SEGUNDO ALFONSO NUÑEZ JUAREZ
Jefe de Proyecto. Evaluación de Peligros
Geológicos a Nivel Nacional
INGEMMET

REFERENCIAS

- Zavala, B. & Rosado, M. (2010) - Riesgo geológico en la región Cajamarca. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44, 396 p., 19 mapas.
- De la Cruz, J. (1995) - Geología de los cuadrángulos de Río Santa Águeda, San Ignacio y Aramango, Hojas 10-f, 11-f y 11g, 1 : 100 000. INGEMMET, Boletín, Serie A: 57, 165 p.
- Valdivia, W., Peña, D. & Chacaltana, C. (2010). Mapa Geológico del Cuadrángulo de San Ignacio, escala 1:50000 (11-f) Cuadrante II. INGEMMET, DGR.
- 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.
- USGS 2004 - Landslide Types and Processes, U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey, <https://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/pdf/fs2004-3072.pdf>.
- 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.
- Lucía, A.; Vicente, F.; Martín-Moreno, C.; Martín-Duque, J.F.; Sanz, M.A.; De Andrés, C.; Bodoque, J.M.; 2008. Procesos geomorfológicos activos en cárcavas del borde del piedemonte norte de la Sierra de Guadarrama (Provincia de Segovia, España). Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sec. Geol.), 102: 47-69.
- Shruthi, R. B. V., Kerle, N., & Jetten, V. G. (2011). Object - based gully feature extraction using high spatial resolution imagery. *Geomorphology*, 134(3-4), 260-268. DOI: 10.1016/j.geomorph.2011.07.003.