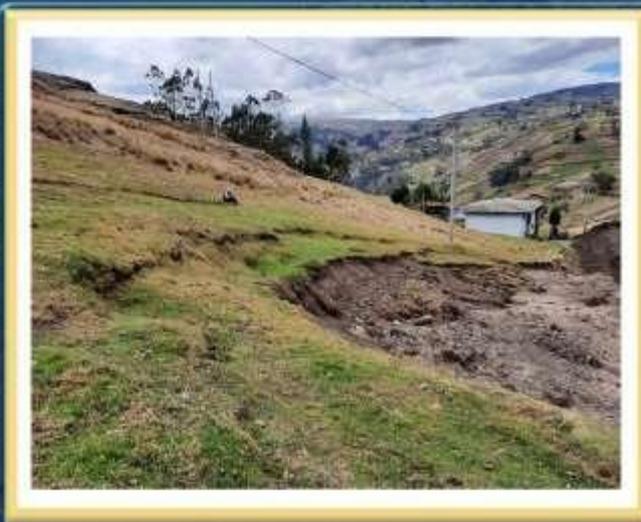


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7220

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR DE BARRO NEGRO BAJO

Departamento 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 Barro Negro bajo. distrito Usquil, provincia Otuzco, departamento de La Libertad. Lima: INGEMMET, Informe Técnico A7220, 28 p.

ÍNDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos del estudio	5
1.2. Antecedentes y trabajos anteriores	5
1.3. Aspectos generales	7
1.3.1. UBICACIÓN	7
1.3.2. ACCESIBILIDAD	7
1.3.3. CLIMA	8
2. ASPECTOS GEOLÓGICOS	8
2.1. Unidades litoestratigráficas	8
2.1.1. FORMACIÓN CALIPUY (PN-c)	8
2.1.2. DEPÓSITOS COLUVIO - DELUVIALES	9
3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS	11
3.1. Pendientes del terreno	11
3.2. Unidades geomorfológicas	12
3.2.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL	12
3.2.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL	13
4. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA	14
4.1. Identificación y caracterización de movimientos en masa en el área de estudio 15	
4.1.1. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE MOVIMIENTOS EN MASA	15
4.2. Medidas de mitigación realizadas después del evento	21
4.3. Daños futuros	21
4.4. Zonas propensas a la ocurrencia de deslizamientos	21
4.5. Factores condicionantes y desencadenantes	22
4.5.1. FACTORES CONDICIONANTES	22
4.5.2. FACTORES DESENCADENANTES	22
5. CONCLUSIONES	24
6. RECOMENDACIONES	25
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 Barro Negro bajo, perteneciente a la Municipalidad Distrital de Usquil, provincia 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).

El área de estudio presenta precipitaciones intensas entre los meses de febrero a abril, las cuales han alcanzado picos históricos de 609 mm/mes en febrero de 1974, esto de acuerdo al registro de las estaciones meteorológicas de la estación Capachique.

Geológicamente, el área de estudio se encuentra sobre depósitos coluvio-deluviales no consolidados de bloques volcánicos, sedimentarios y metamórficos envueltos en una matriz arcillo limosa, quienes cubren afloramientos ligeramente meteorizados de rocas volcánicas con bancos de conglomerados y lutitas del Grupo Calipuy. Las subunidades geomorfológicas que conforman el relieve en la zona, corresponden a montañas en roca volcánica y vertientes coluvo-deluviales, con laderas de pendiente de fuerte inclinación (15° a 25°) y media (5° – 15°)

El peligro geológico del área de estudio corresponde a movimientos en masa de tipo derrumbe y deslizamiento rotacional (17 m de largo y 34 m de ancho), que afectaron la cancha deportiva del caserío de Barro Negro en febrero de 2019, a consecuencia del uso de maquinaria pesada para la remoción de masas de tierra al pie de los taludes como parte de los trabajos de limpieza y nivelación de la cancha deportiva.

El presente informe muestra una caracterización geológica, dinámica y la evolución temporal del área de estudio desde octubre del 2010 (antes del evento) a noviembre del (después del evento). Así como también conclusiones y recomendaciones con la finalidad de que sirvan como instrumento en el marco de la Gestión 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 y consideraciones geotécnicas a nivel nacional (ACT. 7)”, 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°1025-2019-GRLL-GOB-GGR-GRDN/SGDC, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de movimientos en masa de tipo “deslizamiento y derrumbe”, Estos eventos, de acuerdo a las observaciones de campo, testimonio de pobladores y análisis de imágenes satelitales en gabinete, señalan su ocurrencia en febrerodel 2019, las cuales se suscitaron posteriores a la ejecución de obras con maquinaria pesada en una cancha deportiva.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del INGEMMET designó a las Ing. Gael Araujo y Norma Sosa, quienes realizaron una evaluación técnica en noviembre del 2020, en el sector Barro negro bajo.

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 antes / después del movimiento) y redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración del gobierno regional de La Libertad e instituciones técnico normativas del SINAGERD (INDECI y CENEPRED), con la finalidad de que este sirva como instrumento técnico en la toma de decisiones, dentro de los planes de mitigación y reducción del riesgo de desastres.

1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar, cartografiar y caracterizar los peligros geológicos que se desarrollan en el caserío de Barro Negro bajo.
- b) Emitir conclusiones y recomendaciones que contribuyan a 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 INGEMMET, muestra que el caserío de Barro Negro bajo está ubicado sobre una zona de baja a media susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa (figura 1 y cuadro 1).

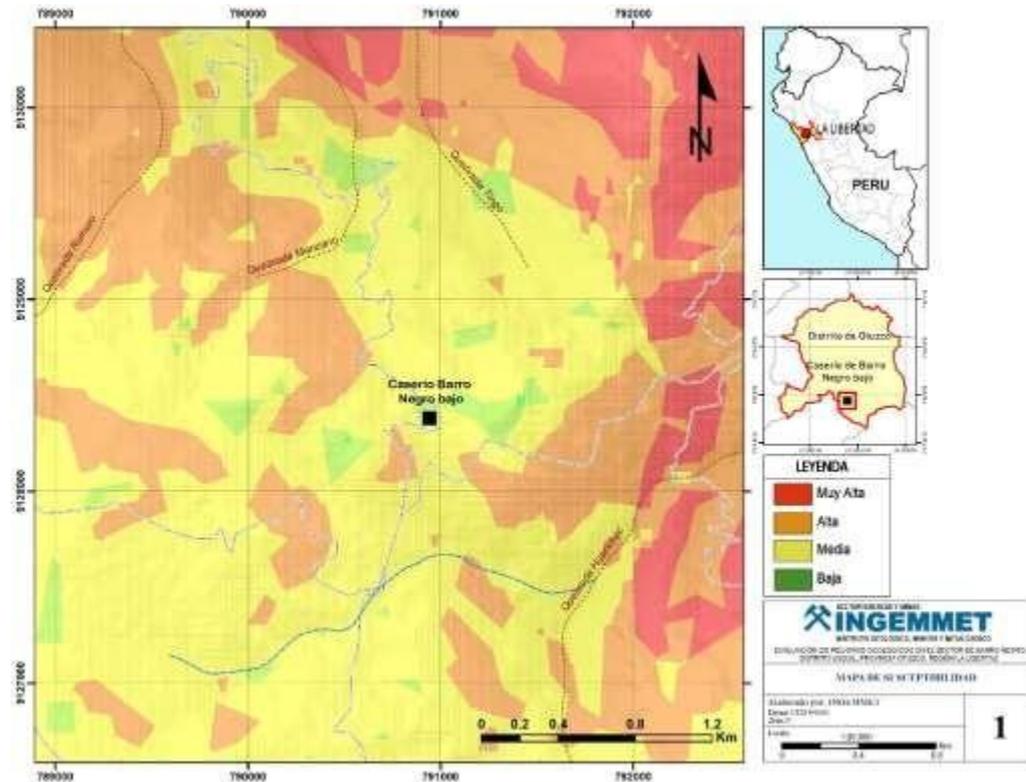


Figura 1. Mapa de Susceptibilidad a movimientos en masa del área evaluada. Fuente: Medina L., et al, 2012.

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

GRADO	CARACTERÍSTICAS DE LOS TERRENOS	RECOMENDACIONES
MODERADA	Corresponden a zonas donde se presentan algunas condiciones favorables para generar movimientos en masa. Incluye geoformas de colinas estructurales, lomadas, abanicos y mesetas volcánicas. La pendiente de los terrenos varía entre 5° y 25°. Son terrenos levemente inclinados, mal drenados	Permite el desarrollo de infraestructura urbana e industrial siempre y cuando se conozcan, en forma detallada, las propiedades de los terrenos, con la finalidad de poder tomar decisiones respecto a la viabilidad del proyecto.
BAJA	Corresponde a áreas que coinciden con las superficies llanas a ligeramente inclinadas (de 1° a 5°). Terrazas medias y altas, y a abanicos proluviales y deluviales levemente inclinados, mal drenados. Estas áreas podrían ser inundadas solo con lluvias excepcionales cuando se produce el fenómeno de El Niño,	Permite el desarrollo de infraestructura estratégica, urbana, industrial siempre y cuando se incorporen las recomendaciones del estudio en los diseños de la infraestructura para hacer viable algún proyecto, o adaptarse a las condiciones del terreno y poder reducir la probabilidad de sufrir pérdidas y daños.

B) El boletín N° 31, serie A, de la geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, hojas 15-f, 15-g, 16-g, describen que la zona evaluada está constituida por afloramientos volcánicos de la Formación Calipuy (PN-c) cubiertos por depósitos no consolidados, observados en campo. Estas unidades litoestratigráficas están dispuestas en una pendiente de fuerte inclinación (25° a 45°) asociada a una susceptibilidad moderada (cuadro 1).

1.3. Aspectos generales

1.3.1. UBICACIÓN

El área de estudio está ubicada a 110 m al Sur de la plaza de armas del caserío Barro Negro bajo, el mismo que pertenece al distrito de Usquil, provincia Otuzco, región La Libertad. (figura 2). Cuenta con las siguientes 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	790698	9128160	-7.879°	-78.363°
2	790649	9128618	-7.874°	-78.364°
3	791086	9128700	-7.874°	-78.360°
4	791157	9128245	-7.878°	-78.359°
COORDENADAS DE LA ZONA EVALUADA				
5	790938	9128395	-7.876°	-78.361°

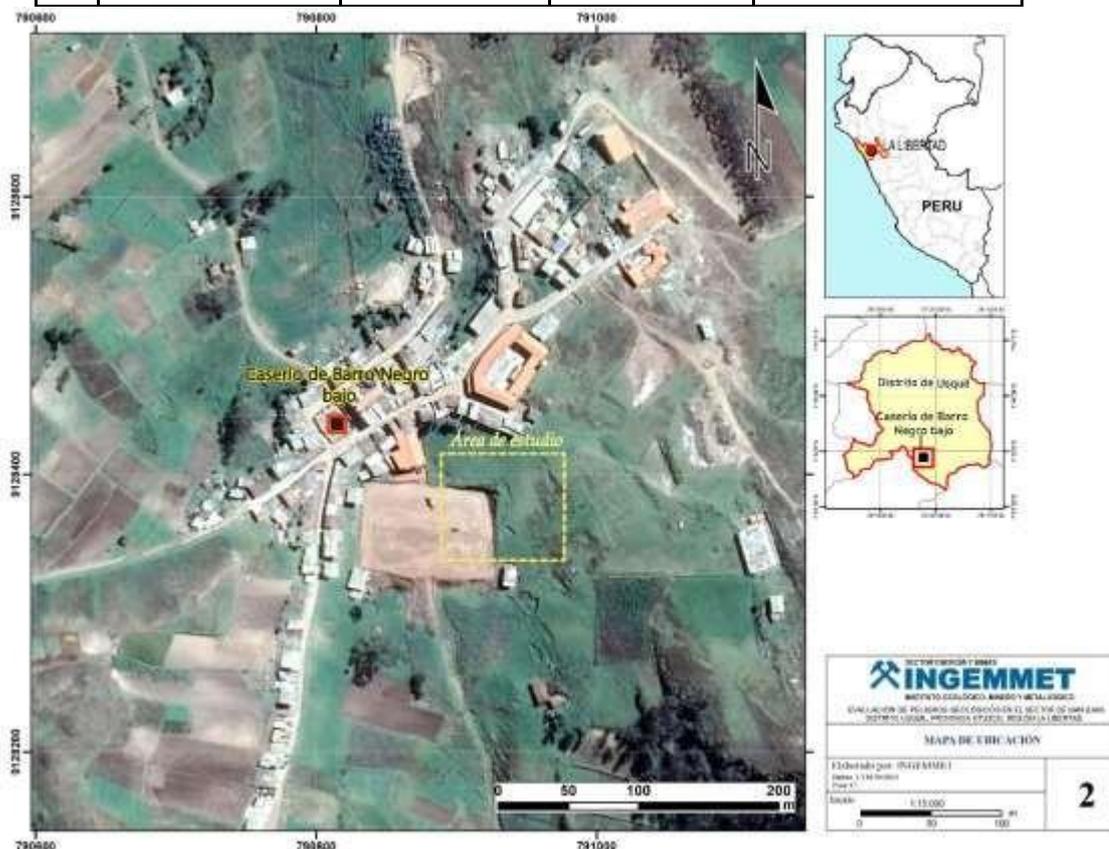


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio.

1.3.2. ACCESIBILIDAD

Teniendo como base la provincia de Lima, el área de estudio es accesible por la ruta Lima – Trujillo – Otuzco - Barro Negro bajo, 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	557	8 h 15 min
Trujillo – Otuzco	Asfaltada	77	1h 55 min
Otuzco – Barro Negro bajo	Carretera de trocha	40	1h 40 min

1.3.3. CLIMA

Según el Mapa climático Nacional del SENAMHI, el caserío de Barro Negro tiene un clima semiseco frío, con precipitación semi-seca, temperatura fría y alta humedad. Este tipo de clima es propio de la región de la sierra, de valles interandinos bajos e intermedios, comprendidos entre los 1000 y 3000 m s.n.m.

La base de datos de la Autoridad Nacional de Agua – Ana (2015), muestra que la estación meteorológica más cercana al área de estudio es Capachique, ubicada a 18 km del caserío de Barro Negro bajo. El registro climático de esta estación, entre 1966 a 1987, muestra precipitaciones mensuales de 274 mm a 609 mm, en los meses de febrero a abril (periodo altamente lluvioso).

2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

La geología del área de estudio se elaboró teniendo como base el mapa de cuadrángulo de de Cajabamba (16g), además de la 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 descripción geológica se sustenta en los estudios anteriores, la cual ha sido verificada y corroborada con las observaciones de campo desarrolladas en esta evaluación.

2.1. Unidades litoestratigráficas

Según el cartografiado regional a escala 1: 100 000, el área de estudio está representado en su totalidad por unidades litográficas del Grupo Calipuy (PN-c) (figura 4). Además las observaciones de campo insitu muestran presencia de depósitos coluvio – deluviales no consolidados que cubren afloramientos del Grupo Calipuy.

2.1.1. FORMACIÓN CALIPUY (PN-c)

El Grupo Calipuy litológicamente está constituido por andesitas, dacitas y riolitas de color gris pardo marrón y morado en bancos gruesos de conglomerados y lutitas marrón rojizo (Cossio A & Jaén H. 1967). Los afloramienos rocosos están ligeramente meteorizados, lo que indica ligeras decoloraciones en la roca y en superficie de discontinuidades (fracturas). Y son cubiertos por depósitos cuaternarios al pie de pendientes, quebradas y lechos de río. Se observa la presencia de fallas en dirección SE –NW al NE del área de estudio (figura 3)

Los trabajos litogeoquímicos del INGEMMET (2005) muestran la presencia de andesitas y dacitas con emplazamiento volcánico tipo colada, en zonas aledañas al área de estudio (figura 3).

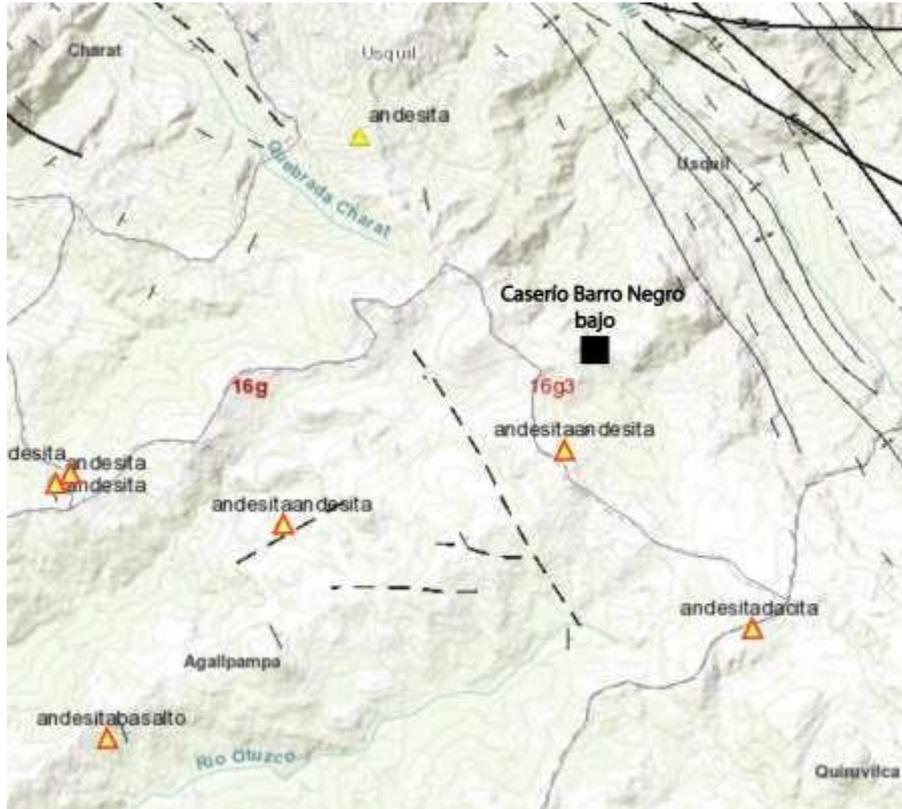


Figura 3. Puntos donde se desarrollaron trabajos de litogeoquímica. Fuente: INGEMMET, 2015

2.1.2. DEPÓSITOS COLUVIO - DELUVIALES

El centro poblado de Barro Negro Bajo se ubica sobre depósitos coluvio deluviales, que son materiales no consolidados de bloques volcánicos, sedimentarios y metamórficos envueltos en una matriz arcillo limosa (fotografía 1 y 2). Son en estos suelos, donde se han evidenciado movimientos en masa de tipo deslizamientos y derrumbes.



Fotografía 1. Depósitos no consolidados, cuyos clastos se encuentran altamente intemperizados



Fotografía 2. Bloque de cuarcita dentro de depósitos no consolidados

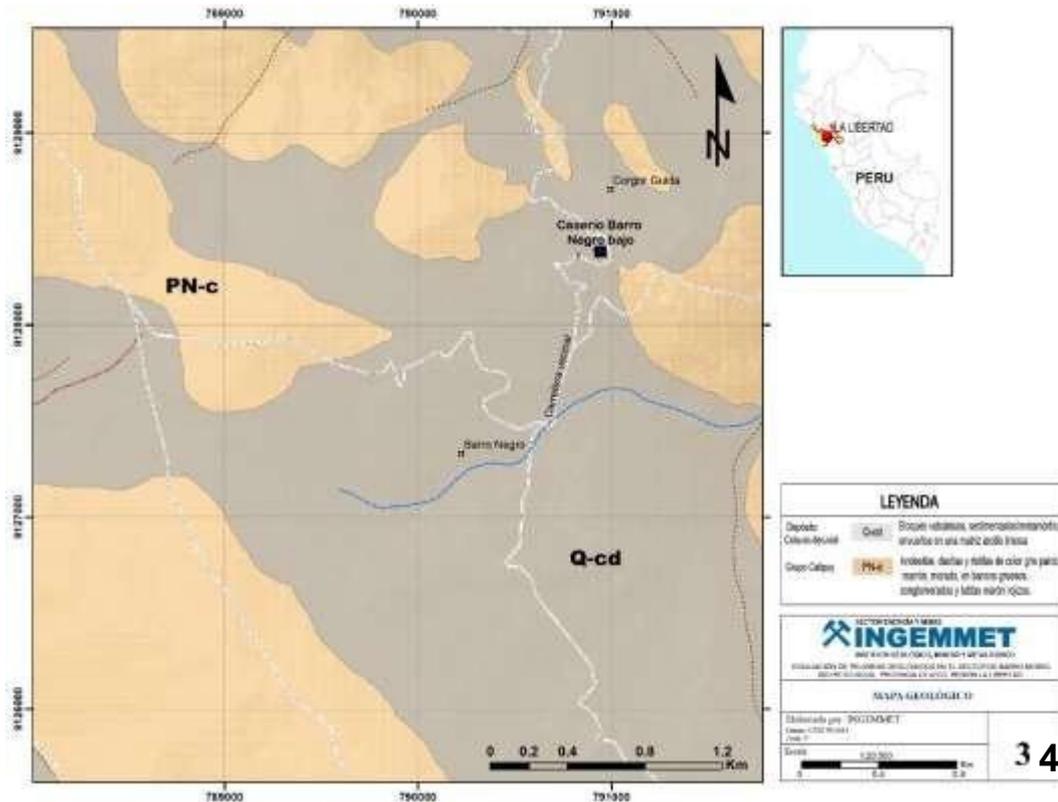


Figura 4. Mapa Geológico del área de estudio. Fuente: Cossio A & Jaén H. 1967

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, nos permite visualizar, que el área de estudio se asienta sobre áreas de pendientes con rangos entre 15° a 25°) (figura 5).

Los peligros geológicos por deslizamiento y flujo se observan frecuentemente en zonas de pendientes fuertes a abruptas fuertes a abruptas (cuadro 4).

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.

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

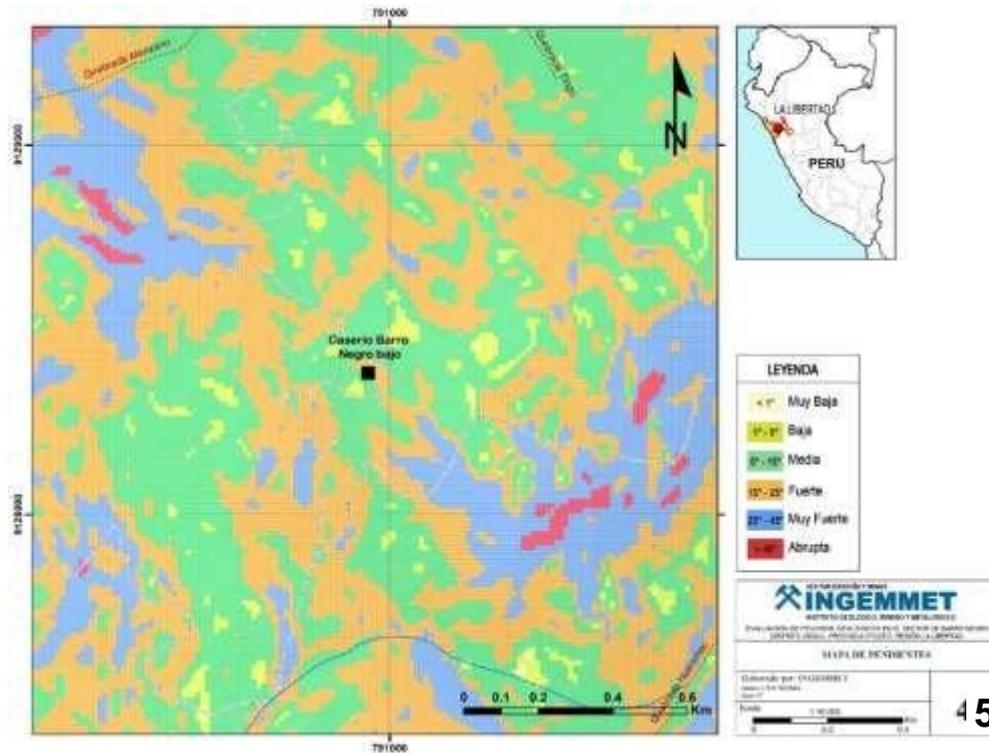


Figura 5. Mapa de pendientes.

3.2. Unidades geomorfológicas

El mapa geomorfológico a escala 1:100 000 del INGEMMET, clasifica regionalmente la zona de montañas en roca volcánica (RM-rv) y montaña estructural en roca sedimentaria (RMCE-rs). Es la del primer tipo (RM-rv), la que mayor representación tiene en el área de estudio (figura 6).

3.2.1. GEOFORMAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL

Están representadas por geformas 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 geformas de carácter depositacional, por transporte y acumulación de sedimentos.

3.2.1.1. Montañas en roca volcánica (RM-rv)

Se expone ampliamente en el lado occidental y sur de la región, y en la frontera con la región La Libertad, ocupando el 18.94 % del área total de la región. El paisaje muestra acumulaciones de materiales volcánicos de derrames lávicos, piroclásticos o intercalaciones de ambos, las cuales corresponden al grupo del volcánico Calipuy (fotografía 3). La morfología más característica está representada por superficies planas y onduladas que forman altiplanos volcánicos amplios, con frentes escarpados a abruptos.

Se presentan en los sectores de Otuzco, Colpa, Calipuy, Huaso y Julcán. Los movimientos en masa asociados son derrumbes, deslizamiento, caída de rocas y erosión de laderas.



Fotografía 3. Vista de montañas en roca volcánica, al sur del área de estudio.

3.2.2. GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL

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

3.2.2.1. vertiente coluvio-deluviales (Qh-cd)

En esta unidad se agrupan los depósitos de naturaleza coluvio, producto de la denudación – transporte de sedimentos o deslizamientos históricos, recientes y/o reactivaciones. Estas vertientes son cortadas por ríos, en donde se observa mayor erosión de laderas y presencia de movimientos en masa (Vilchez et al., 2020).

Se forma al pie de acantilados, escarpes y laderas muy empinadas. Hay escasa o nula presencia de suelos y vegetación por la acumulación de fragmentos de roca (entre 50 y 80%) de variado tamaño (gravas a bloques), resultantes de la meteorización física por gelifracción o termo-fracción de los materiales que los constituyen. Estos fragmentos, deprendidos de los escarpes, se desplazan en caída libre o rodando cuesta abajo. Van formando aglomeraciones de bloques sueltos que adoptan una forma semicónica (fotografía 8). Así, pues, se les denomina conos cuando se presentan como un depósito único, y talud de detritos cuando se presentan como varios conos acomodados de forma sucesiva. Los materiales coluviales acomodados al pie de acantilados o laderas tienen un ángulo de reposo de 35° aproximadamente (Vilchez et al., 2020).

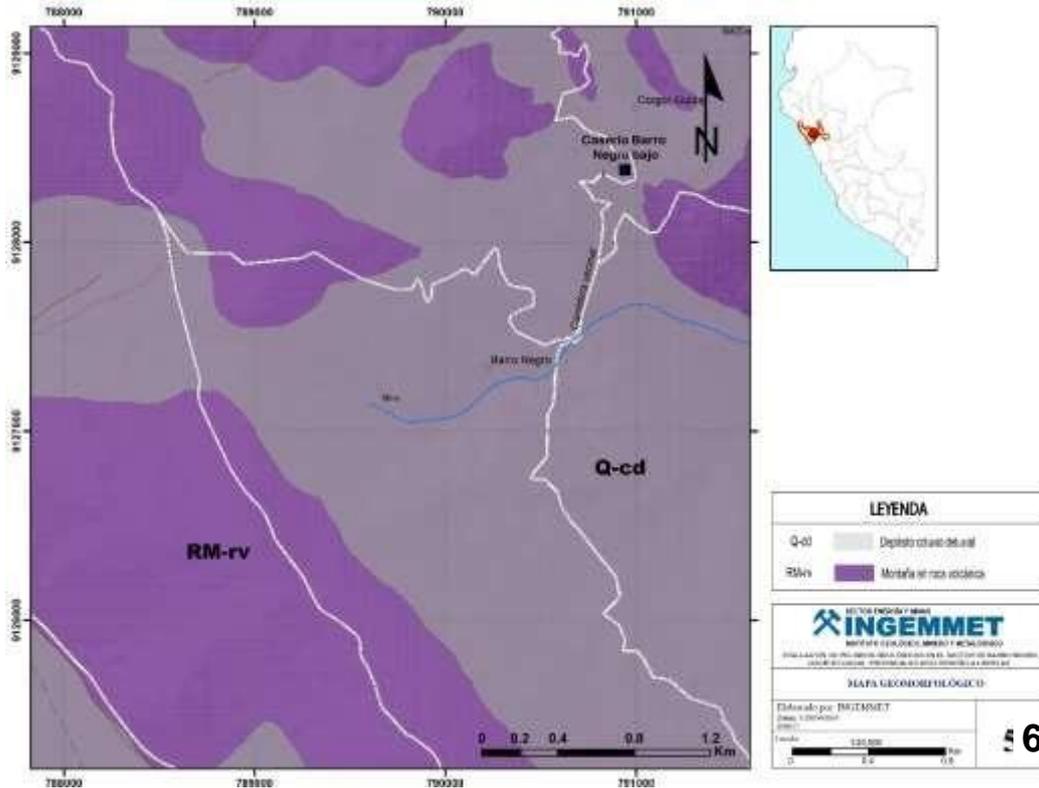


Figura 6. Mapa geomorfológico en el área de estudio. Fuente: INGEMMET, 2017

4. PELIGROS GEOLÓGICOS POR MOVIMIENTOS EN MASA

El peligro geológico reconocido en la zona evaluada, corresponden a un movimiento en masa de tipo deslizamiento y derrumbe (Proyecto Multinacional Andino: GCA, 2007).

El cartografiado geodinámico, con la aplicación de Google earth, se elaboró teniendo como base la información GPS obtenida en campo, donde se registra y localiza la presencia de deslizamientos de tipo rotacional en dos sectores colindantes a la cancha deportiva del caserío de Barro Negro bajo. Estos eventos, se generaron en época de lluvia (febrero de 2019), cubriendo parte de la cancha deportiva.

A continuación, se describen dos sectores (A y B) donde se evidencian deslizamientos y derrumbes (figura 7). Como medida de mitigación a corto plazo, se construyó muros de contención en ambos sectores; sin embargo, la escarpa principal del deslizamiento más grande (sector A) amenaza con destruir el poste de alumbrado público, ubicado a solo 1.5 m de la misma (

- **Sector A – Deslizamiento de suelo:** Son movimientos en masa que se desplazan a favor de la pendiente y a través de un plano de ruptura. Son detonados por eventos naturales y/o antrópicos. En el sector A, se observa un deslizamiento rotacional de 34 m de ancho, con escarpa retrogresiva de 85 m de longitud, presenta saltos de 0.5 m a 1 m a más de 2 m de la escarpa principal (figura 7).
- **Sector B – Derrumbes de suelo:** Son movimientos en masa que se desplazan a favor de la pendiente caóticamente (sin un plano de ruptura). Son detonados

por eventos naturales y/o antrópicos. En el sector B se observa derrumbes a lo largo de 25 m de longitud.



Figura 7. Dinámica el área de estudio

4.1. Identificación y caracterización de movimientos en masa en el área de estudio

4.1.1. EVOLUCIÓN TEMPORAL DE MOVIMIENTOS EN MASA

A) Estado del área de estudio antes de los eventos.

Las imágenes satelitales desde octubre del 2010 al 2019 (antes del evento) muestran la presencia de zonas de humedad en la cancha deportiva, hundimientos y alineamientos sobre la ladera del Sector A, considerándose este, un sector altamente inestable y propenso a la ocurrencia de movimientos en masa. Por otro lado, el sector B, no muestra evidencias de inestabilidad hasta después del uso de maquinaria pesada, usado para los trabajos realizados sobre la cancha deportiva del caserío de Barro Negro bajo (figura 8).



Figura 8. Evolución temporal del área de estudio

B) Origen del deslizamiento y derrumbes

De acuerdo a los testimonios de los pobladores, , antes de que los deslizamientos y derrumbes ocurran, se realizó una actividad antrópica de remoción de suelos con maquinaria pesada en la cancha deportiva del caserío. Por lo cual, se asume que esta inestabilidad antrópica provocada, realizada en época de lluvias, contribuyeron a la generación de los movimientos en masa antes mencionados; los cuales responden a una socavación en la parte baja de las laderas

C) Estado actual de deslizamientos y derrumbes (noviembre de 2020)

Sector A: El deslizamiento está ubicado en la esquina derecha de la cancha deportiva, su escarpa principal tiene una geometría circular, con saltos de 0.5 m a 1 m de altura (figura 9 y 10). Los suelos desplazados son depósitos residuales no consolidados (fotografía 4).



Figura 9. Escarpa del deslizamiento con saltos de 0.5 m a 1 m



Fotografía 4. Depósitos no consolidados del deslizamiento

Sector B: Los derrumbes generados están ubicados en el lado izquierdo de la cancha deportiva. Estos movimientos son pequeños y se distribuyen a lo largo de 25 m de longitud, producto de desestabilización de la ladera ante uso de maquinaria pesada.

Cuando estos derrumbes ocurrieron, afectaron tubos de desagüe de lluvia y de riego



Figura 10. Localización de escarpas, saltos y posibles elementos condicionantes de la ocurrencia de deslizamiento y derrumbes

Observación en campo

En la figura 10 se delimitan y señalan los elementos del deslizamiento, describiendo líneas abajo según su localización, respecto a este.

Parte alta del deslizamiento:

- Se observa la presencia de otros saltos de 2 m a 3 m de la escarpa principal del deslizamiento (figura 11).
- Presencia de una zanja precaria y sin revestimiento, usada para desviar el agua de filtración y cauces de agua que discurren en temporada de lluvia por la ladera (figura 12).

Flanco izquierdo del deslizamiento

- A 1.5 m se observa un poste de alumbrado público que es parte del sistema de electrificación del caserío Barro Negro (figura 13 y 14).
- A 4 m se observa un Hoyo de 1.5 m de altura, usado para la fabricación de adobes. Sin embargo, esta depresión se llena de agua en época de lluvia y causa mayor infiltración y flujos de agua que discurren en dirección a la vivienda de adobe ubicada a 20 m (figura 14).

Parte baja del deslizamiento:

- Muros de contención para retener el material desplazado en ambos sectores A y B (fotografía 5 y figura 15)



Figura 11. Saltos presentes a 3 metros de la escarpa del deslizamiento



Figura 12. Zanja precaria a 6 m de la escarpa del deslizamiento



Figura 13. Poste de alumbrado público a solo 1.5 m de la escarpa principal



Figura 14. Hoyo antrópico, cerca al deslizamiento activo



Fotografía 5. Muros de contención en el sector A



Figura 15. Muros de contención en el sector B

4.2. Medidas de mitigación realizadas después del evento

- Limpieza de la masa desplazada sobre la cancha deportiva del caserío.
- Muros de contención al pie del deslizamientos y derrumbes.
- Reemplazo de tubos de riego y de canalización de lluvia, en el sector B.

4.3. Daños futuros

La ampliación de las dimensiones del deslizamiento puede generar:

- Empuje del muro de contención colocado.
- Caída del poste de alumbrado público y por ende interrupción del sistema eléctrico del caserío Barro Negro bajo.
- Acumulación de material desplazado sobre la cancha deportiva .
- Destrucción de los tubos de riego y de derivación de agua de lluvia en el sector B.

4.4. Zonas propensas a la ocurrencia de deslizamientos

El análisis de las imágenes satelitales previas al evento de deslizamiento, mostró la presencia de hundimientos y alineaciones, como evidencia de futuros problemas de movimientos en masa. Al igual que en ese sector, hay otra zona con características de alineamientos y hundimientos similares. A la fecha no se ha presentado problemas de deslizamiento; sin embargo, estas evidencias, señalan las posibilidades de generación de deslizamientos posteriores en la zona (figura 16).



Figura 16. Muros de contención en el sector B

4.5. Factores condicionantes y desencadenantes

4.5.1. FACTORES CONDICIONANTES

- **PENDIENTE:** El área de estudio está definida por montañas con pendientes de fuerte inclinación (15° a 25°). Las pendientes con grado de inclinación fuerte son más susceptibles a la presencia de movimientos en masa gravitacionales.
- **GEOLOGÍA:** Los depósitos coluvio – deluviales son suelos limo arcillosos que envuelven en su matriz clastos intrusivos, sedimentarios y metamórficos y son propensos a la ocurrencia de movimientos en masa de tipo deslizamiento y derrumbes por ser suelos no consolidados de mala calidad.

4.5.2. FACTORES DESENCADENANTES

- **ANTRÓPICOS:**
USO DE MAQUINARIA PESADA: El trabajo de remoción de masas al pie de un talud genera movimientos en masa con desprendimientos de grandes masas de tierra, por socavación o desestabilización del mismo.

Los límites de la cancha deportiva de caserío de Barro Negro bajo, son el pie de taludes de pendientes fuertes, por lo que el corte de estas zonas causa inestabilidad del talud y movimientos en masas como los que se originaron

- **NATURALES**

PRECIPITACIONES: El periodo lluvioso en el área de estudio son entre los meses de febrero a abril. La precipitación intensa genera mayor infiltración de agua superficial sobre el terreno, provocando la desestabilización del talud donde aún no se produjo un movimiento en masa y aceleración del avance de la masa desplazada de un movimiento ya existente.

5. CONCLUSIONES

- a) Geológicamente, el área de estudio se encuentra sobre depósitos coluvio-deluviales no consolidados de bloques volcánicos, sedimentarios y metamórficos envueltos en una matriz arcillo limosa, quienes cubren afloramientos ligeramente meteorizados de rocas volcánicas con bancos de conglomerados y lutitas del Grupo Calipuy..
- b) Geomorfológicamente, el área de estudio está formado por montañas en rocas volcánicas y vertientes coluvio-deluviales, con laderas de pendientes de fuerte (15° a 25°) y media inclinación (5° a 15°). Estas características asociadas a la geología clasifican el área con un grado de susceptibilidad **baja a media**.
- c) Los peligros geológicos reconocidos en la zona de estudio, corresponden a movimientos en masa de tipo 'DESLIZAMIENTO ROTACIONAL y DERRUMBES', determinados en los sectores A y B, los cuales fueron originados en febrero de 2019, inmediatamente después del uso de maquinaria pesada para limpieza y remoción de masas de tierra en la cancha deportiva del caserío de Barro Negro Bajo.
- d) El deslizamiento rotacional generado al lado derecho de la cancha deportiva (sector A) tiene una escarpa retrogresiva de 85 m de longitud con saltos coronarios de 0.5 m a 1 m, ubicados a 4 m de la escarpa principal. Los derrumbes generados al lado izquierdo de la cancha deportiva (sector B), son pequeños y se distribuyen a lo largo de 25 m de longitud. La masa desplazada de estos movimientos cubrió una parte de la cancha deportiva en el 2019.
- e) Las imágenes satelitales temporales antes del evento (octubre del 2010 al 2019) muestran la presencia de zonas de humedad en la cancha deportiva, hundimientos y alineamientos sobre la ladera del Sector A, considerándose un **sector altamente inestable y propenso a la ocurrencia de deslizamientos**.
- f) Las medidas de mitigación realizadas meses después de la ocurrencia del deslizamiento, fueron: Limpieza de la masa desplazada sobre la cancha deportiva del caserío, colocación de muros de contención al pie del deslizamiento y derrumbes y el reemplazo de tubos de riego y lluvia, destruidos por los derrumbes.
- g) Es necesario precisar que, de no realizar algunas medidas de mitigación y acciones adicionales para estabilización de la zona, el deslizamiento podría empujar del muro de contención y acumulación del material desplazado sobre la cancha deportiva, lo cual puede provocar la caída del poste de alumbrado público e interrupción del sistema eléctrico de Barro Negro Bajo, destrucción de tubos de riego y colectores de lluvias en el lado izquierdo de la cancha deportiva.
- h) En la imagen satelital antes del evento (octubre del 2010 al 2019), se identificó dos zonas propensas a la ocurrencia de deslizamientos. Una de estas zonas es

el deslizamiento desencadenó en el sector A, en 2019, mientras que la otra zona presenta evidencias de hundimientos y alineamientos que podrían activarse en el futuro.

- i) Los factores condicionantes del deslizamiento y derrumbes en el caserío de Barro Negro son la pendiente y la geología, asociado a factores desencadenantes de tipo antrópico (uso de maquinaria pesada) y natural (precipitaciones).

6. RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda realizar un adecuado sistema de drenaje, revestido en su totalidad para captación de agua de lluvia, específicamente en la zona donde se localiza la zanja precaria (figura 17)

A esta zanja precaria existente (lado derecho figura 17), debe ser revestida y ampliada.



Figura 17. Área para desarrollar un adecuado sistema de drenaje

- b) Debido a que el deslizamiento no posee grandes dimensiones, se recomienda realizar un sistema de andenerías o terrazas escalonadas pequeñas hasta la parte alta del deslizamiento (figura 18)



Figura 18. Modelo y esquema de sistema de andenerías sobre la masa desplazada del deslizamiento.

- c) Implementar y realizar un monitoreo permanente a fin de verificar la inclinación y desplazamiento del muro de contención.
- d) Se recomienda reubicar los tubos de drenaje (riego y lluvia) que fueron destruidos por derrumbes, a una zona fuera del área de influencia. Así como los postes de alumbrado eléctrico.

- e) Todos los trabajos ingenieriles que involucren maquinaria pesada y remoción en masa no deben ser realizados en época de lluvia.



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

7. BIBLIOGRAFÍA

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 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 Cajabamba 15-f, 15-g, 16-g INGEMMET. Boletín 31, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 31. 67p.