

Informe Técnico N° A6689

PELIGROS GEOLÓGICOS EN EL SECTOR SALLIQUE

Región Cajamarca
Provincia Jaén
Distrito de Sallique
Paraje Sallique



POR:

SEGUNDO NÚÑEZ
GAEL ARAUJO HUAMÁN

ABRIL 2016

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	ANTECEDENTES.....	1
1.2	OBJETIVOS.....	1
1.3	ESTUDIOS ANTERIORES.....	2
II.	ASPECTOS GENERALES.....	2
III.	ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	4
IV.	PELIGROS GEOLÓGICOS	8
4.1	DESLIZAMIENTOS	8
4.1.1	DESLIZAMIENTO DE SALLIQUE (1)	10
4.1.2	DESLIZAMIENTO SALLIQUE- VISTA ALEGRE (2).....	14
4.2	EROSIÓN FLUVIAL	20
V.	EVALUACIÓN DEL ÁREA DE REUBICACIÓN.....	21
5.1	MEDIDAS A CONSIDERAR EN LA ZONA DE REUBICACIÓN	22
VI.	MEDIDAS CORRECTIVAS.....	24
	CONCLUSIONES.....	26
	RECOMENDACIONES.	28
	BIBLIOGRAFÍA.....	29

DESLIZAMIENTO DE SALLIQUE

(Distrito Sallique, provincia Jaén y Departamento Cajamarca)

I. INTRODUCCIÓN

El Perú por su ubicación en la parte central de los Andes, es uno de los países con mayor incidencia en peligros geológicos (Benavente, C. 2007). Deslizamientos antiguos y recientes, algunos en procesos de reactivación por diversos factores, naturales o por actividad antrópica (malas técnicas de regadío, deforestación, etc.) caracterizan al territorio peruano.

Los deslizamientos que ocurren en épocas lluviosas representan una respuesta de las laderas a las precipitaciones que caen sobre ella. Estas precipitaciones tienen características variables, definidas por la intensidad, duración y distribución sobre la zona de estudio (Instituto Nacional de Vías 1998).

Las elevadas precipitaciones pluviales que ocurren en la cordillera, son factores desencadenantes para generar movimientos en masa (deslizamientos, derrumbes, desprendimiento de rocas y flujos de detritos). Sobre todo en aquellas laderas de pendientes fuertes, con substratos rocosos de mala calidad o depósitos de procesos de movimientos en masa antiguos, son características que lo hacen muy susceptibles a sufrir estos procesos; como también a la reactivación de antiguos deslizamientos.

En este informe se presentan los hallazgos y conclusiones de la visita de campo, así como recomendaciones con el fin de reducir la vulnerabilidad y evitar consecuencias lamentables para la población de Sallique.

1.1 ANTECEDENTES

Mediante Oficio N°448-2015/VIVIENDA-VMVU-PNC de fecha 05 agosto 2015, El Director Ejecutivo de Programa Nuestras Ciudades del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, se dirige al Director de Geología Regional del Ingemmet, solicitando un estudio geológico en el distrito de Sallique, provincia Jaén, Departamento Cajamarca, este documento es derivado a la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico para su atención.

Atendiendo la petición, el Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, comisionó al Ing. Segundo Núñez Juárez y a la Bach. Gael Araujo Huaman, para realizar trabajos de campo en la zona en mención los cuales fueron desarrollados entre el 07 y 09 de setiembre del 2015. Durante los trabajos de campo, estuvieron presentes lugareños, así como miembros de la municipalidad de Sallique.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo de este informe es evaluar los peligros geológicos que han afectado y podrían seguir afectando a la localidad de Sallique; así como causas de su ocurrencia. La información servirá para que las autoridades puedan actuar adecuadamente en la prevención y mitigación de desastres del sector evaluado.

1.3 ESTUDIOS ANTERIORES

Estudios geológicos efectuados con anterioridad que tratan aspectos señalados en el presente informe son:

- “Geología de los Cuadrángulos Las Playas (9-c), La Tina (9-d), Las Lomas (10-c), Ayabaca (10-d), San Antonio (10-e), Chulucanas (11-c), Morropón (11-d), Huancabamba (11-e), Olmos (12-d) y Pomahuaca (12-e)” realizados por Reyes & Caldas (1987), donde señalan las unidades geológicas regionales, estando el área de Sallique sobre la Formación Partiatambo.
- Riesgo Geológico en la Región Cajamarca, realizado por Zavala & Rosado (2011), señalan que el sector de Sallique se encuentra en un área de alta susceptibilidad a movimientos en masa.

II. ASPECTOS GENERALES

El poblado de Sallique se encuentra en el norte de Perú, al noroeste del departamento de Cajamarca, a 121km al oeste de Jaén su capital provincial (figura 1).

Se localiza entre las coordenadas UTM marcada por los vértices:

9374800 N, 683560 E.

9372000 N, 683560 E

9372940 N. 687940 E

9375430 N, 687460 E

a una altitud promedio de 1700 m.s.n.m, en la margen izquierda del río Sallique.

Se accede desde Lima la siguiente manera:

- Lima-Chiclayo-Lambayeque, 810 km (vía asfaltada)
- Lambayeque-Olmos, 77 km. (vía asfaltada).
- Carretera Olmos-Jaén, hasta llegar al km. 81 (Vía asfaltada).
- Km. 81 hasta Sallique, tramo de 23 km (vía afirmada).

El traslado desde Chiclayo hasta Sallique en camioneta, es de aproximadamente seis horas.

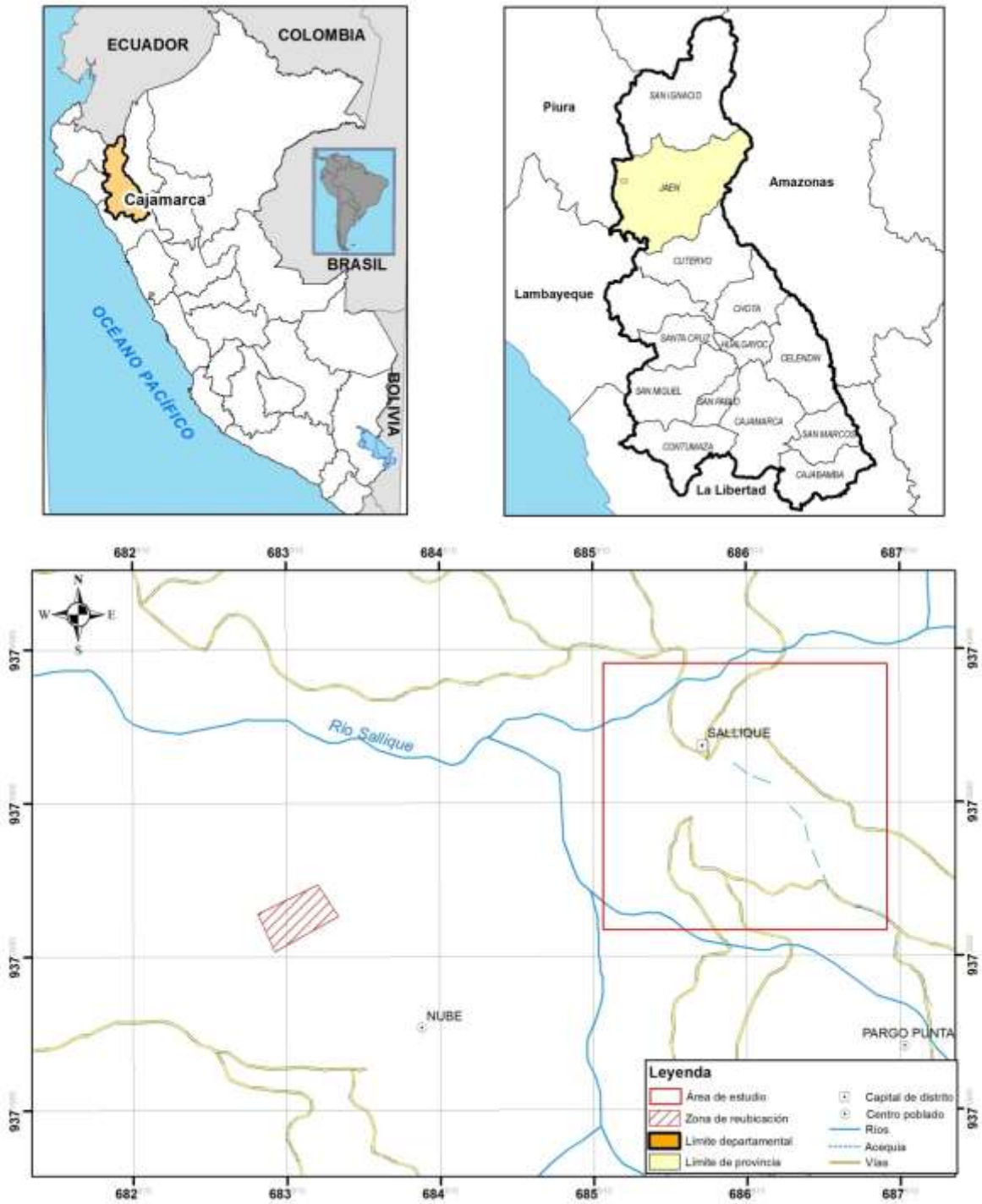


Figura 1. Ubicación del área de trabajo.

III. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Tomando como base el mapa geológico de la hoja de Pomahuaca (Reyes& Caldas, 1987), en el área afloran unidades geológicas (ver figura 2) cuya edad van desde el Cretáceo al Cuaternario reciente, las cuales corresponden a las siguientes formaciones:

Formación Inca-Chulec (Km-ichu): La primera (Inca), conformada por un conglomerado basal, areniscas, lodolitas gris cementadas, se tienen también margas arcillosas, gris violáceas. La segunda (Chulec), compuesta por calizas, margas gris-marrones, bastante frágiles. Aflora localmente en el sector La Loma.

Formación Pariatambo (Km-pa): Lodolitas calcáreas gris a negras de estructura lutácea que meteorizan a tonalidades blanco violáceas, se les encuentra en el sector de Sallique cuya edad corresponde al Cretáceo medio (fotos 1A, 1B y 1C).

Grupo Pullucana (Km-pa): Calizas areniscosas de matices gris-claros, que meteorizan a tonalidades crema o pálidas. Esta unidad se encuentra en las inmediaciones de Sallique (foto 2).

Tonalita Rumipite (KT-t,d,r): La tonalita es una roca grisácea clara de grano grueso a medio; presenta plagioclasas de formas subhedrales, maclados y zonados, con alteraciones a sericita, calcita y epidota. En el área de estudio se encuentran al noreste.

Granitoides indiferenciados (KT-i): Plutones no han sido diferenciadas cartográficamente de acuerdo a sus variaciones litológicas, se encuentran conformando parte de la cordillera de Sallique. Estos varían entre tonalitas y granodioritas.

Volcánico Porculla (P-p): Constituido, mayormente por tobas de composición andesíticas y riolíticas, gris blanquecinas, en bancos masivos, que conforman farallones a lo largo de los flancos de los cuerpos fluviales; presentan intercalaciones de brechas piroclásticas andesíticas así como lavas de esta misma composición.



Foto 1A, secuencia de areniscas limosas color rojizo. Foto 1B, patinas de yeso entre las capas lutáceas. Foto 1C, fósil de amonite encontrado entre los depósitos del deslizamiento. Pertenecen a secuencias de la Formación Pariatambo.



Foto 2. Secuencia de calizas del Grupo Pullucana.

Depósito coluvio-deluvial (Qh-cd): Se trata de un depósito proveniente de un deslizamiento antiguo, donde actualmente se encuentra el poblado de Sallique. Está conformado por bloques, gravas de formas angulosas, distribuidas en forma caótica, se muestra una matriz arcillo-limosa (foto 3).



Foto 3. Se aprecia el depósito coluvio-deluvial, generado por el antiguo deslizamiento.

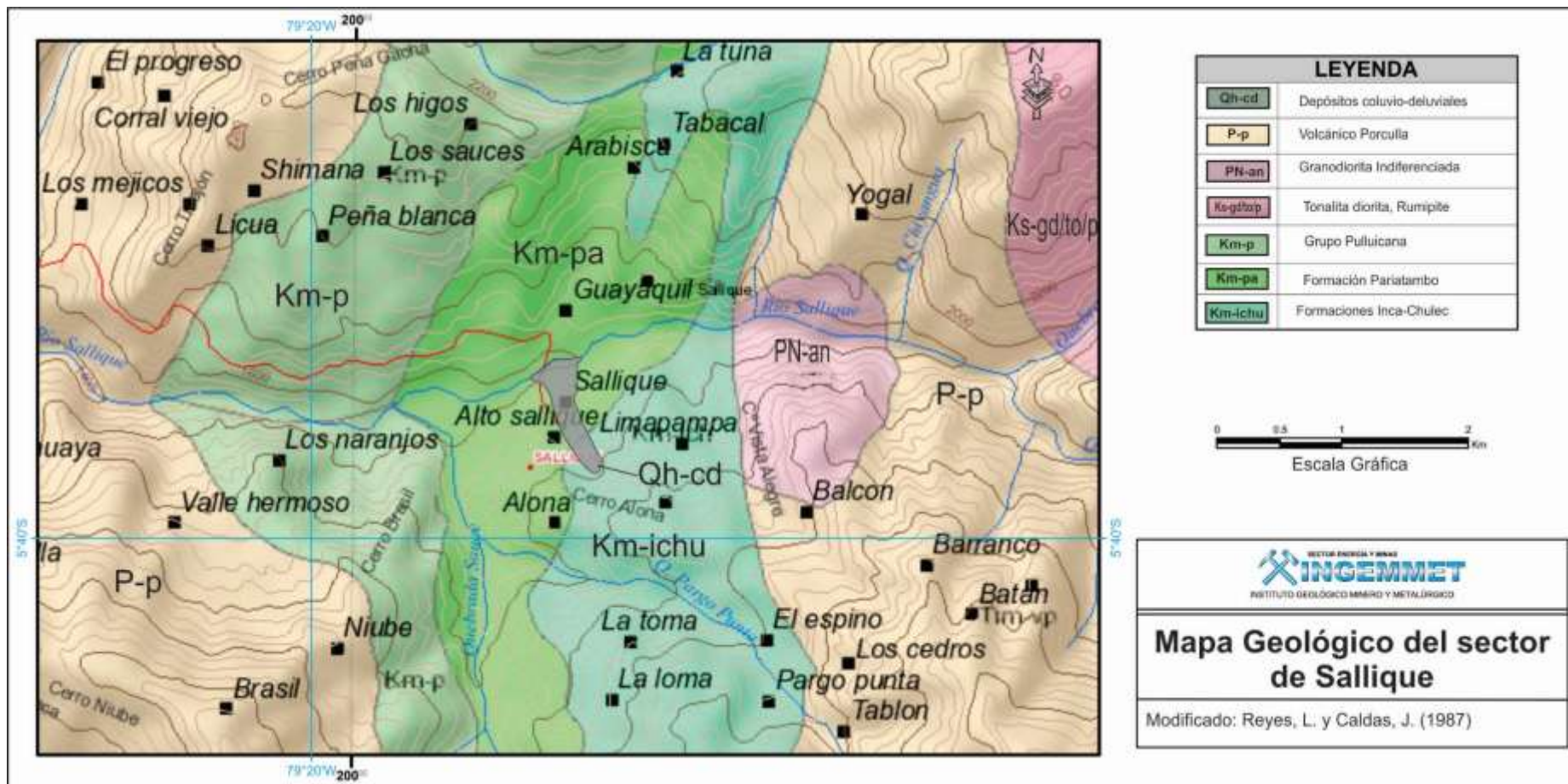


Figura 2

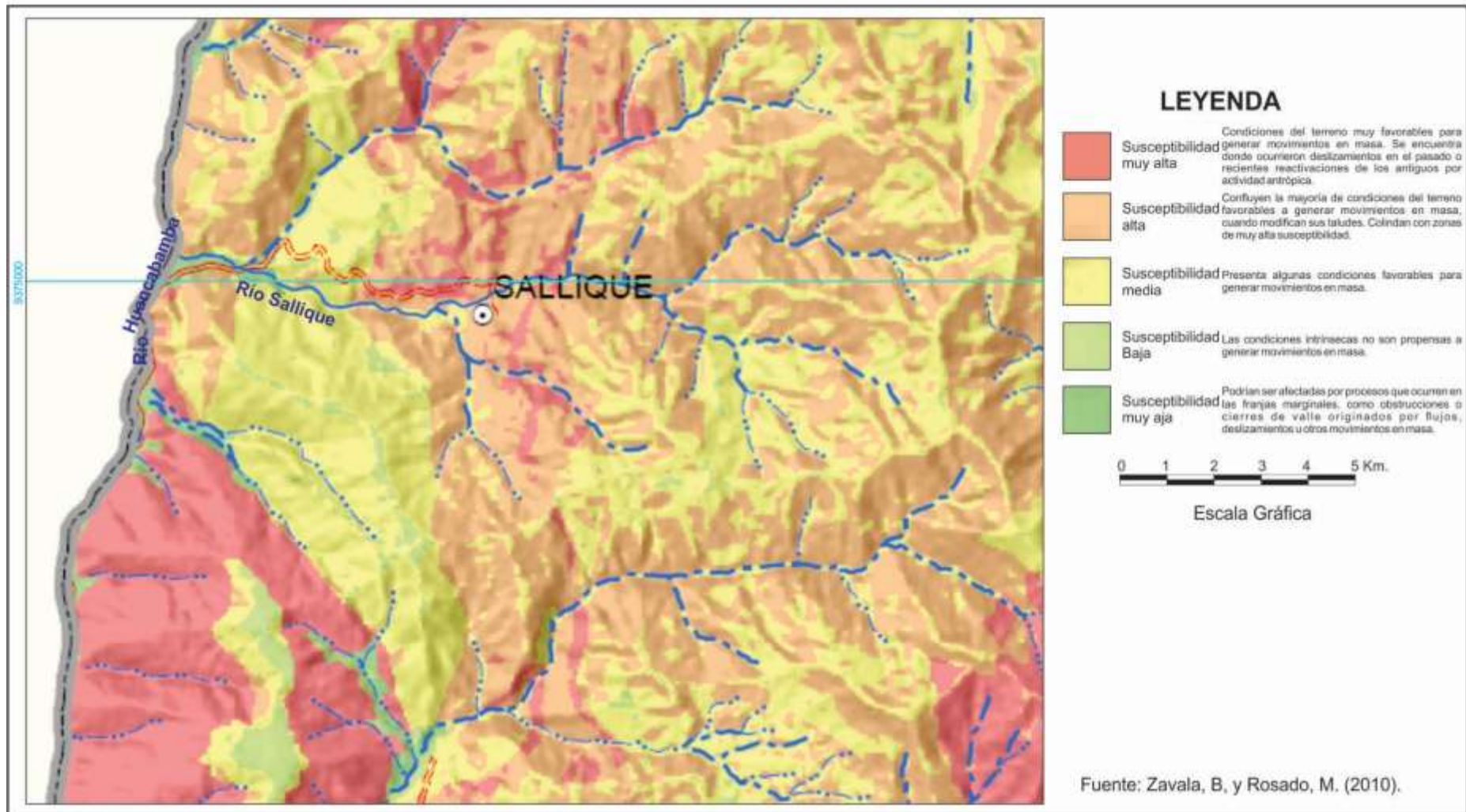


Figura 3. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa del sector de Sallique.

IV. PELIGROS GEOLÓGICOS

En el estudio de Riesgos Geológicos de la región Cajamarca (Zavala & Rosado 2011), señalan al área de Sallique como una zona de alta y muy alta susceptibilidad a movimientos en masa (figura 3). Principalmente por tener un substrato rocoso de mala calidad, terrenos con pendiente moderada.

4.1 DESLIZAMIENTOS

Son movimientos ladera abajo de una masa de suelo o roca, desplazándose a lo largo de una superficie. Según la clasificación de Varnes (1978), se puede clasificar a los deslizamientos por la forma de la superficie de la escarpa, por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. En rocas competentes las tasas de movimiento son con frecuencia bajas, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas (PMA: GCA, 2007). En la figura 4, se representa las partes principales de un deslizamiento.

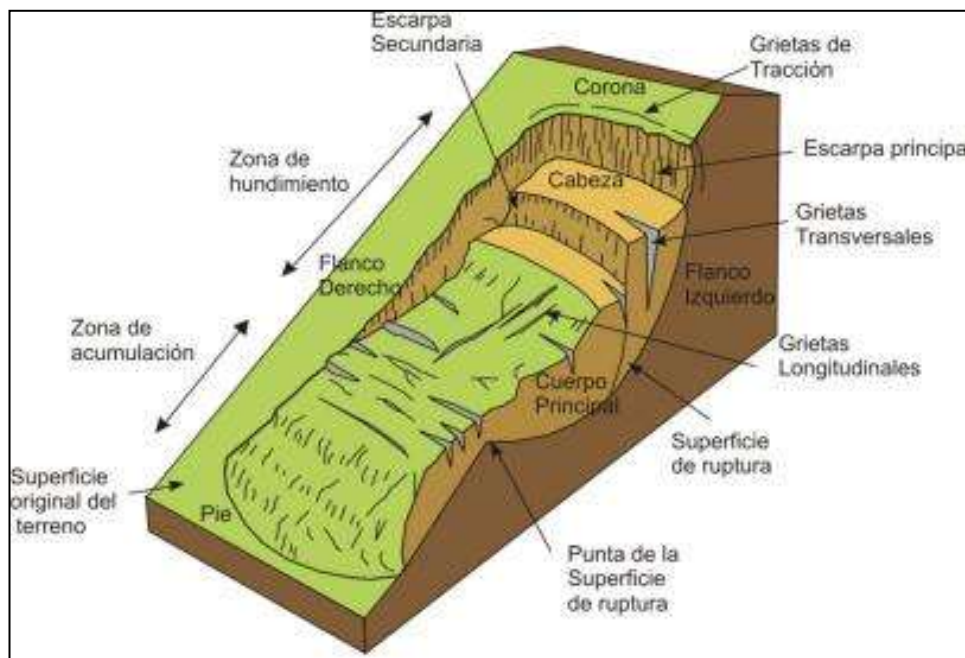


Figura 4. Esquema de un deslizamiento con sus partes principales. (Cruden y Varnes, 1996).

Las causas para la ocurrencia de estos procesos, se relacionan con la litología del substrato, pendiente del terreno, presencia de agua entre otros. Es frecuente que deslizamientos antiguos aparentemente ya estabilizados, se vuelvan a reactivar ya sea por factores naturales o antrópicos; como es el caso del deslizamiento de Sallique-Buena Vista (Figura 5).

También se identificó un deslizamiento reciente en las inmediaciones de la localidad de Sallique (1), (figura 5).

El sector de Sallique se considera como **zona crítica**, por estar afectada por deslizamientos.

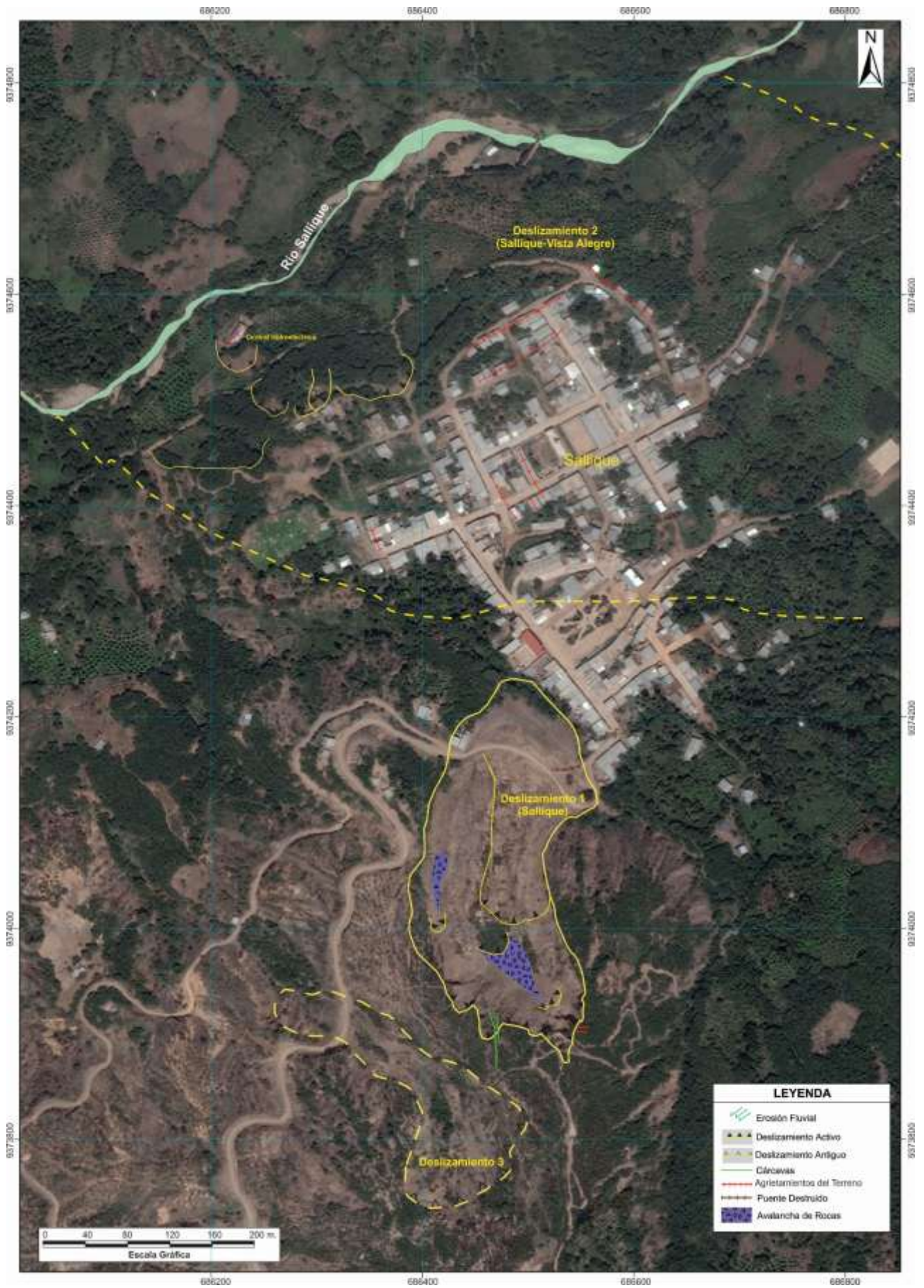


Figura 5. Peligros geológicos identificados en el área de Sallique y alrededores

4.1.1 DESLIZAMIENTO DE SALLIQUE (1)

Este deslizamiento rotacional reciente, se ubica hacia el suroeste de la localidad Sallique. Se originó en el periodo lluvioso del año 2011, reactivándose en el año 2014 según lo manifestado por los pobladores. Se encuentra comprendido entre las cotas 1680 a 1800 m s.n.m., es decir con un desnivel de 120 m.

Al desplazarse la masa del deslizamiento cuesta abajo, parte del material se canaliza por la quebrada Sana, dando lugar que el cauce migre hacia la margen derecha (foto 4).

El año 2014 durante el periodo lluvioso, se reactivó el deslizamiento, llegando la masa deslizada al cauce de quebrada.



Foto 4. Se muestra la masa deslizada por efecto del deslizamiento.

El sentido del desplazamiento de la masa es hacia el noreste, en dirección hacia la zona urbana.

Características del deslizamiento

Deslizamiento rotacional, presenta las siguientes características:

- Escarpa principal: longitud de 160 m y saltos entre 10 a 15 m, forma semicircular (foto 5).
- La distancia del pie hacia la corona del deslizamiento es de 340 m.
- En la reactivación del año 2014, se presentó con avance retrogresivo y lateral (figuras 6A y 6B), lo cual se comprueba con la imagen satelital del 2012 y los datos recolectados en la visita de campo del 2015 (foto 6).

También se observó que por detrás de la escarpa principal del lado derecho, a 5 m, se tienen agrietamientos del terreno con aperturas milimétricas.

En el cuerpo de deslizamiento se presentan cuatro escarpas secundarias (fotos 7, 8 y figura 5) con longitudes de hasta 50 m, con saltos entre 8 a 12 m. También se apreció en el terreno, agrietamientos transversales y longitudinales con longitudes entre 40 a 50 m., grietas con aperturas entre 40 a 60 cm de profundidad variable.



Foto 5. Se aprecia parte de la escarpa principal del deslizamiento de Sallique (1).



Figura 6A. Se muestra el avance retrogresivo que ha tenido el deslizamiento. Figura 6B. Presenta un avance lateral izquierdo. (Líneas rojas el antiguo escarpe, líneas amarillas el nuevo escarpe).



Foto 6. Se aprecian los agrietamientos del terreno, ubicados detrás del escarpe principal.



Foto 7. Se muestra la línea de escarpa principal (color amarillo) y las escarpas secundaria (color marrón).



Foto 8. Se aprecia el escarpe secundario y la pendiente del terreno.

Causas del deslizamiento de Sallique 1:

Los factores son:

- Substrato rocoso de mala calidad, conformada por lodolitas, calizas y areniscas, que permite la retención del agua.
- Estratificación a favor de la pendiente (foto 9).
- Afloramientos de vetas de yeso (foto 1B) con espesores milimétricos. El yeso tiene la propiedad de retener agua, por lo tanto contribuye con la saturación del terreno.
- Pendiente del terreno, entre 25° a 20°, favorece que la masa inestable se desplace cuesta abajo (foto 10).

- Filtraciones de agua, como puquiales (foto 11).

El factor desencadenante fue la intensidad de las precipitaciones pluviales durante el periodo lluvioso 2012. Esto quiere decir que ante lluvias excepcionales se puede activar nuevamente.



Foto 9. Se aprecia estratificación a favor de la pendiente, que favorece el desplazamiento de la masa inestable.



Foto 10. Se muestra la pendiente del terreno, menor de 25°.



Foto 11. Se muestra puquial, proveniente de filtraciones de agua subterránea, no tiene un drenaje adecuado.

Daños

El año 2014 afectó dos viviendas, que se ubicaban en el lado izquierdo del deslizamiento, enterró completamente el puente vehicular que conducía al sector de Valle Hermoso y obstruyó parte de la trocha afirmada Sallique-Valle Hermoso en un tramo de 130 m.

4.1.2 DESLIZAMIENTO SALLIQUE- VISTA ALEGRE (2)

El poblado de Sallique está asentado sobre un depósito de deslizamiento antiguo (foto 12), en proceso de reactivación desde el año 2010.

Este deslizamiento está en proceso de reactivación, afectando tubería de agua de regadío, viviendas ubicadas en el área urbana de Sallique, centro educativo inicial, posta médica y la Mini-central Hidroeléctrica de Sallique.

Características del deslizamiento antiguo

El deslizamiento antiguo es tipo rotacional (foto 12), con una escarpa principal de 400 m, salto principal entre 15 a 20 m, es de forma semicircular continua. La distancia del pie hacia la corona del deslizamiento es de 1800 m.

El cuerpo del deslizamiento presenta lomeríos, formas onduladas, basculamientos y cubetas (foto 13), que son productos del empuje de la masa deslizada.

En la parte alta del deslizamiento en tiempos de lluvia, siempre se forma una laguna por infiltraciones de agua, llega a tener una dimensión de 30 m de largo y

10 m de ancho (foto 14), el agua perdura hasta los meses de julio o agosto, según versiones de los pobladores.



Foto 12. Vista panorámica del deslizamiento de Sallique.



Foto 13. Escarpes secundarios en la parte alta del deslizamiento, se aprecia el basculamiento del terreno.



Foto 14. Se señala con líneas punteadas donde se forma una laguna en tiempos de lluvia.

La masa del deslizamiento llegó a emplazarse hasta el cauce del río Sallique, donde tomó la forma de abanico (foto 10), desviando el cauce hacia la margen izquierda, en un tramo de 650 m.

También se apreció por la margen izquierda del río Sallique, una escarpa con altura hasta 2 m, lo cual indica que el río se represó en un determinado tiempo.

Causas del deslizamiento de Sallique-Vista Alegre (2):

Los factores son:

- Roca de mala calidad, conformada por lutitas, calizas y arenisca.
- Toma de agua en mal estado, permite la filtración de agua al subsuelo
- Desembocadura de la tubería que termina en la ladera, vertiendo el agua sin ningún tipo de encausamiento, no tiene control.
- Pendiente del terreno, entre 30° a 20°, permite que la masa inestable se desestabilice y se desplace cuesta abajo.

El factor desencadenante fueron las precipitaciones pluviales del periodo lluvioso, del mes de enero del 2010.

Características de las reactivaciones del deslizamiento

Las reactivaciones se presentan como deslizamientos rotacionales, con escarpas hasta de 50 m, salto principal entre 5 a 10 m, de formas semicirculares.

La reactivación se inicia en la parte media del deslizamiento, por inmeditaciones de la tubería de agua. Se aprecia que el terreno está cediendo, originando un empuje, ello podría afectar a dicha estructura (foto 15).

En la parte baja del deslizamiento, se aprecian afloramientos de agua, puquiales, producto de las filtraciones que provienen de la mala canalización de agua de regadío, que contribuye con la saturación del terreno. Esto produce en el terreno pérdida de cohesión, dando lugar a su desestabilización, por ello se están formando deslizamientos (escarpes con longitudes de 10 a 20 m), asentamientos y agrietamientos. Todo ello está afectando en forma considerable la infraestructura que se encuentra cuesta abajo.

Las condiciones actuales del terreno: pendiente, escarpe de la terraza y naturaleza del suelo, saturación de agua, contribuyen con la reactivación del deslizamiento.



Foto 15. Tubería de agua de regadío, está siendo afectada por el empuje del terreno.

Causas de las reactivaciones recientes:

- El canal de regadío construido el año 1974 no contaba con revestimiento, recién el año 2014 se entubo (foto 16). El lapso de tiempo que el canal se mantuvo sin revestimiento, ha permitido que el agua se infiltre en el terreno.
- Toma de agua en malas condiciones (foto 17), contribuye a la filtración de agua al subsuelo y por ende su saturación.
- El final de la canalización, elimina el exceso de agua a la ladera sin control alguno (foto 18), ello también contribuye con la saturación del suelo.
- En la parte baja del deslizamiento se aprecian nuevos ojos de agua, producto de las filtraciones de agua (foto 19), ello contribuye con la saturación del terreno. Estos puquiales carecen de drenaje.
- Posible ruptura de tuberías de agua y desagüe en el área urbana afectada (por los movimientos del terreno), lo cual debe estar contribuyendo con la saturación del terreno.



Foto 16. Tubería de agua para regadío, ubicada sobre el cuerpo del deslizamiento antiguo.



Foto 17. Rebose de agua, proveniente del mal estado de la toma de agua.



Foto 18. El agua es vertida en forma no adecuada a la ladera.



Foto 19. Se aprecia las filtraciones de agua y el humedecimiento del suelo, en la parte urbana.

Daños ocasionados o probables

Durante la inspección se observó, que las partes más afectadas son:

- Mini central hidroeléctrica de Sallique, abandonada desde el año 2012 (foto 20).
- Posta médica, que muestra agrietamientos del terreno en sus paredes (fotos 21A y 21B).
- Viviendas del sector noroeste y noreste del poblado de Sallique, que muestran agrietamientos en las paredes y pisos (fotos 22A, 22B, 22C y 22D).
- De seguir el movimiento tipo retrogresivo, formación de grietas atrás de la escarpa, las viviendas aledañas a los agrietamientos, en un futuro van a colapsar.



Foto 20. Se aprecia paredes de la mini central hidroeléctrica con agrietamientos.



Fotos 21A y 21 B. Paredes de posta médica, con fisuras.



Fotos 22A, 22B, 22C y 22D. Paredes agrietadas. En la vista 22A, se aprecia también la vereda y loza con agrietamiento y desplazamiento.

4.2 EROSIÓN FLUVIAL

La erosión fluvial se realiza en varias formas tales como: arranque de material, abrasión fluvial, corración y atricción fluvial. La erosión fluvial socava su valle en forma de “V”, produce la profundización del cauce, el ensanchamiento y el alargamiento. La

erosión fluvial se desarrolla siguiendo patrones específicos de drenaje, estructura de la roca, dureza de la roca, carga fluvial, depósito inconsolidado, etc. (Dávila 1999).

El año 2011, en el río Sallique, se generó una crecida extraordinaria, que erosionó los pilares del puente Sallique-Shimaya, produciendo la destrucción de dicha estructura (foto 23). Hay que mencionar que este puente no contaba con defensas ribereñas.



Foto 23. En el año 2011, el puente fue destruido por erosión fluvial, debido a una crecida extraordinaria del río Sallique

Para reponer el puente, es necesario que tenga una mayor luz o longitud que el anterior, se tiene que considerar el ancho de inundación máximo del río. Una construcción futura del puente debe contar con defensas ribereñas en ambas márgenes para la protección de sus estribos, principalmente aguas arriba.

V. EVALUACIÓN DEL ÁREA DE REUBICACIÓN

El área de reubicación propuesta por la municipalidad distrital de Sallique, es el sector de Anchuaya, la cual puede servir también como de expansión urbana.

Geomorfológicamente se encuentra sobre una ladera de baja pendiente, menor a 5°, cubierta por depósitos de vertiente de talus. En los alrededores se aprecian cerros con pendiente hasta de 15° (foto 25). Esta unidad se encuentra surcada por erosiones de ladera (figura 7).



Foto 25. Parte del área de reubicación limitada con línea roja y las pendientes del terreno.

Geológicamente, se encuentran afloramientos del Volcánico Porculla, constituido por tobas andesíticas y riolíticas gris blanquecinas, en bancos masivos, con intercalaciones de brechas piroclásticas andesíticas así como lavas de esta misma composición.

Se presentan cárcavas con anchos hasta de 10 m, profundidades hasta de 15 m, estas en tiempos de lluvia se activan, desestabilizando al terreno, formándose ensanche lateral de quebradas, lo cual puede conllevar a la generación de derrumbes o deslizamientos en sus márgenes.

5.1 MEDIDAS A CONSIDERAR EN LA ZONA DE REUBICACIÓN

Antes de ser habilitado el terreno de reubicación, se debe realizar lo siguiente:

- a) Forestar toda la zona aledaña al área, las nacientes de las quebradas, con la finalidad de darle una mejor estabilidad al terreno.
- b) Los cauces de las quebradas deben ser controladas, con forestación o construcción de barreras, con la finalidad de evitar el avance de los procesos de erosión de ladera y el aporte de material al cauce de la quebradas.
- c) Construir canal de coronación, para derivar las aguas pluviales, así atenuar el humedecimiento del terreno destinado para la reubicación.
- d) Realizar un drenaje pluvial en la zona a reubicar, para evitar la infiltración de agua al subsuelo.
- e) Por ningún motivo el área destinada a viviendas se debe orientar hacia los bordes de las quebradas, estas deben quedar como áreas verdes.

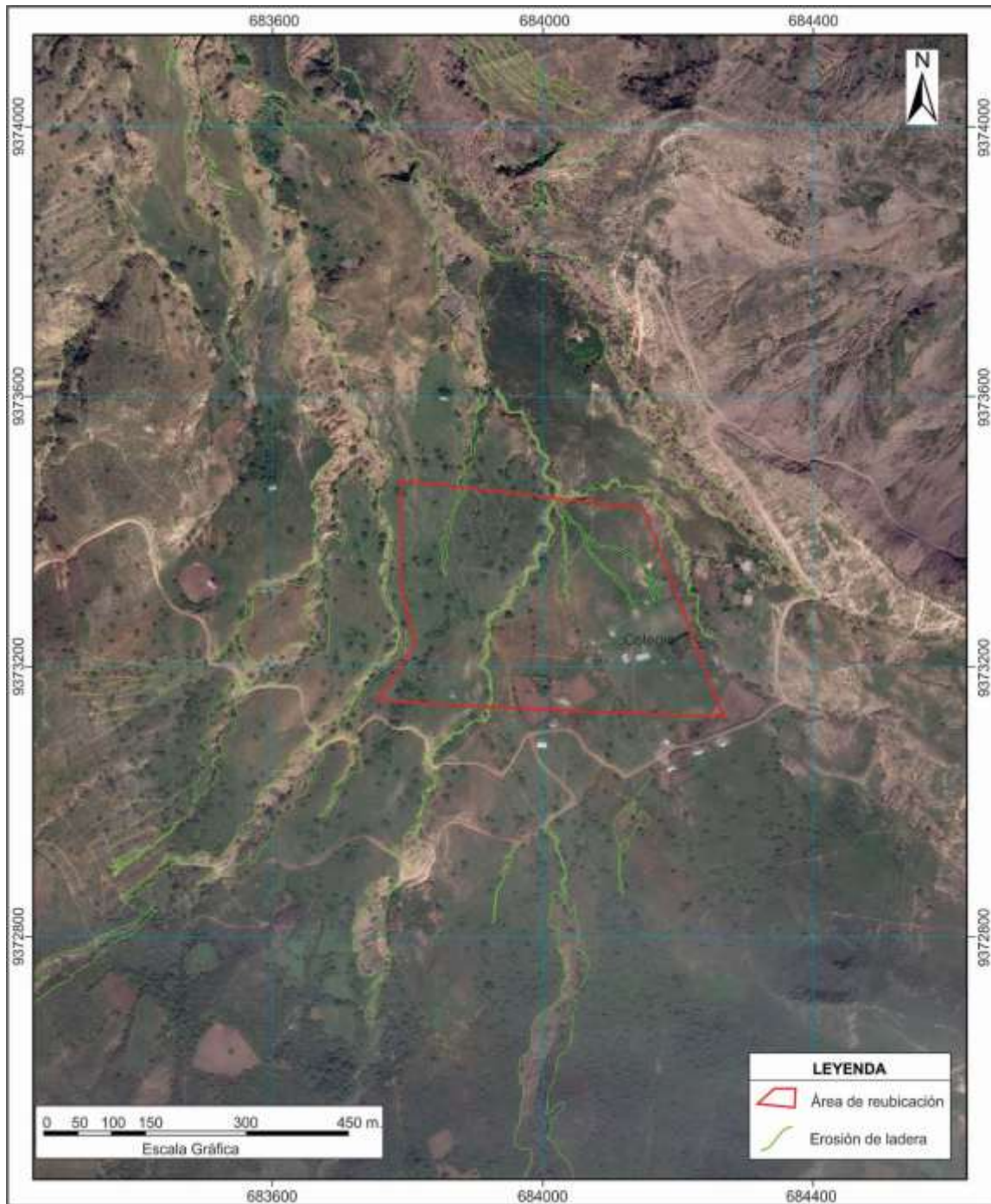


Figura 7. Imagen del Google Earth, se aprecia los procesos de erosiones de ladera y la zona de reubicación.

VI. MEDIDAS CORRECTIVAS

Con la finalidad de controlar los movimientos de los deslizamientos y atenuar el avance retrogresivo de los deslizamientos se tiene que realizar lo siguiente:

- Los afloramientos de agua deben ser canalizados, para evitar la saturación del suelo (*).
- Construir canal de coronación, para evitar la infiltración de agua proveniente de la parte alta (*).
- En el cuerpo del deslizamiento hacer un drenaje en tipo “espina de pez” para evitar la infiltración de agua hacia el cuerpo del deslizamiento (figura 8). (*).
- Realizar un sellado de grietas en forma técnica, con ello se evitará la infiltración de agua pluvial al subsuelo (*).
- Reforestar con plantas nativas toda el área.

Para el deslizamiento de Sallique

- Banquetear la zona inestable del cuerpo del deslizamiento, tipo andenería (*).
- No verter el material suelto del deslizamiento al cauce de la Quebrada Sana, porque ello la colmataría.
- El terreno no es apto para vivienda.

Para el deslizamiento Sallique-Vista Alegre

- Con fines preventivos de la población afectada por la reactivación de deslizamiento, debe ser reubicada.
- La toma de agua del canal de irrigación que se encuentra en malas condiciones debe ser mejorada. La desembocadura del canal debe seguir una canalización. Todo lo mencionado realizarlo con la finalidad de no permitir la infiltración de agua al subsuelo.
- Revisar las tuberías de agua y desagüe que se encuentran en el área afectada, las que están en mal estado deben ser clausuradas, esta acción evitará el aporte de agua al terreno.
- Monitorear permanentemente el deslizamiento utilizando método topográfico o geodésico, en lo posible implementar el método instrumental. Con la finalidad de determinar la tasa de movimiento de la masa “móvil”.
- Hacer estudios de geofísica, para determinar el verdadero espesor de la masa inestable o masa móvil y agua subterránea. Con ello se podrán realizar los drenajes subterráneos (*).

(*). Labores que debe ser realizada por un especialista.

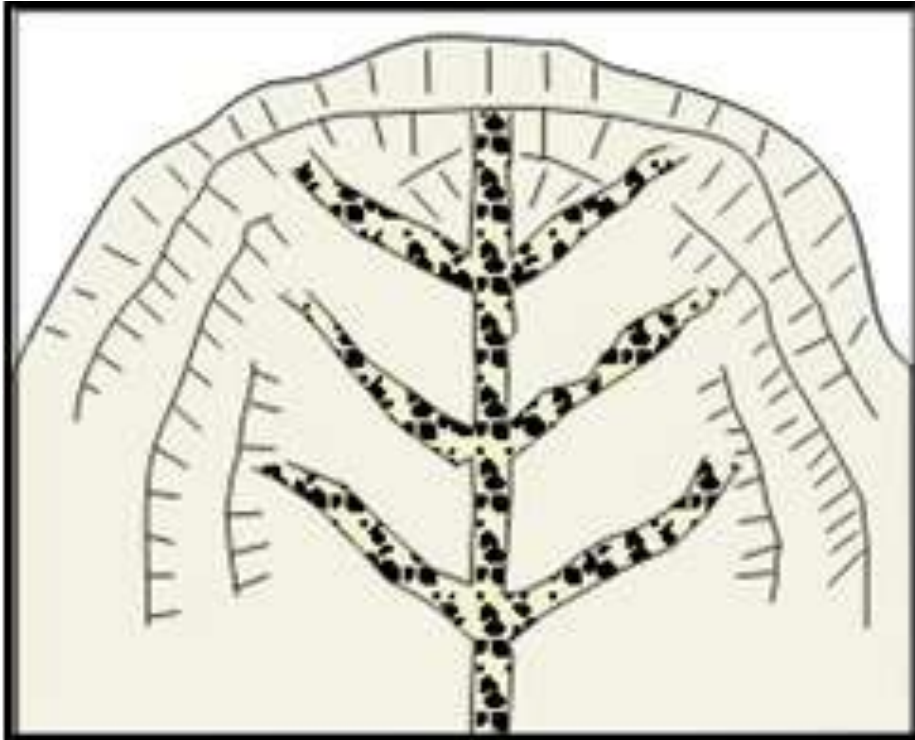


Figura 8: Esquema de drenaje en tipo espina de pez (medida aplicada solo para deslizamiento) (Guzmán *et al* 2000)

CONCLUSIONES

a) Para el **deslizamiento de Sallique (1)**

- 1) Este deslizamiento se ubica hacia el suroeste del área urbana, se generó en el año 2011 a raíz de intensas precipitaciones pluviales del mes de enero. Afectó trocha carrozable, reactivándose nuevamente en el 2014 destruyó puente, dos viviendas, trocha carrozable y rellenó parte de la quebrada Sana.
- 2) Las causas de este deslizamiento son:
 - Pendiente del terreno, entre 25° a 20°.
 - Presencia de puquiales.
 - Lutitas calcáreas de mala calidad, se encuentran moderadamente a altamente meteorizadas, medianamente a muy fracturadas y con fracturamiento abierto.
 - En un sector se apreció vetillas de yeso, esto permite la retención de agua.
- 3) El deslizamiento presenta una escarpa de longitud 160 m, salto principal entre 10 a 15 m, en conjunto es de forma semicircular. La distancia del pie hacia la corona del deslizamiento es de 340 m.
- 4) Este deslizamiento es de avance retrogresivo, como evidencia se tienen los agrietamientos ubicados por detrás de la escarpa principal y lados laterales. La reactivación originada en el 2014 fue de tipo retrogresivo.

b) Para el **deslizamiento Sallique-Buena Vista**

- 1) La localidad de Sallique está asentado sobre el depósito de un deslizamiento antiguo, presenta procesos de reactivación desde el 2010. En el área urbana se aprecia agrietamientos del terreno y formación de escarpas secundarias.
- 2) La reactivación del año 2012 destruyó la minicentral hidroeléctrica de Sallique, las recientes está afectando posta médica y viviendas ubicadas en el borde del depósito del deslizamiento.
- 3) En la inspección, se comprobó la presencia de varios ojos de agua que afloran en la zona urbana, la causa principal es la fuga de agua del canal de regadío. Ello muestra que el suelo es muy permeable.
- 4) Las causas de la reactivación del deslizamiento antiguo son:
 - Antiguo canal regadío sin revestimiento que posteriormente fue entubado. El tiempo que ha estado el canal sin revestimiento de una manera u otra ha permitió que el terreno se sature.
 - Toma de agua del canal de regadío en malas condiciones, que permite la fuga de agua, a ello hay que agregar que el terminal del canal vierte el agua hacia la ladera, todo ello contribuye que el terreno se sature.
 - Afloramientos de agua en la parte urbana (puquiales), los cuales no cuentan con debida canalización.
 - Material inconsolidado, conformado por gravas, bloques en matriz limo-arcillosa, de fácil saturación.
 - Pendiente del terreno, entre 30° a 20°, que facilita que la masa inestable se desplazase ladera abajo.

El factor desencadenante fue la precipitación pluvial excepcional, que se generó en enero del 2010.

- 5) Como evidencias del deslizamiento antiguo, tenemos las formas cóncavas-convexas (producto del desplazamiento de la masa), formación de lagunas, la parte inferior del deslizamiento tiene forma de abanico. La masa del deslizamiento llegó a desviar al cauce del río Sallique en un tramo de 650 m.

- c) Para ambos deslizamientos
- 1) Las condiciones de inestabilidad aun continúan como material inconsolidado, saturado, pendiente del terreno y presencia de puquiales. Por lo cual se considera como una **zona crítica**, de muy alto peligro por movimiento en masa, de **peligro inminente** ante intensas precipitaciones.
 - 2) Las rocas que afloran son secuencias de lodolitas calcáreas de la Formación Pullucana y tobas andesíticas del Volcánico Porculla, ambas de mala calidad. susceptibles a la generación de movimientos en masa como deslizamientos.

Por las intensas lluvias del periodo lluvioso 201, en el mes de enero, se generó una carga excesiva del río Sallique, que llegó afectar al puente que conduce a Shimaya, destruyéndolo completamente.

RECOMENDACIONES.

- a) Para el **deslizamiento de Sallique** (1)
 - 1) El material que proviene de este deslizamiento **no debe verterse al cauce de la quebrada Sana**, porque ello permitiría que al estar rellena la quebrada, ante un posible desplazamiento de la masa del deslizamiento, llegaría fácilmente a la zona urbana. Por otro lado al obturar el cauce de la quebrada, al no tener desfogue, traería problemas de saturación del terreno, que conllevaría a su inestabilidad.
 - 2) Mantener siempre el cauce de la quebrada limpio, no verter desechos (basura).
 - 3) Se debe banquetear a modo de andenería. Labor que debe ser dirigida por un profesional.

- b) Para el **deslizamiento de Sallique-Buena Vista**.
 - 1) Con fines preventivos, las viviendas que se encuentran en la zona inestable, deben ser reubicadas.
 - 2) El área propuesta por la Municipalidad para la reubicación es el área de Anchuaya.
 - 3) La posta médica debe ser reubicada, labor que debe ser encargada por la municipalidad de Sallique.
 - 4) Para el canal de regadío, se debe mejorar la toma de agua para que no vierta el agua hacia la ladera. El final del canal no debe verter el agua hacia la ladera. Mejorando estas condiciones, en el tiempo, se llegará a controlar las filtraciones de agua que se presentan en la zona urbana e incluso llegar a estabilizarla.
 - 5) Los cuerpos de agua, como lagunas y puquiales, deben ser drenados con la finalidad de no saturar al cuerpo del deslizamiento. Hacer un drenaje tipo espina de pez en el cuerpo del deslizamiento.
 - 6) Realizar estudios de geofísica, con la finalidad de determinar su verdadero espesor del material removido. Como también determinar el nivel freático, para poder realizar un drenaje subterráneo.
 - 7) Monitoreo visual y topográfico, si es posible instrumental para determinar la tasa de movimiento.

- c) Para **ambos deslizamientos**
 - 1) Forestar la zona, con plantas autóctonas, con la finalidad de darle una mayor estabilidad al terreno.
 - 2) Drenar los puquiales, para que no saturen al terreno.
 - 3) Las obras que se plantean deben ser supervisadas por especialistas.

- d) Para **la zona de reubicación**.
 - 1) No permitir el crecimiento urbano hacia los bordes de las quebradas.
 - 2) Considerar las recomendaciones que se dan en ítem 5.1.

Para reponer el puente Sallique-Shimaya, debe realizarse un estudio geotécnico, que contemple las máximas avenidas del río Sallique. La futura obra debe contar con las respectivas defensas ribereñas.

BIBLIOGRAFÍA

Benavente, C. (2007). **Evaluación de Peligro Geológico en el sector de Challa**. Provincia Tarata-Tacna. INGEMMET. Informe Técnico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. 12 Págs.

Dávila, J (1999). **Diccionario Geológico**. INGEMMET. Tercera Edición. Lima Perú.

Cruden, D.M., & Varnes, D.J. (1996). **Landslide Types and Processes**. En: "Landslides. Investigation and Mitigation", Eds Turner, A.K. and Schuster, R.L. Special Report 247, Transport Research Board, National Research Council, Washington D.C. pp. 36-75.

Guzmán, A. Fidel, S., Zavala, B., Valenzuela, G. Núñez, S. & Pari, W. (2000). **Estudio de Riesgos Geológicos del Perú. Franja N°1**. INGEMMET. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica. Boletín N°23. 341 Págs.

Instituto Nacional de Vías - Colombia (1998). **Manual de estabilidad de taludes – Geotécnia Vial**. Ministerio de Transportes – Instituto Nacional de Vías. Colombia. 340 Págs.

PMA: GCA. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007). **Movimientos en masa en la región Andina: Una Guía para la evaluación de Amenazas**. Canadá. Publicación Geológica Multinacional N° 4, 404 p.

Reyes, L y Caldas, J. (1987). **Geología de los cuadrángulos Las Playas (9-c), La Tina (9-d), Las Lomas (10-c), Ayabaca (10-d), San Antonio (10-e), Chulucanas (11-c), Morropón (11-d), Huancabamba (11-e), Olmos (12-d) y Pomahuaca (12-e)**. INGEMMET. Serie A: Carta Geológica Nacional. Boletín N° 39, 89 Págs.

Varnes, D.J. (1978) - **Slope movement types and processes**. En: Schuster, R.L.& Krizek, R.J., eds., Landslides, analysis, and control. Washington, DC: National Research Council, Transportation Research Special Report 176, p. 11-33.

Zavala, B. y Rosado, M. (2011) **"Riesgo Geológico en la Región Cajamarca"**. INGEMMET. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica. Boletín N° 44. 394 Págs.