

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7034

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LOS CENTROS POBLADOS DE MARCA Y ALLMAY

Región Ancash
Provincia Huaylas
Distrito Pueblo Libre



INDICE

RESUMEN	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. GENERALIDADES	2
2.1 OBJETIVOS	2
2.2 TRABAJOS PREVIOS	3
2.3 UBICACIÓN	3
2.4 ACCESIBILIDAD	3
2.5 CONDICIONES HIDROMETEOROLÓGICAS	4
3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS	5
3.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS	5
3.2 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS	8
4. PELIGROS GEOLÓGICOS	12
4.1 MARCO CONCEPTUAL	12
4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS IDENTIFICADOS ...	13
4.3 FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES	24
CONCLUSIONES	26
RECOMENDACIONES	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEODINÁMICA EN LOS CENTROS POBLADOS DE MARCA Y ALLMAY. (DISTRITO DE PUEBLO LIBRE, PROVINCIA DE HUAYLAS, REGIÓN ANCASH)

RESUMEN

Los centros poblados de Allmay y Marca pertenecen al distrito de Pueblo Libre, Provincia Huaylas, Región Ancash, se ubican aproximadamente a unos 15 km al suroeste de la ciudad de Caraz; están divididos por la quebrada Chacuasuran, que corresponde a un tributario de la red fluvial de la cuenca del río Santa, la cual desemboca en el océano pacífico.

La Cartografía de eventos geodinámicos realizado en la zona de estudio, muestra procesos de erosión de laderas (surcos y cárcavas), reptación, deslizamientos activos e inactivos en los centros poblados de Allmay y Marca. El principal peligro geológico al que están expuestos son procesos de deslizamientos.

Actualmente el centro poblado de Allmay presenta un deslizamiento rotacional activo de avance retrogresivo con un área total de 122,546 m², el cual se viene generando antes de febrero del año 2002 (de acuerdo a imágenes satelitales históricas del Google Earth). La reactivación más notoria se generó entre los años 2016 y 2019; la distancia entre la corona y el pie del deslizamiento incrementó sus dimensiones de 465 m a 665 m.

A la fecha de la evaluación, no se habían registrado daños estructurales en las viviendas, ni daños en zona de cultivos en el sector de Allmay, sin embargos estos podrían ser afectados en una próxima reactivación del deslizamiento.

En caso de generarse lluvias intensas podrían desencadenarse un flujo de detritos (huaicos) que comprometería seriamente las viviendas situadas en el sector de Pallanca.

El centro poblado de Marca presenta procesos de erosión de laderas (cárcavas y surcos). El avance retrogresivo de las cárcavas puede desencadenar deslizamientos y huaicos que afectaría las viviendas situadas en el sector, además se identificó un deslizamiento activo en las inmediaciones dentro del centro poblado de Marca; de continuar con su proceso podría afectar las viviendas de dicho centro poblado.

Los movimientos en masa identificados en la zona de estudio están estrechamente ligados a factores condicionantes como rocas no competentes susceptibles a la erosión y laderas con pendientes muy fuertes a escarpadas, ausencia o escases de vegetación, pendientes muy fuertes a escarpadas, corte de talud para construcción de vías de acceso y condiciones hidrológicas de la zona. Los factores desencadenantes se asocian a lluvias intensas o de gran duración; (lluvias extraordinarias).

Debido a las condiciones de inestabilidad del deslizamiento de Allmay, se le considera a este sector como zona crítica, de peligro muy alto ante la ocurrencia de deslizamientos-flujos.

Se debe evitar el tránsito de personas en los cuerpos de los deslizamientos y en la parte alta de los acantilados de los centros poblados Marca y Allmay; también es necesario reubicar las viviendas que se encuentran en las inmediaciones de los escarpes de los deslizamientos activos; para ello se propone un mapa de zonas de reubicación.

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) como ente técnico-científico incorpora dentro de las funciones de su Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, (DGAR) la asistencia técnica al Gobierno Nacional, Regional y Local en la identificación y caracterización de peligros geológicos; con el objetivo de contribuir en la prevención y reducción del riesgo de desastres en nuestro país.

La Municipalidad Distrital de Pueblo Libre mediante Oficios N° 377-2019-MDPL/A y N° 053-2020-MDPL/A solicitan al Presidente Ejecutivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) se realice una evaluación geológica en los centros poblados de Marca y Allmay, distrito de Pueblo Libre, provincia de Huaylas, Región Ancash.

En atención a la solicitud, se designó a la Ing. Doreen Carruyo Ruíz para realizar la inspección técnica de la zona. El trabajo de campo se realizó los días 10 y 17 de diciembre del 2019 y se contó con la presencia del Coordinador del Centro de Operaciones de Emergencia del distrito de Pueblo Libre.

El presente informe se ha realizado en base a las observaciones de campo, imágenes satelitales y testimonios de pobladores, e incluye información sobre las características geológicas y geomorfológicas, descripción de los peligros geológicos identificados, conclusiones y recomendaciones que se ponen a disposición de la Municipalidad Distrital de Pueblo Libre, Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, autoridades locales y otras autoridades 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. GENERALIDADES

Los centros poblados de Marca y Allmay muestran evidencias de ocurrencias de grandes procesos geodinámicos asociados a reptación, erosión de laderas y deslizamientos antiguos y recientes. Los pobladores de la zona manifiestan que el deslizamiento del centro poblado de Allmay se activa en el periodo de lluvias.

De las imágenes satelitales del Google Earth de la zona de estudio, en la del año 2003 se evidencia la corona del deslizamiento de Allmay, el cual presentaba un avance progresivo.

Con el transcurrir de los años, se ha presentado un proceso acelerado de erosión comprometiendo la seguridad física de los habitantes.

2.1 OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo son:

- Identificar y caracterizar los tipos de peligros geológicos por movimientos en masa que están afectando al área de estudio.
- Sugerir medidas preventivas y de mitigación en las áreas con mayor susceptibilidad a movimientos en masa.

2.1 TRABAJOS PREVIOS

A la fecha de la evaluación la Oficina de Defensa Civil no contaba con trabajos previos en Evaluación de Riesgos originados por fenómenos naturales u otros estudios relacionados a riesgos geológicos en la zona, sin embargo INGEMMET ha realizado

algunos trabajos relacionados a geología y peligros geológicos que abarcan la zona de estudio, los cuales son descritos a continuación:

- En el “**Mapa geológico de Carhuaz, Hoja 19-h**”, escala 1:100 000, (J.Cobbing y A. Sanchez; 1996), se muestra que la zona de estudio se ubica principalmente sobre afloramientos de la Formación Oyón, que está conformado por lutitas intercaladas con delgados estratos de areniscas cuarzosas y sobre depósitos aluviales.
- En el Boletín N°38 de la Serie C: “**Riesgos geológicos en la región Ancash**”, INGEMMET (Zavala, *et. al* 2009), en la zona identificaron movimientos en masa tipo deslizamientos; por otra parte, en el “**Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa**”, escala 1:250 000, los centros poblados de Marca y Allmay, se encuentran en la zona de susceptibilidad alta a muy alta.

2.3 UBICACIÓN

Los centros poblados de Marca y Allmay se ubican en la cordillera Occidental central del Perú, aproximadamente a unos 15 km al Suroeste de la ciudad de Caraz; a una cota de 2950 m .s.n.m y 3000 m .s.n.m respectivamente. Entre Marca y Allmay fluye la quebrada Chacuasuran, que corresponde a un tributario de la red fluvial de la cuenca del río Santa, la cual desemboca en el Océano Pacífico. Políticamente pertenecen a la capital del distrito de Pueblo Libre, provincia de Huaylas, departamento de Ancash (Figura 1).

Las coordenadas (UTM WGS84) de ubicación de los centros poblados son:

- ✓ Marca. N: 8988190; E: 190887.
- ✓ Allmay, N: 8989039; E: 190094.

2.4 ACCESIBILIDAD

Para acceder al lugar, se toma desde Lima la carretera Panamericana Norte 1N y carretera 16 auxiliar de la Panamericana Norte hasta llegar a Huaraz, en donde se toma la carretera asfaltada 3N y se recorren aproximadamente 63 km en dirección NO pasando por las ciudades de Carhuaz y Yungay encontrando luego un desvío a la izquierda que conduce por la carretera afirmada 104 a la zona de estudio.

Para acceder al centro poblado de Marca se conduce por la carretera 104 hasta llegar al centro poblado de San Juan en donde se toma una carretera vecinal (trocha carrozable) que pasa por las localidades de Molino y Pallanca hasta llegar al centro poblado de Marca. Ver figura 1.

Para acceder al centro poblado de Allmay se recorre por la carretera 104 pasando por los centros poblados de Pueblo Libre y Juipon en donde se toma un desvío a la izquierda hacia una trocha carrozable que llega a Allmay. Ver figura 1.

Cuadro 1: Acceso desde Lima a la zona de estudio.

Ruta	kilómetros	Horas recorridas	Tipo de Vía
Lima - Huaraz	408 km	8 horas	Carretera asfaltada 1N

Huaraz- Desvío	63 Km	1 hora y 30 min	Carretera asfaltada 3N
Desvío - C.P San Juan	5 km	9 min	Carretera afirmada 104
C.P San Juan –C.P Marca	6.9 km	21 min	Carretera vecinal
Total	482.9 Km	10 horas	
Desvío – C.P Juipón	7 km	12 min	Carretera afirmada 104
C.P Juipón- Allmay	4 km	8 min	Carretera vecinal
Total	482 km	9 horas y 50 min	

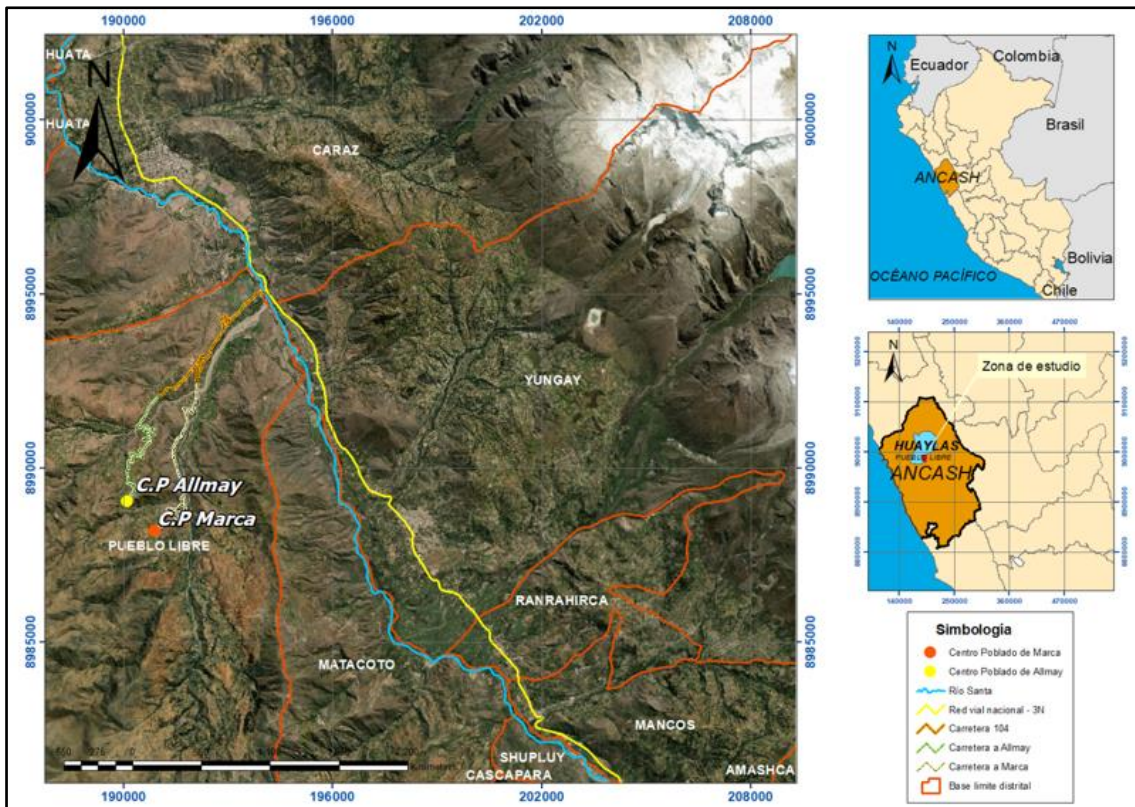


Figura 1: Ubicación y acceso a la zona de estudio.

2.5 CONDICIONES HIDROMETEOROLÓGICAS

El régimen pluviométrico en la sierra del Perú es estacional, y regularmente se registran lluvias diarias o inter diarias entre los meses de noviembre a abril, con escasas precipitaciones el resto del año.

Para determinar las condiciones hidrometeorológicas en la zona de estudio, se tomaron datos referenciales de la estación meteorológica más cercana, la cual corresponde a la estación “**Yungay**”, registrada en la página web del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), encontrándose aproximadamente a unos 8 km al Noroeste de la zona de estudio. Las cifras obtenidas indican que para el periodo de enero a abril del año 2017 se obtuvo un acumulado de lluvias de 757.7 mm mientras que para los años 2018 y 2019 fueron de 569.5 mm y 302.6 mm.

Se puede observar en el cuadro 2 que anualmente se presentan intensas precipitaciones pluviales de enero a abril las cuales contribuyen a la desestabilización del terreno y a la generación de movimientos en masa, sin embargo, existen años en donde se ha generado un incremento de lluvias por encima de los parámetros normales como es el caso de las lluvias excepcionales del año 2017, favoreciendo aún más la reactivación y ocurrencia de nuevos eventos geodinámicos de tipo deslizamientos.

Google Earth muestra en una imagen satelital de enero del año 2019 un acelerado proceso de erosión en las laderas de la zona de estudio en comparación con imágenes registradas de julio del 2016, (ver figura 12), por lo que se puede inferir que el fenómeno del Niño del año 2017 y las precipitaciones del 2018 ha sido el principal desencadenante en el acelerado avance de los procesos de remoción en masa que han generado un incremento en las dimensiones del deslizamiento activo de Allmay.

Cuadro 2: Datos hidrometeorológicos tomados de la estación "Recuay".

Año 2017												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	136,6	175,7	331,4	113,4	29,5	0	0	0	4,2	78,2	24,2	96,8
Año 2018												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	155,6	96,8	172	145,1	77,1	0	0	0	5,5	35,3	49,1	78
Año 2019												
Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación (mm)	65,2	106,2	93	38,2	10,9	1,8	0,8	0	12,1	69,6	46,2	158,7

3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y GEOMORFOLÓGICAS

3.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

La zona de estudio se encuentra dentro del cuadrángulo geológico 19-h J.Wilson, O. Molina y A. Sánchez (1967); en el cual afloran rocas sedimentarias conformadas por arcillitas gris oscuras intercaladas con delgados estratos de areniscas cuarzosas mal seleccionadas correspondientes a la **Formación Oyón**, estos afloramientos se evidencian con una marcada foliación en sus planos de estratificación y una moderada a intensa meteorización en los alrededores y partes altas de los centros poblados de Allmay y Marca. Figura 2.

Sobreyaciendo al substrato rocoso sedimentario se encuentran depósitos Cuaternarios Holocenos, los cuales se emplazan como **depósitos aluviales** que corresponden a una masa de sedimentos detríticos que han sido transportados y sedimentados por un flujo. También se evidenciaron **depósitos coluvio deluviales**, que son de origen gravitacional y fluvio-gravitacional, acumulados en las vertientes o márgenes del valle; en muchos casos, son resultado de una mezcla de ambos, estos están constituidos por suelos limo arcillosos rojizos, limo-arenosos y gravosos, que cubren parcialmente a los afloramientos de la Formación Oyón.

El centro Poblado de Allmay se emplaza sobre depósitos aluviales mientras que el centro Poblado de Marca se sitúa sobre depósitos aluviales y coluvio-deluviales.

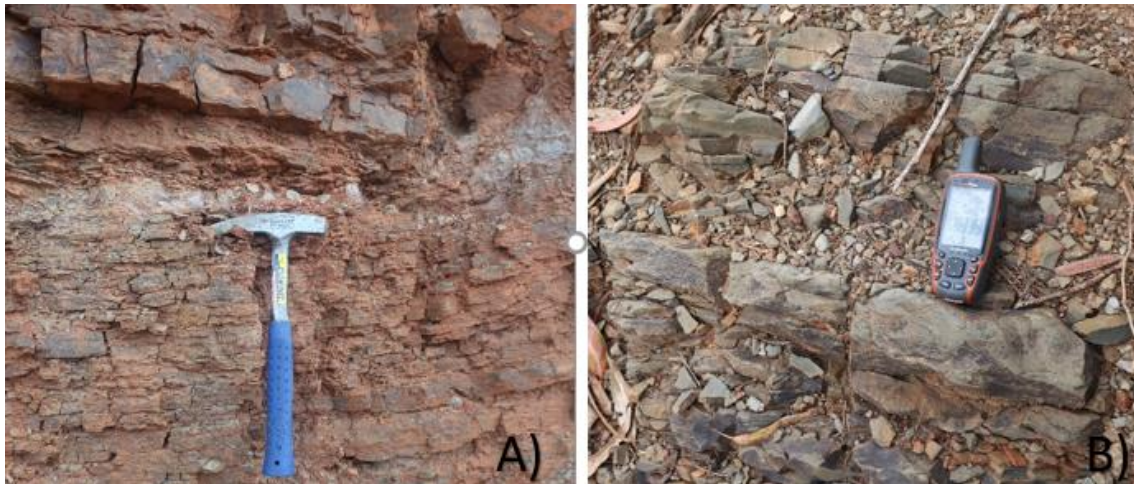


Figura 1: A) Sustrato rocoso conformado por arcillitas gris oscuras de aspecto pizarroso, de baja cohesión y muy susceptible a fracturarse, estas afloran en zonas adyacentes al centro poblado de Marca. B) evidencias de arcillitas grises en el centro poblado de Allmay.

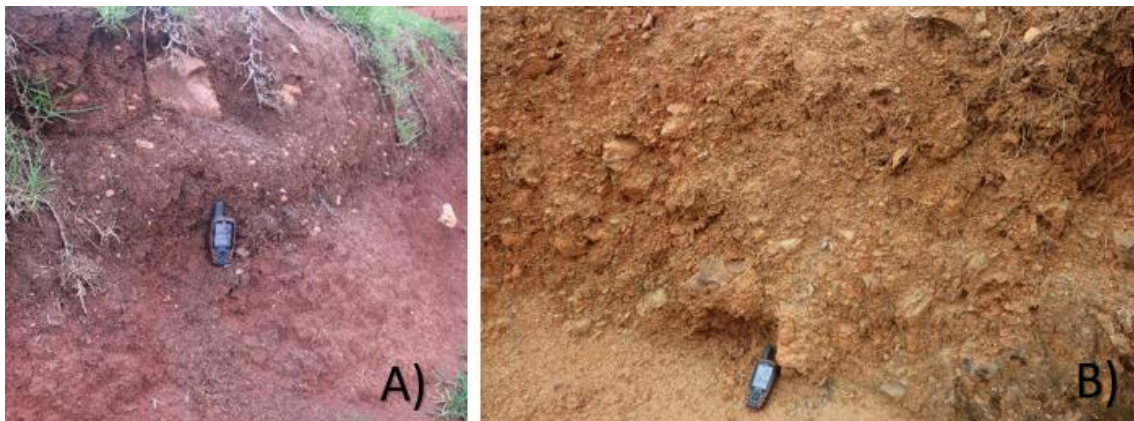


Figura 2: A) Depósitos coluvio-deluviales ferruginosos tipo limo-arcilloso en la base y arcillo-gravosos en el tope situados en la zona urbana del centro poblado de Marca. B) depósitos coluvio-deluviales arcillo-gravosos en el centro poblado de Allmay

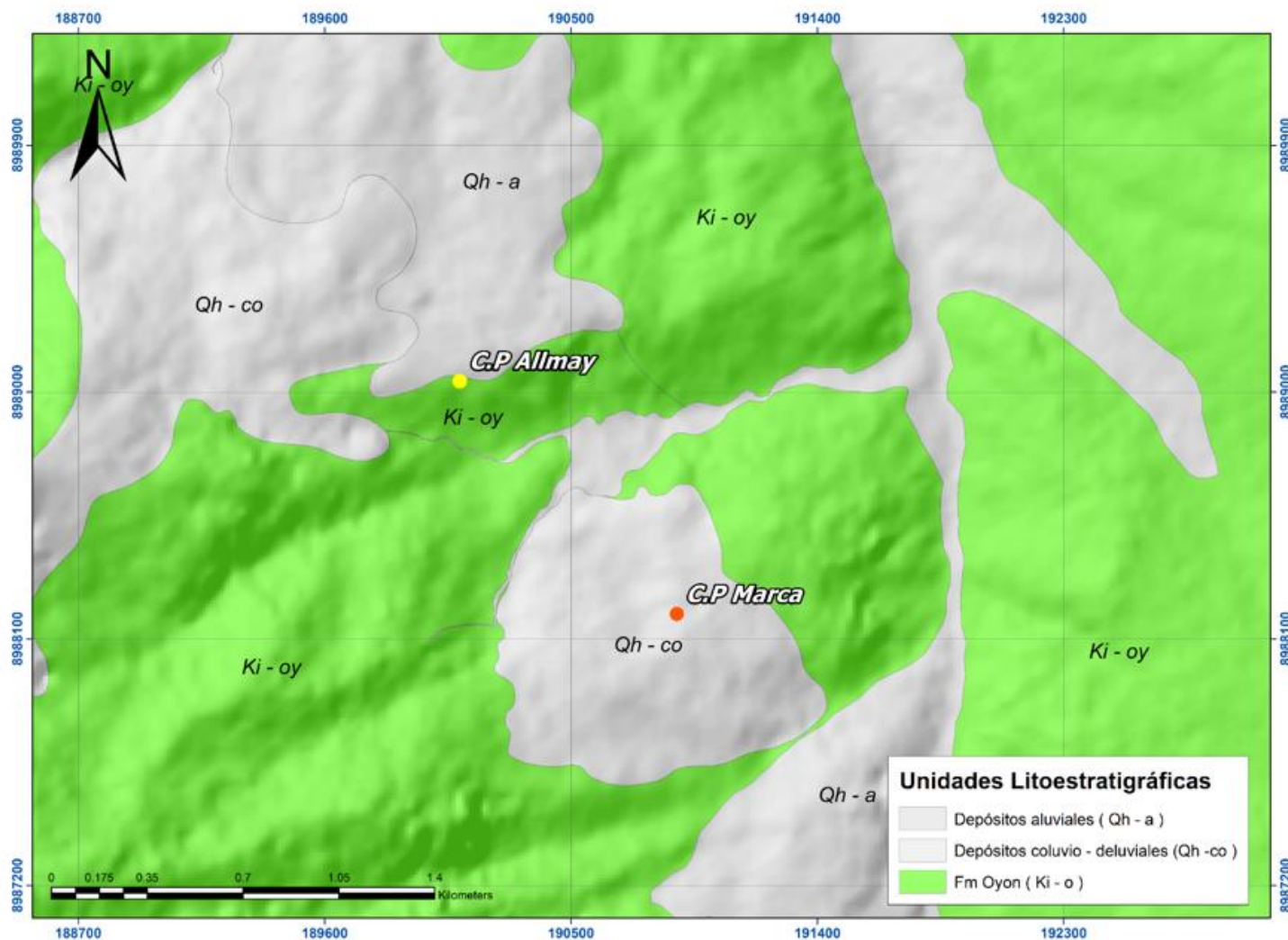


Figura 3: Mapa geológico de la zona de estudio (Modificado de J Wilson, et. al. 1967)

3.2 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS

a) Pendiente del terreno

Este parámetro influye en la formación de los suelos y condiciona el proceso erosivo, puesto que, mientras más pronunciada sea la pendiente, la velocidad del agua de escorrentía será mayor. (Belaústegui, 1999).

Para la zona de estudio se realizó un mapa a escala 1:15 000 con topografía realizada de imágenes de Vertex; imágenes FBS; Alos Palsar obtenidas de EARTH DATA de la NASA, donde se muestran las pendientes en grados (°).

El centro poblado de Marca se emplaza sobre un terreno ligeramente inclinado con pendientes entre 1° a 5° y moderadas con un rango entre 5° a 15°, presentando laderas fuertes a muy escarpadas las cuales presentan un rango de pendientes desde 25° a > 45° donde se generó un deslizamiento, actualmente activo.

El centro poblado de Allmay se asienta sobre terrenos llanos con pendientes de <1, ligeramente inclinados con pendientes entre 1° a 5° y de lomadas de pendiente moderada, rangos de pendiente entre 5° a 15°, también se presentan pendientes muy escarpadas mayor de 45° donde se desarrolló el deslizamiento de Allmay.

Cuadro 3: Rangos de pendientes del terreno.

PENDIENTE EN GRADOS (°)	CLASIFICACIÓN
< 1	Llano
1 - 5	Inclinado suave
5 - 15	Moderada
15 - 25	Fuerte
25 - 45	Muy fuerte
> 45	Muy escarpado

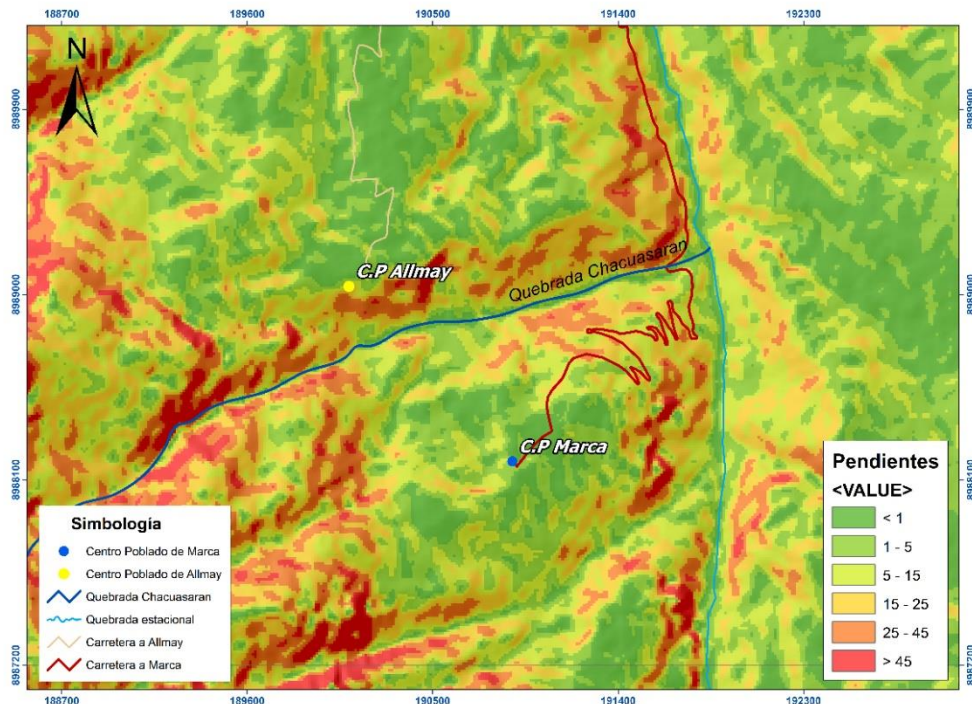


Figura 5: Mapa de pendientes.

b) Unidades Geomorfológicas

Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional:

Unidad de Montañas

Las montañas tienen una altura de más de 300 m con respecto al nivel de base local. En base a esta característica, se identificó la siguiente subunidad de montaña.

Subunidad de montaña en roca sedimentaria (RM-rs): corresponden a afloramientos de rocas sedimentarias de la Formación Oyón, reducidos por procesos denudativos; se encuentran conformando elevaciones alargadas. Estas geoformas presentan moderada susceptibilidad a ser afectadas por movimientos en masa y se asocian a la ocurrencia de erosión de laderas y deslizamientos.

Unidad de Lomas

Corresponden a elevaciones alargadas del terreno con menos altura que una montaña (menos de 300 m desde el nivel de la base local) y con inclinación de laderas promedio de 16°.

Subunidad de lomas en rocas sedimentarias (RI-rs): Corresponden a elevaciones alargadas reducidas por procesos denudativos constituidas por rocas y depósitos sedimentarios con pendientes suaves a moderadas, esta subunidad está presente en el centro poblado de Allmay.

Geoformas de carácter deposicional o agradacional

Están representadas por las formas de terreno resultados de la acumulación de materiales provenientes de los procesos denudativos y erosionales que afectan otras geoformas preexistentes, dentro de las cuales se identificaron las siguientes unidades y subunidades:

Unidad de Piedemonte

Ambiente de agradación que constituye una transición entre los relieves montañosos, accidentados y las áreas bajas circundantes; en este ambiente predominan los depósitos continentales coluviales y las acumulaciones forzadas, las cuales están relacionadas con el repentino cambio de los perfiles longitudinales. Las subunidades de piedemonte identificadas son las siguientes:

Subunidad de Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial (V-cd): formada por la acumulación intercalada de materiales de origen coluvial (acarreadas y acumuladas por efectos de la gravedad debido a eventos de movimientos en masa) y deluvial (acumuladas al pie de las laderas depositadas por flujos de agua que lava materiales sueltos de la ladera). El centro poblado de Marca se emplaza sobre esta subunidad.

Subunidad de Vertiente con depósito de deslizamiento (V-dd): corresponde a acumulaciones de laderas originadas por procesos de movimientos en masa, que son de tipo deslizamiento, presenta materiales inconsolidados a ligeramente consolidados relacionados a desprendimientos de zonas superiores.

Unidad de Planicies

Son superficies que no presentan un claro direccionamiento, ya que provienen de la denudación de antiguas llanuras agradacionales o del aplanamiento diferencial de anteriores cordilleras, determinado por una acción prolongada de los procesos denudacionales.

Subunidad de Terraza aluvial alta (Ta- al): corresponde a mesetas sedimentarias antiguas, que se forman en un valle fluvial por depósitos de sedimentos del río. El centro poblado de Allmay se encuentra asentado sobre una terraza aluvial alta en la margen izquierda de la quebrada Chacuasuran.

Llanura o planicie inundable (PL-i): originado por sedimentación del material depositado por antiguos flujos de agua que no siguen un curso definido, sino que se expanden formando una planicie que puede ser inundada con un aumento del cauce.



Figura 4: Unidades geomorfológicas y litoestratigráficas identificadas en el centro poblado de Marca.



Figura 5: Unidades geomorfológicas y litoestratigráficas identificadas en el centro poblado de Allmay

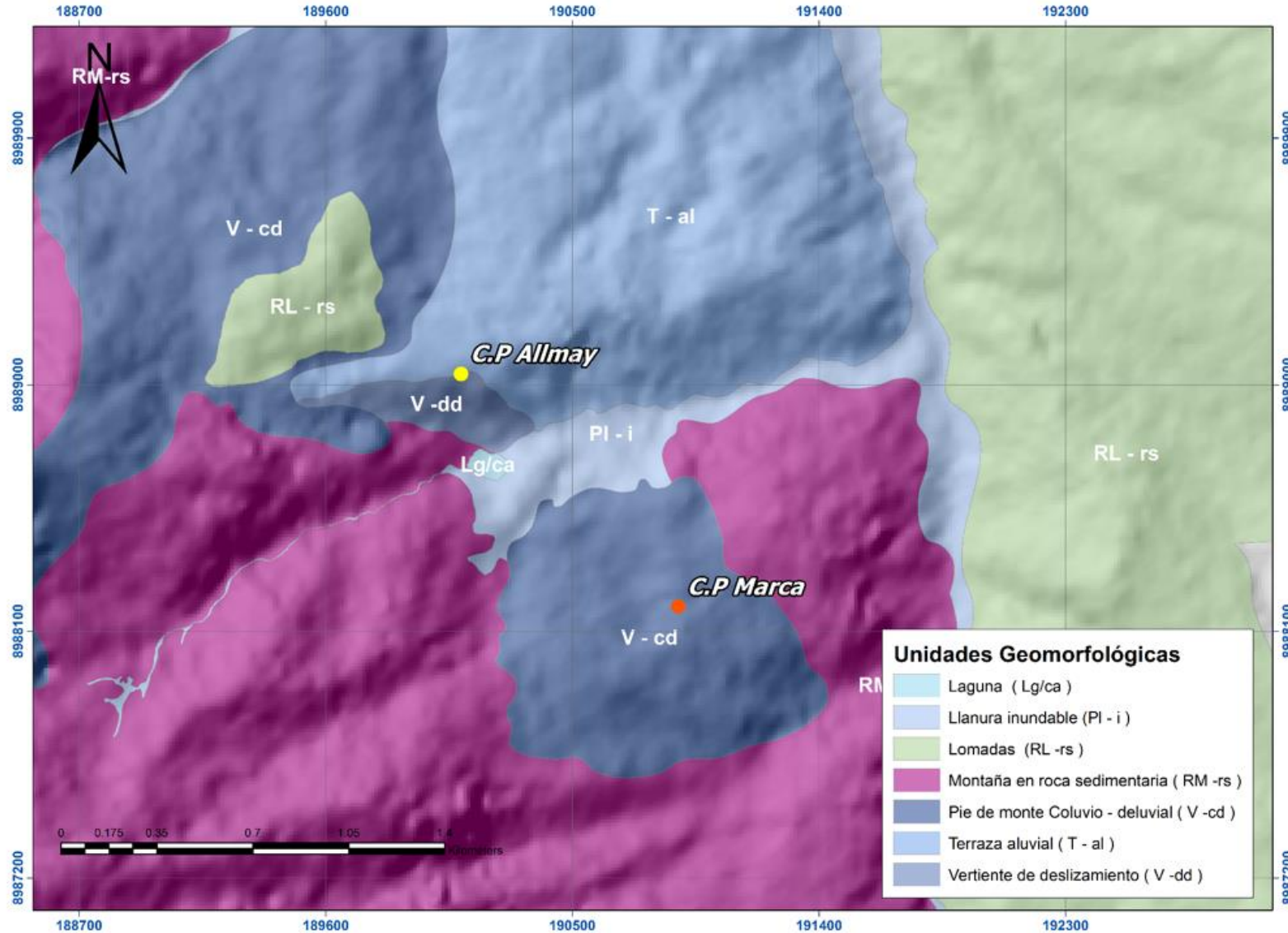


Figura 5: Mapa geomorfológico de la zona de estudio.

4. PELIGROS GEOLÓGICOS

En este ítem, se detalla un marco conceptual en el cual se explican conceptos básicos relacionados a los peligros identificados en la zona de estudio y seguidamente se describen las características de los eventos geodinámicos identificados.

4.1 MARCO CONCEPTUAL

a) Movimiento en Masa (MM)

Son todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, detritos o tierras, o combinación de ellas por efectos de la gravedad (Cruden, 1991).

Deslizamientos: Es un movimiento 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. Se caracterizan por desarrollar una o varias superficies de ruptura (Cruden & Varnes, 1996; Ayala-Carcedo y Olcinas, 2002). En el sistema de Varnes (1978) se clasifican a los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. En la zona de estudio se evidencian deslizamientos de tipo rotacional.

Deslizamiento rotacional (Rotational slide, Slump): se define como un deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. La cabeza del movimiento puede moverse hacia abajo dejando un escarpe casi vertical, mientras que la superficie superior se inclina hacia atrás en dirección al escarpe (Cruden y Varnes, 1996) (figura 9).

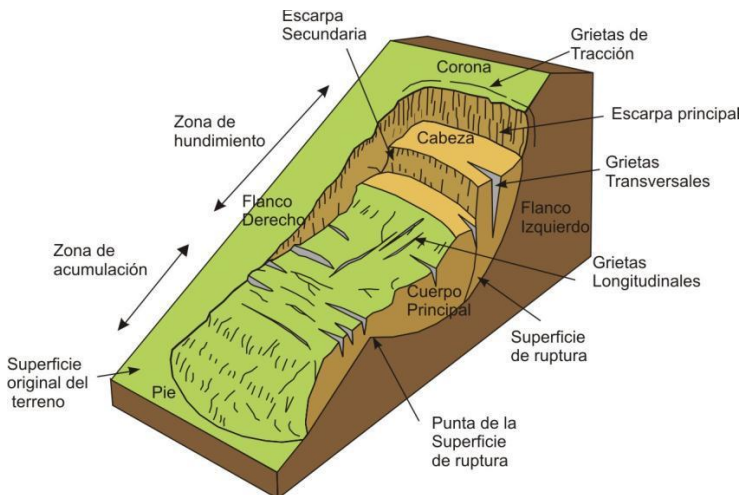


Figura 9. Deslizamiento típico rotacional (Modificado de: Cruden & Varnes, 1996).

Reptación de suelos.- La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla (figura 10). La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continuo en el tiempo.

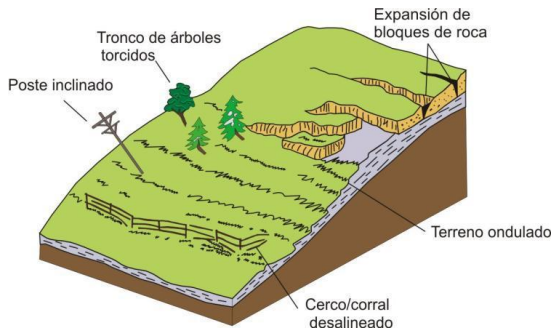


Figura 10. Esquema de reptación de suelo. Según Cruden y Varnes (1996).

b) Otros peligros geológicos

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

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS PELIGROS GEOLÓGICOS IDENTIFICADOS

Los centros poblados de Marca y Allmay vienen siendo afectados en los últimos años por movimientos en masa tipo deslizamientos, erosión de laderas y reptación, los cuales se han generado por las condiciones geológicas de la zona (litología, morfología, pendiente e hidrogeología), siendo desencadenados por las lluvias intensas; dando origen a intensos procesos erosivos.

A continuación, se detallan los eventos geodinámicos identificados en los centros poblados evaluados.

a) Deslizamiento de Allmay

Este evento se ha generado en las inmediaciones del centro poblado de Allmay, donde se ubica gran parte de la población.

De acuerdo a lo observado en las imágenes satelitales del Google Earth, (figura 12), el deslizamiento se generó desde antes de febrero del 2003. Entre las imágenes del año 2003 al 2016 se observa un avance lento. En imágenes del año 2019 se observa un acelerado incremento en las dimensiones del deslizamiento, así como también una acumulación de material al pie del mismo, el cual debe estar relacionado con el Fenómeno El niño Costero 2017.

Según manifestaciones de los lugareños, el deslizamiento constantemente presenta desprendimiento de material con mayor ocurrencia en el periodo de lluvias, representando un riesgo para la vida de los pobladores quienes constantemente transitan por el deslizamiento para trasladarse a otros centros poblados.

Características del deslizamiento: Corresponde a un deslizamiento rotacional activo, con avance retrogresivo. La corona presenta una longitud 320 m con salto entre 90 a 135 m, es de forma semicircular y continua (figura 12). La distancia entre la corona al pie del deslizamiento es de 665 m; la zona de arranque del deslizamiento inicia en los

3100 m s.n.m, culmina a los 2861 m s.n.m que hace un desnivel de 239 m y una pendiente promedio de 31°. El área del deslizamiento corresponde a 122,546 m² mientras que la masa movilizada es de 47,500 m³ y el volumen movilizado es de 760.602.664 M/m³.

Por encima de la corona se evidencian cárcavas, agrietamientos y deslizamientos menores que indica que el área que se encuentra inestable y es muy posible que el deslizamiento siga con avance retrogresivo.

Debido al volumen de material deslizado y acumulado al pie del deslizamiento se podrían generar huaicos en un próximo periodo lluvioso, originando un movimiento complejo (deslizamiento-flujo). El desplazamiento de la masa del deslizamiento es con dirección SE que va directamente hacia el centro poblado de Pallanca donde se tienen 11 viviendas que podrían ser afectadas. A corto plazo también podrían ser afectadas parcelas agrícolas y viviendas de Allmay.

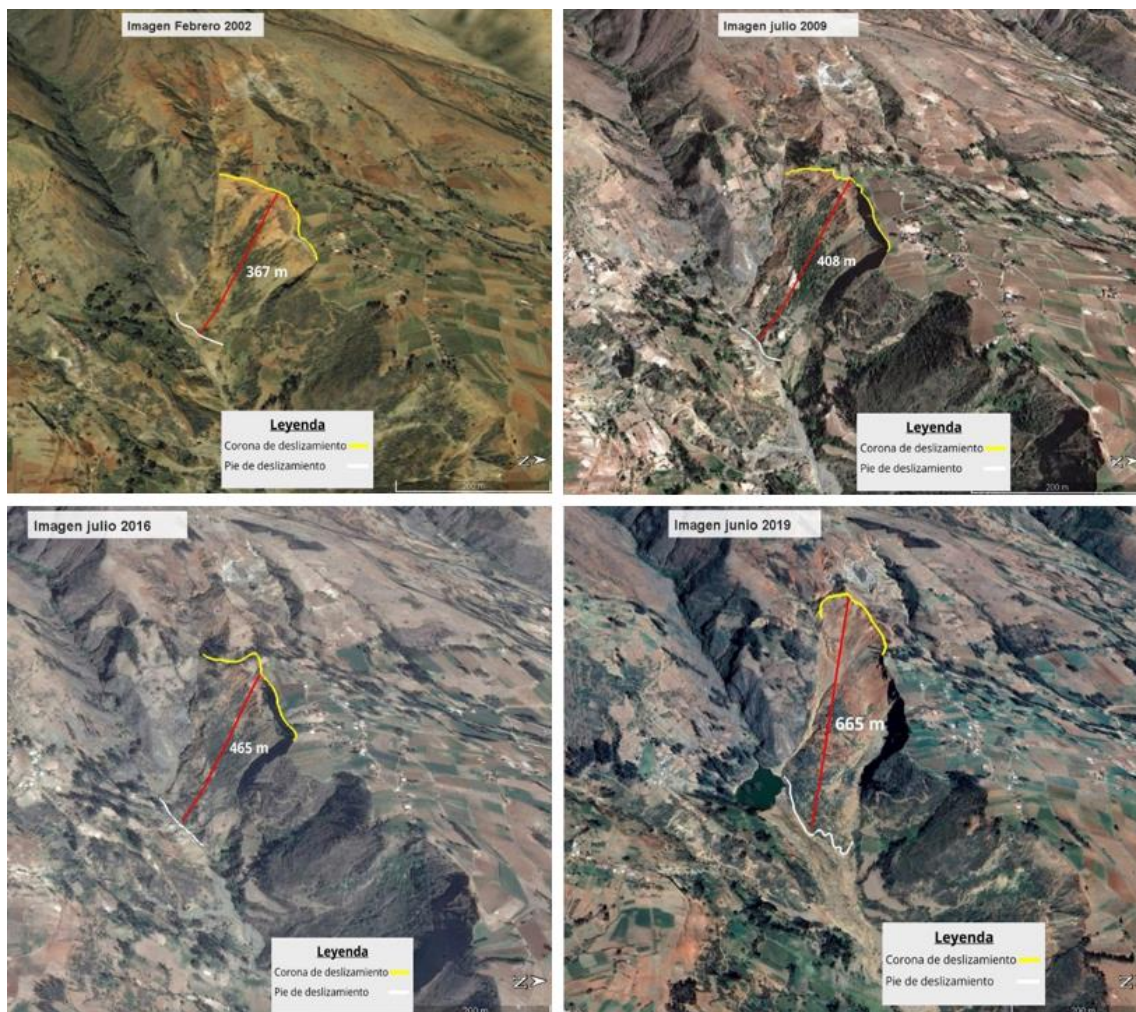


Figura 12: Se muestran imágenes satelitales del Google Earth de los años 2002, 2009, 2016 y 2019, del deslizamiento de Allmay donde se muestra el incremento en sus dimensiones y longitud desde la corona (líneas amarillas) hasta pie del deslizamiento (líneas blancas.). Se observa que durante el periodo 2016-2019 la corona del deslizamiento retrocedió y la longitud del deslizamiento se incrementó de 465 m a 665m desde su corona hasta el pie del mismo.

Cálculo del volumen de masa deslizada: Para calcular el volumen de deslizamiento de Allmay, se crearon curvas de nivel partir del DEM AP_26155_FBS_F7000_RT1.dem,

descargado de “Alaska Satellite Facility’s”, el cual portal de datos para imágenes de teledetección de la Tierra, con resolución de 12.5 m de distancia. Después utilizando el software Argis, y la ventana Arcmap, se construyeron dos modelos de elevación digital (TIN); finalmente se procede a calcular el volumen de masa deslizada, calculando la diferencia de ambos TIN. El volumen del deslizamiento resultó de 760.602.664 M³.

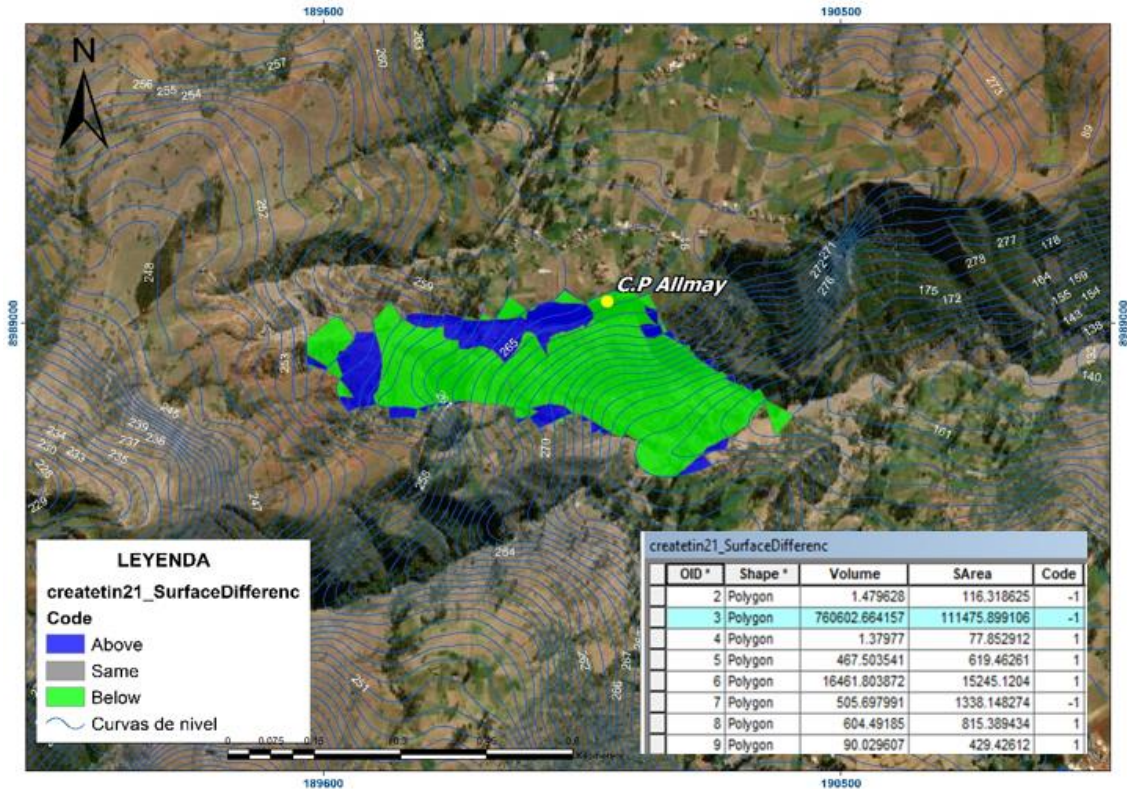


Figura 13: Calculo del volumen de masa deslizada, a escala 1:5000.



Fotografía 1: Vista lateral del deslizamiento de Allmay.

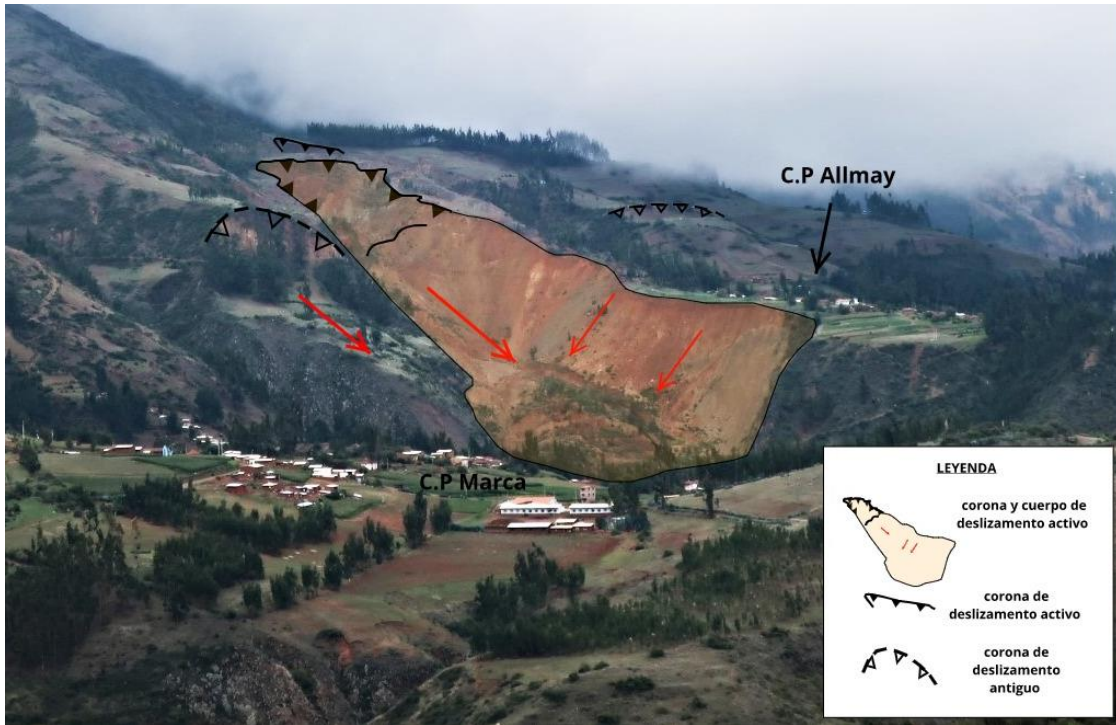


Figura 14: Deslizamiento activo de Allmay.



Fotografía 2: Se observan zonas de cultivos y viviendas situadas en las inmediaciones del deslizamiento de Allmay.

b) Deslizamiento inactivo Allmay

En laderas adyacentes al deslizamiento activo de Allmay se evidencia un deslizamiento rotacional inactivo, el cual presenta una corona con una longitud de 568 m, una distancia entre la corona y el pie del deslizamiento de 302 m y un área total de 105,285 m². De acuerdo a imágenes satélites del Google Earth el deslizamiento presentó una

reactivación entre junio del 2003 y julio del 2009 modificando su morfología inicial, (desarrollo notorio de escarpe de falla).

En las imágenes desde el 2009 hasta las actuales se observó que no han ocurrido cambios en sus dimensiones. De reactivarse el deslizamiento afectaría al centro poblado de Pallanca y parte del centro poblado de Allmay.

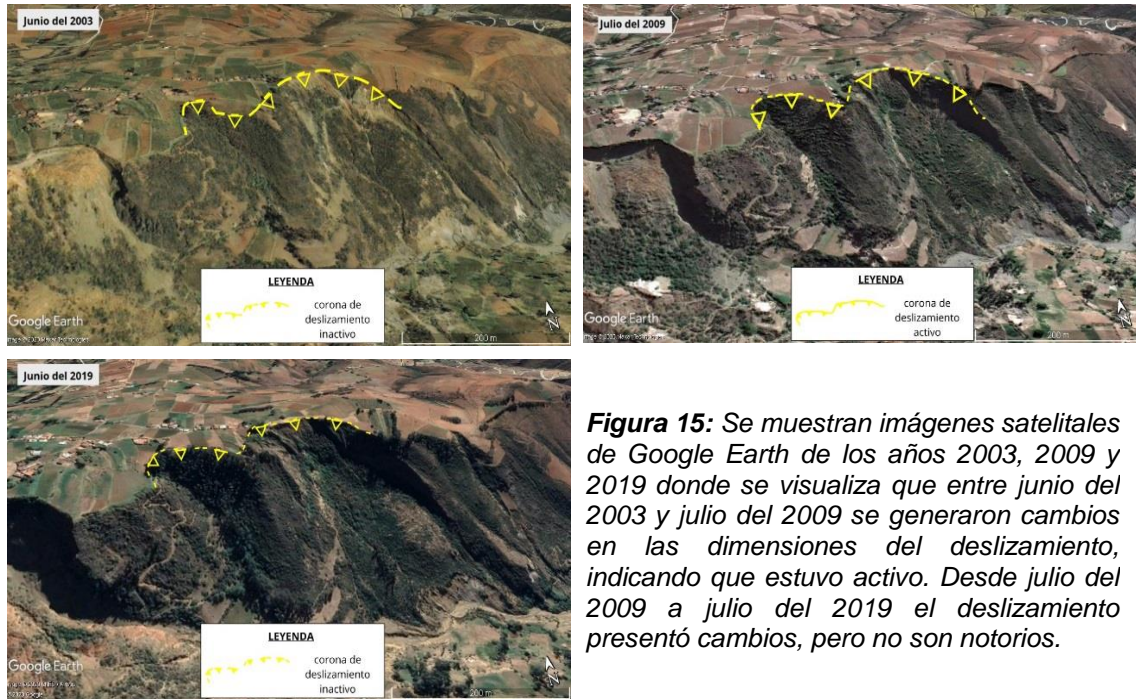


Figura 15: Se muestran imágenes satelitales de Google Earth de los años 2003, 2009 y 2019 donde se visualiza que entre junio del 2003 y julio del 2009 se generaron cambios en las dimensiones del deslizamiento, indicando que estuvo activo. Desde julio del 2009 a julio del 2019 el deslizamiento presentó cambios, pero no son notorios.



Fotografía 3: Se muestra viviendas situadas en el borde de un escarpe susceptible a deslizarse en el centro poblado de Allmay

No se observaron daños estructurales en las viviendas del sector, sin embargo, presentan riesgo a sufrir daños debido a que están situadas en zonas muy próximas al escarpe del deslizamiento activo, el cual tiene constantes avances retrogresivos.

c) Peligros geológicos en el Centro Poblado de Marca:

- **Sector 1:** Corresponde a la zona alta del centro poblado de Marca (figura 16). Es una zona donde se evidencia un **deslizamiento antiguo tipo rotacional**, con una corona poco definida con una longitud aproximada de 180 m, la cual presenta cursos de agua estacionales, que en épocas de lluvias fluyen por las laderas generando **erosión (surcos, cárcavas)** además de arrastre de suelos y de detritos los cuales se transportan y se unen formando un solo flujo, que descienden hacia una cárcava de mayores dimensiones, ocasionando constante procesos de erosión de laderas en zonas donde se encuentran asentadas algunas viviendas del centro poblado de Marca.



Figura 16: Eventos geodinámicos evidentes en el sector 1 del centro poblado de Marca.

- **Sector 2:** Corresponde a la parte baja del centro poblado de Marca situado frente al deslizamiento de Allmay, en donde se identificaron los siguientes eventos geodinámicos
- **Deslizamiento antiguo:** se evidenció en campo y en imágenes satelitales la corona de un deslizamiento antiguo tipo rotacional, el cual presenta una longitud aproximada de 690 m; y un salto que va desde los 5 m a los 53 m. Por la parte posterior del escarpe del deslizamiento se ubican entre (2 a 4 m) viviendas, plaza e iglesia del centro poblado de Marca, (figura 17 y 18).
- En base a la fotointerpretación de imágenes históricas del Google earth se tiene que desde el primer registro de fotografías aéreas que corresponden al año 2003 hasta el año 2019, el deslizamiento no ha presentado reactivaciones, en caso de reactivarse podría causar daños a la población.



Figura 17: Se muestra corona de deslizamiento antiguo en el centro poblado de Allmay, también se observan viviendas ubicadas a muy pocos metros del escarpe del deslizamiento

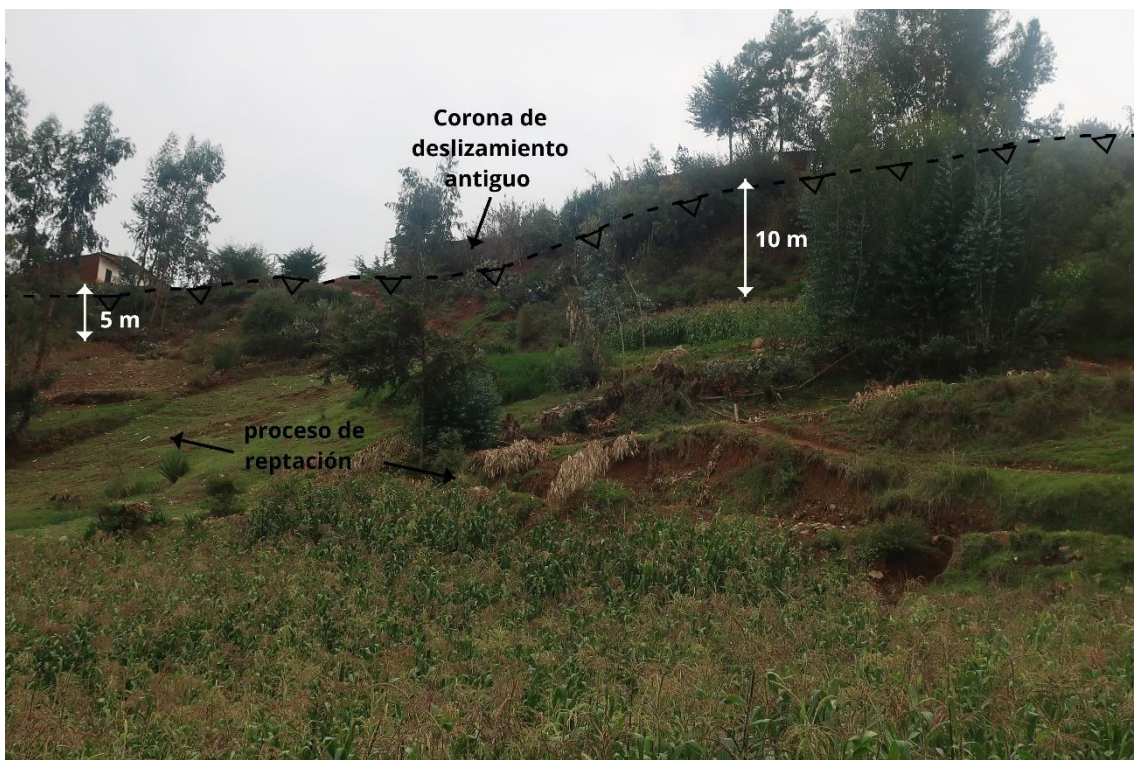


Figura 18: Corona de deslizamiento antiguo delimitado en líneas negras y longitud de escarpes de 5 a 10 m referenciadas con líneas blancas; también se observan procesos de reptación. .

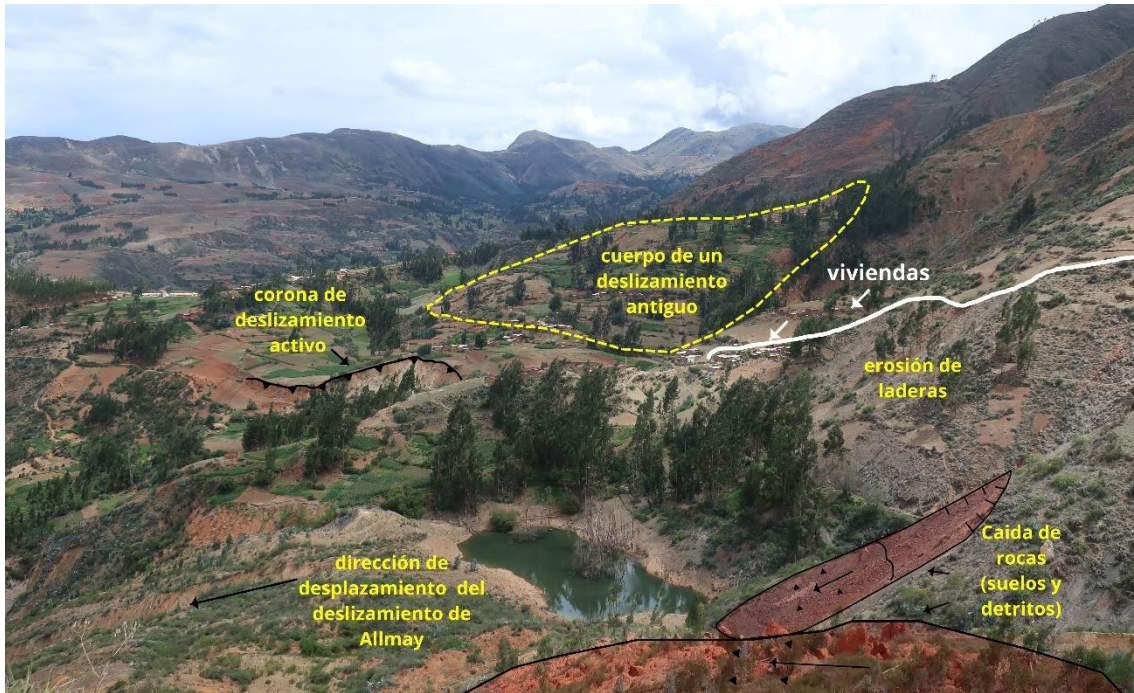


Figura 19: Se muestran algunos de los eventos geodinámicos identificados en el centro poblado de Marca (vista desde el C.P de Allmay). Se observa que el proceso de erosión de laderas delimitado con línea blanca podría afectar algunas viviendas situadas en el sector de Marca, también se muestra una delimitación con línea amarilla correspondiente a un cuerpo de deslizamiento antiguo donde se asienta gran parte de la población de Marca y la corona de un deslizamiento activo el cual se muestra a detalle en la figura 20.

- **Deslizamiento activo:** es de tipo rotacional, se encuentra a 18 m del centro poblado de Marca. Presenta una corona con una longitud de 85 m, una distancia desde la corona al pie del deslizamiento de 50 m y un área total de 3,939 m².



Figura 20: Se muestra la corona y cuerpo de un deslizamiento activo el cual se ha generado a 18 m de viviendas del centro poblado de Marca.



Figura 21: Se muestra proceso erosivo en laderas del centro poblado de Marca situadas a la margen derecha de la quebrada Chacuasuran la cual divide Marca de Allmay.



Figura 22: Se observa un proceso de reptación en terrenos donde se asientan las viviendas del centro poblado de Marca.



Figura 23: Se observan que la laderas situada a la margen izquierda de la quebrada Chacuasuran (delimitadas con líneas blancas) se presenta muy erosionada, frágil y muy susceptible a deslizarse, con pendientes muy escarpadas entre un rango de 45°-80°, sobre esta se asientan viviendas del sector Chillo, las cuales se encuentran muy vulnerables a sufrir daños en caso de que se genere la activación de un deslizamiento en esta ladera. Detrás se evidencia el gran deslizamiento de Allmay el cual presenta características geológicas similares y podría afectar las viviendas cercanas.

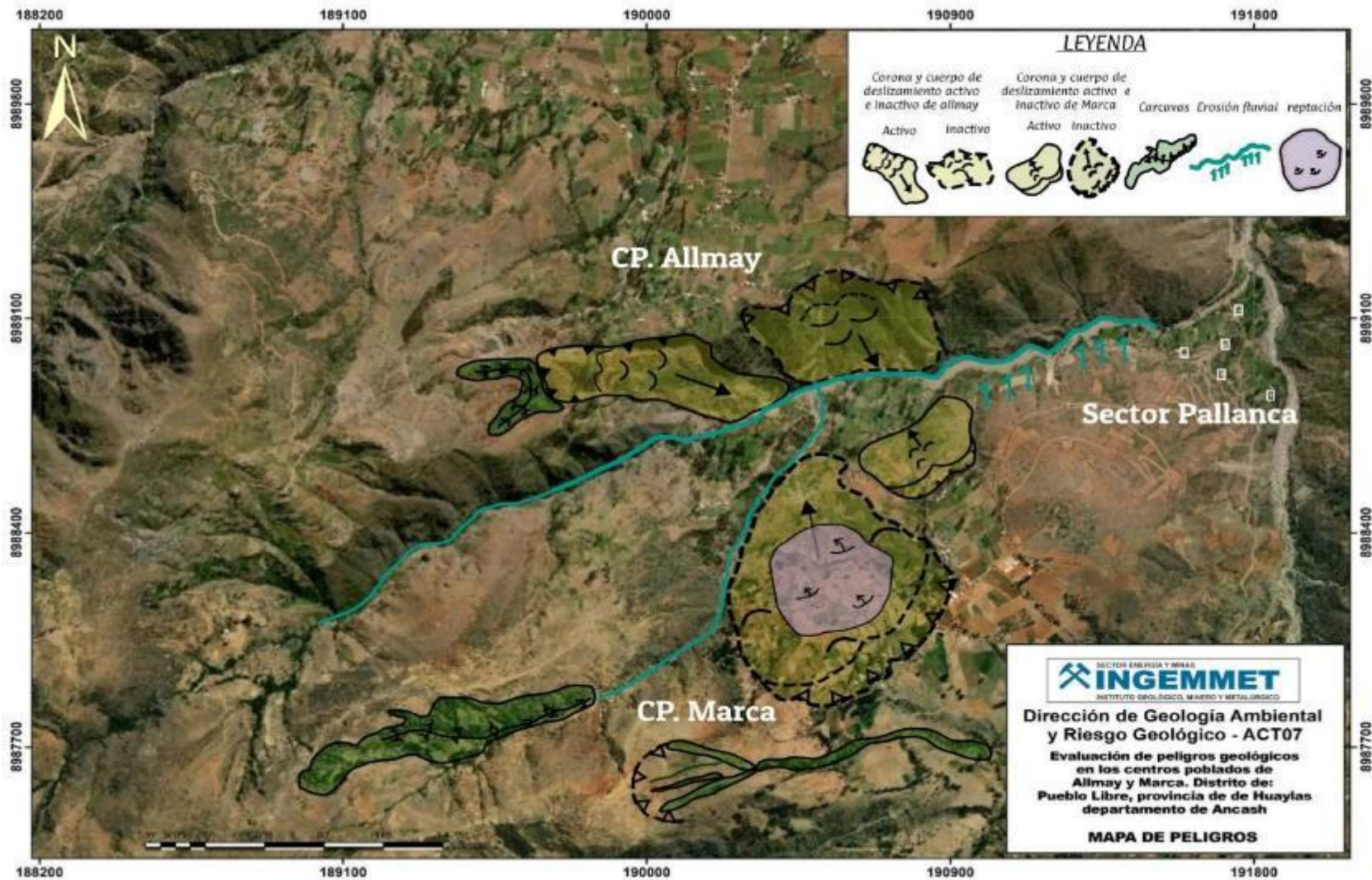


Figura 24: Mapa de peligros de los centros poblados de Marca y Allmay.

Daños: Las viviendas que conforman los centros poblados de Allmay y Marca está construidas de material de adobe, las cuales en su mayoría no presentan daños estructurales; con algunas excepciones de unas pocas viviendas en las cuales se observó agrietamientos horizontales con aperturas con aperturas de 2 a 3 cm. Figura 24.

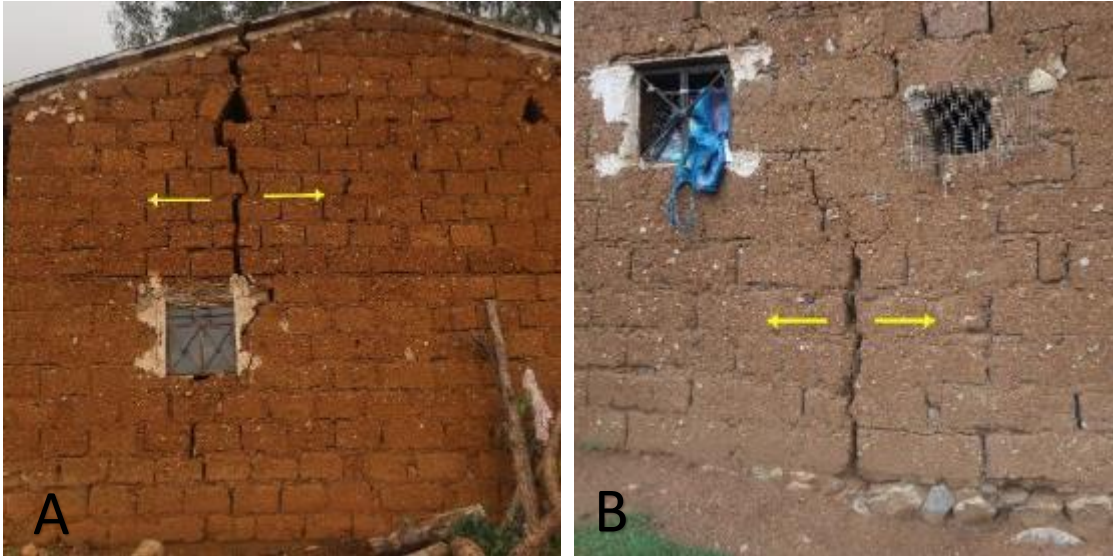


Figura 24: A) Agrietamiento vertical en vivienda situada en el centro poblado de Allmay. B) Agrietamiento vertical en Marca.

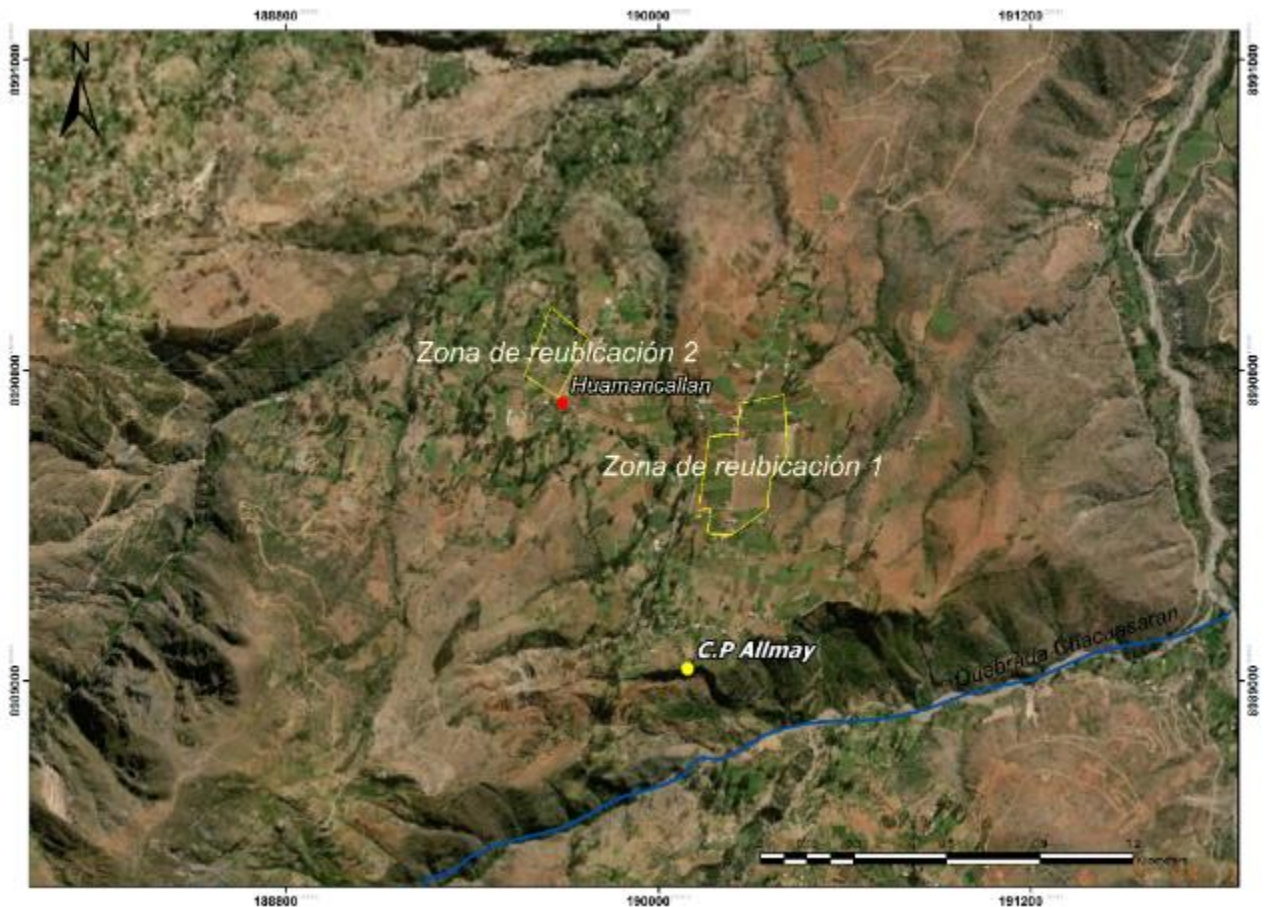


Figura 25: Mapa de propuestas de zonas reubicación.

4.3 FACTORES CONDICIONANTES Y DESENCADENANTES

a) Condicionantes

Deslizamientos activos (Allmay y Marca)

Naturales

- a) Laderas con pendientes muy fuertes, con un rango entre 25° a 45° y escarpadas > 45°, que permiten que la masa inestable se deslice cuesta abajo.
- b) Substrato rocoso de mala calidad, fracturado y con moderada a alta meteorización.
- c) Suelos limo-arcillosos que retienen agua y desestabilizan las laderas
- d) Ausencia o escasas de vegetación en las laderas del sector, lo cual permite que se generen intensos procesos erosivos y saturación de agua en el subsuelo. (Ver figuras 19, 23 y 24).
- e) Configuración geomorfológica del área; la cual está representada por la presencia de acantilados que poseen un rango de pendientes muy escarpadas, por lo que la velocidad del agua de escorrentía genera mayor erosión y desprendimiento de material. (Ver figura 5).
- f) La quebrada Chacuasuran la cual divide los centros poblados de Allmay y Marca constituye también un agente erosivo importante en las laderas de ambos sectores.



Figura 25: se muestra curso de agua de la quebrada Chacuasuran (delimitado por líneas azules) y el proceso erosivo que esta genera en las laderas adyacentes.

Antrópicos

- g) Construcción de vías de acceso sin criterio técnico desencadena inestabilidad de las laderas.



Figura 26: se observan caminos de trochas construidas dentro de un deslizamiento antiguo.

- h) Construcción de canales de riego de cultivos sin revestimiento en los centros poblados de Allmay y Marca, esto permite que el agua se infiltre en el subsuelo saturándolo.



Figura 27: Canales de riego sin revestimiento impermeable muy cerca al deslizamiento de Allmay.

Erosión de laderas en Marca

Naturales

- a) Condiciones geológicas de la zona (sustrato rocoso meteorizado, pendientes fuertes, suelos limo-arcillosos).
- b) Comportamiento hidrológico e hidrogeológico los cuales constituyen un agente erosivo para la formación de surcos, cárcavas y deslizamientos.

b) Desencadenantes

- Precipitaciones pluviales de carácter excepcional.

CONCLUSIONES

- 1) En el centro poblado de Allmay se identificó un deslizamiento antiguo y activo y Marca, como también procesos de erosión de laderas (cárcavas) y reptación en el centro poblado de Marca.
- 2) Los procesos geodinámicos identificados pueden afectar la seguridad física de los poblados mencionados.
- 3) De acuerdo al análisis de las imágenes satelitales de Google Earth, el deslizamiento de Allmay se viene generando antes de febrero del año 2002, la reactivación más notoria se presentó entre los años 2016 y 2019.
- 4) El deslizamiento de Allmay presenta un avance retrogresivo, tiene una corona de una longitud de 320 m, un salto comprendido entre 90 a 135 m, la distancia entre la escarpa principal al pie del deslizamiento es de 665 m; involucra un área de 47,500 m² y un volumen movilizado de 760.602.664 M/m³, mientras el deslizamiento activo de Marca presenta una corona con una longitud de 85 m, una distancia desde la corona al pie del deslizamiento de 50 m y un área de 3,939 m².
- 5) Los deslizamientos activos identificados, pueden afectar terrenos cultivos y viviendas de los centros poblados de Allmay y Marca, al mismo tiempo puede desencadenar un flujo de detritos (huaico) que afectaría directamente al sector de Pallanca.
- 6) Los factores condicionantes de los eventos son:
 - Laderas que presentan pendientes fuertes, entre un rango de 25° a 45° y muy escarpadas > 45°.
 - Configuración geomorfológica del área (acantilados).
 - Rocas no competentes susceptibles a la erosión y potencialmente inestables.
 - Ausencia o escasas de vegetación en las laderas del sector.
 - Construcción de caminos de trochas en laderas erosionadas.
 - Construcción de canales de riego de cultivos sin revestimiento.
- 7) El principal desencadenante de los eventos geodinámicos activos identificados corresponde a las precipitaciones pluviales de carácter excepcional. La estación meteorológica de Yungay del SENAMHI registró un incremento de precipitaciones pluviales por encima de los parámetros normales durante el Fenómeno del Niño Costero 2017, el cual generó un acelerado proceso erosivo e incremento de las dimensiones del deslizamiento activo de Allmay y Marca.
- 8) A la fecha de la evaluación no se habían registrado daños en zona de cultivos ni daños estructurales graves en las viviendas situadas en los centros poblados evaluados, sin embargo, estas se encuentran vulnerables y pueden ser afectadas por los deslizamientos actualmente activos en próximos periodos de intensas lluvias.
- 9) Debido a las condiciones de inestabilidad del deslizamiento de Allmay, se le considera a este sector como zona crítica, de muy alto peligro ante la ocurrencia de deslizamientos-flujos y de peligro inminente ante intensas precipitaciones pluviales.

RECOMENDACIONES

- 1) Prohibir el paso de personas por la parte alta de los acantilados de Allmay y Marca, así como también en los cuerpos de los deslizamientos.
- 2) Construir zanjas de coronación para interceptar y conducir adecuadamente las aguas de lluvias y evitar su paso por el deslizamiento; no se deben construir las zanjas muy cerca del borde superior del talud para evitar una reactivación del deslizamiento.
- 3) Implementar revestimiento de los canales de riego de cultivos para evitar infiltración y saturación del terreno.
- 4) Evitar realizar actividades agrícolas muy cerca del borde de la corona de los deslizamientos activos.
- 5) Identificar y reparar tuberías de agua y desagüe que presenten problemas de rotura, ya que las fugas de agua pueden saturar los suelos.
- 6) Realizar trabajos de reforestación con cobertura vegetal (plantación de árboles, arbustos o vegetales nativos de la zona) en laderas erosionadas del centro poblado de Marca y Allmay, a fin de frenar la velocidad de escurrimiento del agua, incrementar la cohesión del terreno, disminuir los procesos erosivos y prevenir la reactivación de deslizamientos.
- 7) Reubicar las viviendas que se encuentran en las inmediaciones de los escarpes de los deslizamientos activos de Marca y Allmay, así como las que se encuentran que en el sector Pallanca y Chillo (sector situado dentro del centro poblado de Marca).
- 8) Con la finalidad de no afectar las condiciones socioeconómicas de la población que tendrá que ser reubicada, se consideró proponer zonas de reubicación en un lugar adecuado dentro del sector, pero fuera del área de peligro. En caso de tener otras alternativas de reubicación, estas deben ser evaluadas previamente por un especialista en la materia.
- 9) Se considera necesario implementar trabajos de monitoreo en los deslizamientos activos de Allmay y Marca; esto se puede realizar por medio de la instrumentación de la zona deslizada.
- 10) Se debe comunicar a la población sobre los peligros geológicos activos y latentes identificados en los sectores evaluados, así como también informar sobre las recomendaciones descritas en el presente informe. Esto se puede transmitir mediante charlas informativas, folletos y trípticos simplificados que permitan un fácil entendimiento.



Segundo A. Núñez Juárez
Jefe de Proyecto-Act-07



César Augusto Chacaltana Budiel
Director de Geología Ambiental y Riesgo Geológico

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala-Carcedo, Francisco; Olcina Cantos, Jorge (coords.) (2002). Riesgos naturales. Barcelona: Ariel.
- Belaústegui, S. (1999): Pendientes del terreno y fundamentos del caudal máximo no erosivo. Hoja técnica N° 07. Buenos Aires - Argentina. 4 p.
- 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.
- J.Cobbing y A. Sanchez; (1996); Mapa geológico de Carhuaz, Hoja 19-h”.
- J.Wilson, O. Molina y A. Sánchez (1967); Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huarí”, INGEMMET, Boletín N° 60, Serie A.
- 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.
- 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.
- Varnes, D.J., 1978: Slope Movement: Types and Proceses. In Scuster & Krizek, 1978: Landslides: Analysis and Control. Special report 176. Transportation Research Board, Comisión on Sociotechnical Systems, National Research Council. National Academy of Sciences, Washungton, D.C. 234 p.p.
- www.senamhi.gob.pe/. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú/Estación meteorológica de Yungay.
- Zavala,B; Valderrama, P.; Pari, W.; Luque, G. & Barrantes (2009) - Riesgos geológicos en la región Ancash. INGEMMET, Boletín, Serie C 38: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 44, 280 p.