

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

**Informe Técnico N° A7146**

# DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR CUJAN

INGEMMET  
Región Arequipa  
Provincia Arequipa  
Distrito Santa Isabel de Siguan



ABRIL  
2021

## DESLIZAMIENTOS EN EL SECTOR CUJAN

(Distrito de Santa Isabel de Siguan, Provincia y Región Arequipa)

Elaborado por la Dirección de  
Geología Ambiental y Riesgo  
Geológico del Ingemmet

*Equipo de investigación:*

*Yhon Hideler Soncco Calsina*

### **Referencia bibliográfica**

*Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2021). Deslizamientos en el sector Cujan, Distrito de Santa Isabel de Siguan, Provincia y Región Arequipa. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N°A7146, 19 p.*

## INDICE

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	2
<b>1.1. Objetivos del estudio</b> .....	2
<b>1.2. Antecedentes y trabajos anteriores</b> .....	2
<b>1.3. Aspectos generales</b> .....	3
1.3.1 Ubicación .....	3
1.3.2 Accesibilidad .....	3
<b>2. ASPECTOS GEOLÓGICOS</b> .....	4
<b>2.1 Unidades litoestratigráficas</b> .....	4
2.1.1 Formación Moquegua Superior (NP-mo_s) .....	4
2.1.2 Formación Millo (Nm-mi).....	5
2.1.3 Depósitos aluviales (Qh-al2) y (Qh-al1).....	5
<b>3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS</b> .....	5
<b>3.1 Pendiente del terreno</b> .....	5
<b>3.2 Unidades geomorfológicas</b> .....	6
3.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional.....	6
3.2.2 Geoformas de carácter Deposicional o Agradacional .....	6
<b>4. PELIGROS GEOLÓGICOS</b> .....	8
<b>4.1 Movimientos en masa en el sector Cujan</b> .....	8
4.1.1 Deslizamiento .....	10
4.1.2 Derrumbes y caída de rocas .....	11
4.1.3 Erosión de laderas (cárcavas).....	12
<b>4.2 Surgencias de agua</b> .....	12
<b>4.3 Factores condicionantes</b> .....	13
<b>4.4 Factores detonantes o desencadenantes</b> .....	13
<b>5. SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA</b> .....	13
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	15
<b>7. RECOMENDACIONES</b> .....	15
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	16

## RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizados en el sector Cujan, que pertenecen a la jurisdicción de la Municipalidad Distrital de Santa Isabel de Siguan, Provincia de Arequipa, Región Arequipa. Con este trabajo, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet, cumple con una de sus funciones que consiste en brindar asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible.

En el área de estudio afloran rocas de la Formación Moquegua Superior (NP-mo\_s) caracteriza por presentar conglomerados con bloques subredondeados, además de gravas arenas y limos, las cuales se encuentran inconsolidados, dentro de una matriz areno-arcillita, también se aprecian intercalaciones de depósitos volcánicos, las que se encuentra moderadamente meteorizadas y medianamente fracturadas, son de fácil erosión. Formación Millo (Nm-mi), está conformado por conglomerados polimícticos de bloques, gravas y arenas no consolidados. También se tienen depósitos aluviales (Qh-al2) de fácil erosión, están localizados en el lecho del valle de Siguan, el tamaño de los elementos constituyentes varía desde bloques (más de 1 m) hasta arcillas, se aprecian como abanicos compuestos por gravas envueltos en matriz arenosa, se presentan inconsolidados y los depósitos aluviales (Qh-al1), se presentan con bloques y gravas en una matriz de arena, son inconsolidados y de fácil erosión.

Las unidades geomorfológicas identificadas en la zona de estudio son: unidad de piedemonte, unidad de colinas y lomadas, y unidad de planicies inundables, que incluyen las siguientes subunidades: colinas y lomadas disectadas en rocas sedimentarias (RCLD-rs), altiplanicie sedimentaria (AP-s), terrazas aluviales (T-al) y vertiente con depósitos de deslizamientos (V-dd). En la zona de estudio, la subunidad con mayor susceptibilidad a generar deslizamientos es colinas y lomadas disectadas en rocas sedimentarias.

Se identificaron deslizamientos, caída de rocas, derrumbes y procesos de erosión en cárcavas, las cuales están en proceso de ensanchamiento y profundización. Estos eventos afectan 1.4 km de la vía de acceso a Sondor (capital del distrito de Santa Isabel de Siguan).

Los factores condicionantes que originan la ocurrencia de peligros geológicos por movimientos en masa, son:

- a) Depósitos de mala calidad, provenientes de deslizamientos antiguos, conformadas por bloques, gravas y arenas no compactos.
- b) Conglomerados con algunos niveles de tobas, el primero contiene matriz arenosa que permite la filtración de agua. La toba retiene el agua, lo cual permite que pierda cohesión, esto genera inestabilidad.
- c) Tobas altamente meteorizadas y muy fracturados.
- d) Los depósitos de deslizamientos antiguos permiten la infiltración y retención de agua.
- e) Las pendientes entre 25° a 45°, permite que la masa inestable de la ladera, pierda equilibrio y se movilice cuesta abajo.

Se concluye que el sector Cujan es considerado de **Peligro Alto**; frente a deslizamientos, que pueden ser “detonados” con lluvias intensas (diciembre a marzo) y movimientos sísmicos.

Finalmente, se brindan las siguientes recomendaciones:

- a) construcción de un sistema de drenaje, para derivar las aguas de lluvias a zonas alejadas del cuerpo del deslizamiento
- b) Implementar un sistema de monitoreo instrumental temporal, para determinar los movimientos del deslizamiento.

## 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 a nivel nacional (ACT 11)”, 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 la municipalidad distrital de Santa Isabel de Siguan, según el Oficio N° 234-2020-ALC/MDSIS, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de los eventos de movimientos en masa, que afectó al sector Cujan.

La dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico designó al ingeniero, Yhon Soncco, para la evaluación técnica respectiva. Los trabajos de campo se realizaron entre los días 7 y 8 de diciembre del 2020. Para los trabajos de campo se coordinó con el personal de Defensa Civil de la municipalidad distrital de Ilabaya.

La evaluación técnica se basa en la recopilación y análisis de información existente de trabajos anteriores realizados por Ingemmet, los datos obtenidos durante el trabajo de campo (puntos de control GPS y fotografías), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de las autoridades de la Municipalidad Distrital de Santa Isabel de Siguan, donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la mitigación y reducción del riesgo de desastres, a fin de que sea un instrumento técnico para la toma de decisiones.

### 1.1. Objetivos del estudio

El presente trabajo tiene como objetivos:

- a) Identificar, tipificar y caracterizar los procesos de deslizamientos que se presentan en el sector Cujan, eventos que pueden comprometer la seguridad física de la población, cultivos y vías de comunicación en la zona de influencia de los eventos.
- b) Determinar los factores condicionantes y detonantes que influyen en la ocurrencia de los diferentes peligros identificados.
- a) Emitir las recomendaciones pertinentes para la reducción o mitigación de los daños que pueden causar los peligros geológicos identificados.

### 1.2. Antecedentes y trabajos anteriores

- a) Informe Técnico N° A6715; “Dinámica del deslizamiento de Siguan” (distrito de Majes y San Juan de Siguan, provincia de Caylloma y Arequipa, departamento de Arequipa). Donde menciona; que la ladera derecha del valle de Siguan es afectada por un deslizamiento activo, por sus características dinámicas se le considera de **peligro muy alto**.
- b) Informe Técnico N° A6748; “Dinámica y monitoreo del deslizamiento de Siguan” (distrito de Majes y San Juan de Siguan, provincia de Caylloma y Arequipa, departamento de Arequipa). Describe que los deslizamientos del sector Siguan, son ocasionados por factores tectónicos, hidrogeológicos, litológicos y humanos, como también la pendiente del terreno.



El incremento del nivel freático del agua, por riego no controlado, generó la pérdida de cohesión de las rocas.

La acción de la gravedad, desencadena en suelos poco consolidados grandes áreas de desplazamiento, como es el caso de Siguan.

### 1.3. Aspectos generales

#### 1.3.1 Ubicación

El sector Cujan se ubica en el valle de Siguan, a 62 kilómetros al Este de la ciudad de Arequipa, se ubica dentro del distrito Santa Isabel de Siguan, en la provincia y región Arequipa, (figuras 1); ubicada en la coordenada UTM (WGS84 – Zona 18S) siguiente:

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio.

COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
	<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>Latitud</i>	<i>Longitud</i>
<i>Cujan</i>	807590.00	8192419.00	16°19'46.97"S	72° 7'16.89"O

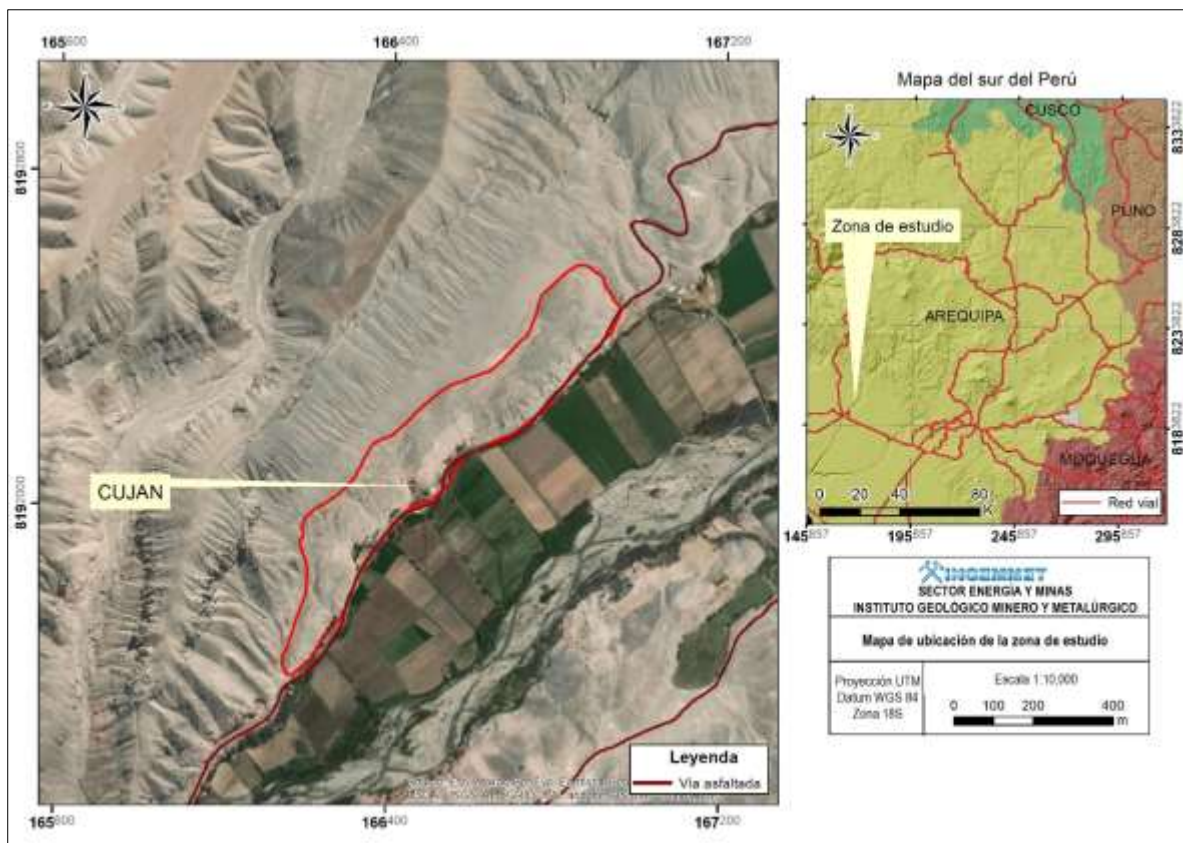


Figura 1. Mapa de ubicación de Cujan

#### 1.3.2 Accesibilidad

La zona es accesible por la carretera Panamericana Sur, desde Arequipa – Majes, hasta el desvío – Santa Isabel de Siguan (Cuadro 2, y figura 2).

Cuadro 2. Rutas y accesos a la zona evaluada

<i>Ruta</i>	<i>Tipo de vía</i>	<i>Distancia</i>	<i>tiempo estimado</i>
-------------	--------------------	------------------	------------------------

Arequipa – Desvió Santa Isabel de Sigwas.	Asfaltada	93.2 k	1h 40 min
Desvió Santa Isabel de Sigwas - Cujan	Asfaltada	1.8 k	10 min



**Figura 2.** Accesibilidad a las zonas de estudio (ruta Arequipa – Santa Isabel de Sigwas).

## 2. ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del sector Cujan se elaboró teniendo como base la revisión y actualización de los cuadrángulos de Atico, Ocoña, Camaná, La Yesera, Aplao Mollendo, Leon, W., (2000) y Geología del cuadrángulo de Aplao, Acosta J., (1968). En la zona inspeccionada afloran rocas de la Formación Moquegua Superior (PN-mo\_s), Formación Millo (Nm-mi) y depósitos aluviales, (figura 3).

### 2.1 Unidades litoestratigráficas

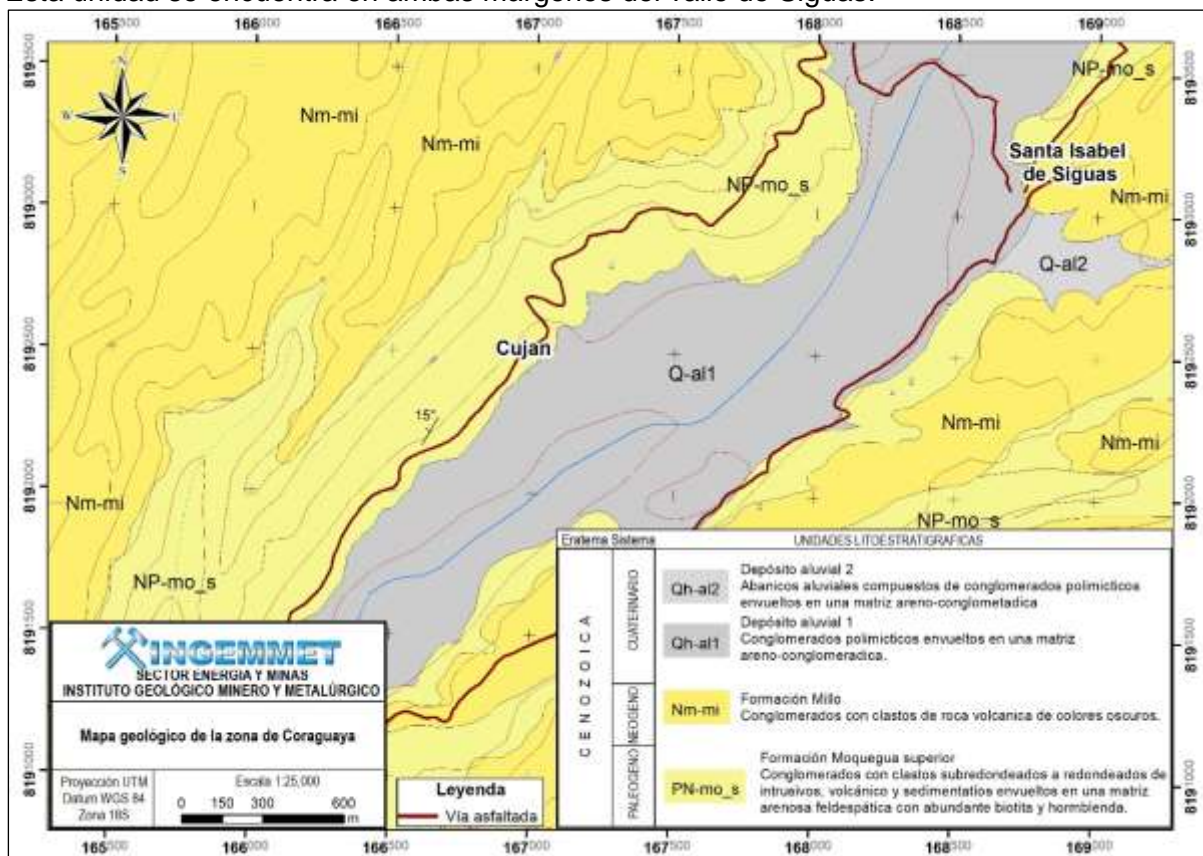
A continuación, se describen las unidades litoestratigráficas que afloran en inmediaciones de la zona inspeccionada (figura 3).

#### 2.1.1 Formación Moquegua Superior (NP-mo\_s)

Reposa en discordancia angular sobre la Formación Moquegua Inferior, litológicamente formados por conos aluviales, sedimentos conglomerádicos, con intercalaciones de niveles volcánicos. (Marocco et al.,1984).

Este miembro es fácilmente distinguido por sus tonalidades claras que contrastan con el Moquegua Inferior, por lo general sus capas tienen posición horizontal y en algunos casos muestran una ligera inclinación al suroeste. Esta formación está formada por bloques subredondeados, además de gravas arenas y limos, las cuales se encuentra inconsolidada, no compactas, son de fácil erosión. También se tienen paquetes de tobas volcánicas no litificadas.

Esta unidad se encuentra en ambas márgenes del valle de Sigwas.



**Figura 3.** Mapa geológico del área de estudio. Leon, W., (2000)

### 2.1.2 Formación Millo (Nm-mi).

Compuesta por conglomerados polymícticos de bloques, gravas y arenas poco consolidadas; la edad asignada es del Mioceno Superior al Plioceno; este tipo de depósitos indican una dinámica fluvial de la cuenca (Martínez y Zuloaga, 2000).

Localmente la Formación Millo compuesta por conglomerado, contiene fragmentos de rocas de tobas, aflora en ambas márgenes del valle de Sigwas.

### 2.1.3 Depósitos aluviales (Qh-al2) y (Qh-al1)

Los depósitos aluviales (Qh-al2), están localizados en el lecho del valle de Sigwas, el tamaño de los elementos constituyentes varía de bloques a arcillas, se presenta como abanicos con bloques, arenas y limos, los bloques son polymícticos envueltos en una matriz areno-arcillosa. Mientras que los depósitos aluviales (Qh-al1), se presentan como terrazas conformadas por bloques, arenas finas y limos. Los cuales se encuentran englobados en una matriz areno-arcillosa. Son de fácil erosión

## 3. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Las zonas evaluadas se encuentran sobre geoformas de carácter depositacional y denudacional, las que son descritas a continuación, (figura 4).

### 3.1 Pendiente del terreno

Los rangos de pendiente van de terrenos llanos a inclinados suavemente (1°-5°), con un cambio abrupto a terrenos escarpados (> 45°) en la base y zona media del acantilado, a



pendiente muy fuerte (25°-45°) en la parte alta del acantilado, para nuevamente cambiar a un terreno con suave pendiente correspondiente a la planicie aluvial.

### 3.2 Unidades geomorfológicas

El área de estudio se encuentra por encima de los 1300 m s.n.m. donde se encuentran las siguientes geoformas.

#### 3.2.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y denudacional

Resultan del efecto progresivo de los procesos morfodinámicos degradacionales sobre los relieves iniciales originados por la tectónica o sobre algunos paisajes construidos por procesos exógenos agradacionales, estos procesos conducen a la modificación parcial o total de estos a través del tiempo geológico y bajo condiciones climáticas cambiantes (Villota, 2005). Así en el área evaluada se tienen las siguientes unidades.

##### 3.2.2.1 Unidad de Colinas y lomadas

Están representadas por colinas y lomadas de relieve complejo y en diferentes grados de disección, de menor altura que una montaña (menos de 300 metros desde el nivel de base local) y con inclinación de laderas promedio superior a 16% (FAO, 1968).

Esta unidad se ubica próxima a la unidad de montañas y viene a formar parte de las estribaciones andinas. Se asocian litológicamente a rocas de tipo intrusivo, volcánico, volcánico-sedimentario, metamórfico y sedimentario, cuyas edades van desde el Neoproterozoico al Neógeno.

**Colinas y lomadas disectadas en rocas sedimentarias (RCLD-rs):** Se encuentran conformando por cerros con elevaciones alargadas disectadas por el río Siguas, con laderas de baja a moderada pendiente. Se localizan en la parte alta de la zona de Cujan.

**Altiplanicie sedimentaria (AP-s):** Se encuentra conformando un terreno plano-ondulado, constituida por afloramientos de rocas sedimentarias (conglomerados), las cuales han sufrido un intenso proceso de meteorización y erosión, que modeló el terreno. Destacan entre las Pampas de Majes, Alto Huaccan, Sónдор, Lubrinillas, Siccera, Lagunillas, Grande, Huambo, entre otras menores, disectadas por quebradas secas, anchas, de fondo plano y poco profundas. Se localiza en la parte inferior derecha del mapa geomorfológico.

Geodinámicamente se asocian a procesos de erosión de laderas a manera de cárcavas, con avance retrogresivo y ensanchándose por medio de derrumbes y deslizamientos pequeños hacia sus márgenes.

#### 3.2.2 Geoformas de carácter Depositional o Agradacional

Entre las unidades geomorfológicas asociadas a procesos de acumulación durante el Pleistoceno y Cuaternario Reciente se tienen las siguientes subunidades.

##### 3.2.2.1 Unidad de Piedemonte

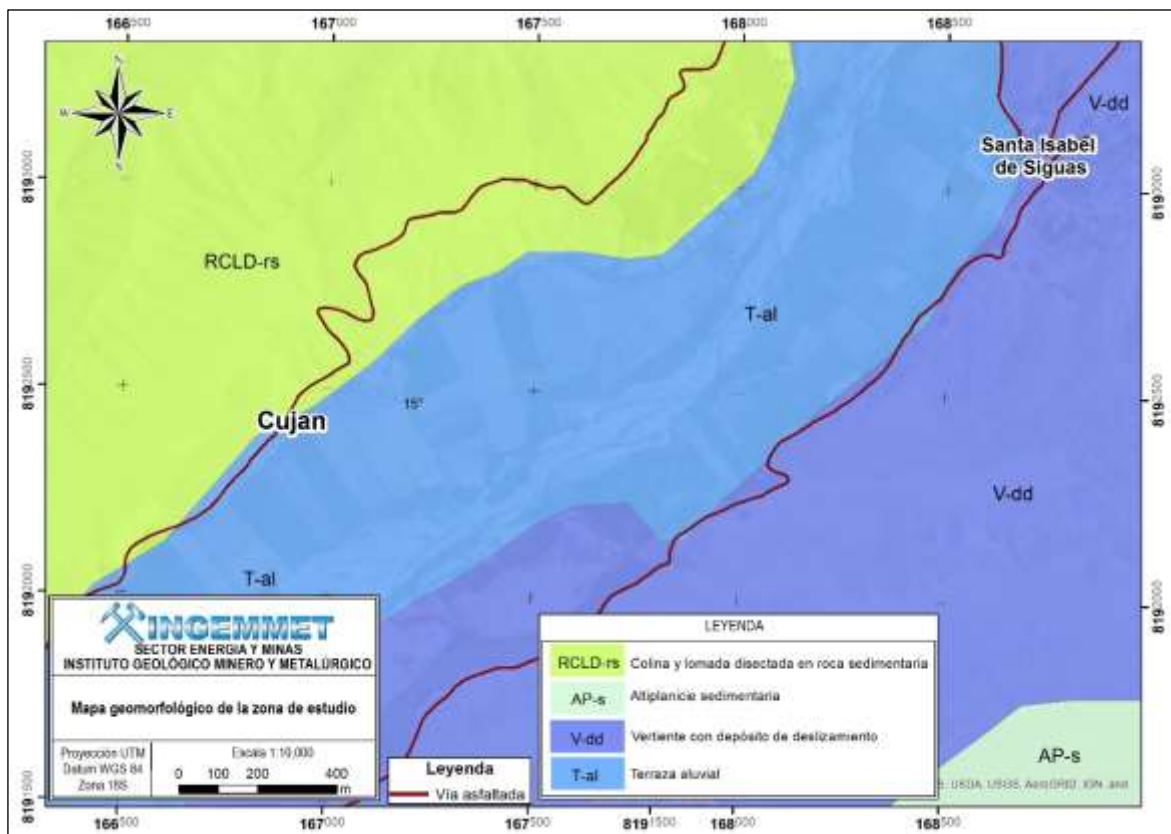
Ambiente de agradación que constituye una transición entre los relieves montañosos, accidentados y las áreas bajas circundantes; en este ambiente predominan los depósitos continentales coluviales y las acumulaciones forzadas, las cuales están relacionadas con el repentino cambio de los perfiles longitudinales.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

**Vertiente con depósitos de deslizamientos (V-dd):** Se encuentra conformando las laderas, de deslizamientos a lo largo de los valles, Vítor, Majes y siguas. En la zona de inspección, esta subunidad geomorfológica aflora al Sureste del sector Cujan.

### 3.2.2.2 Unidad de Planicies inundables

Esta unidad agrupa a relieves generados por las acumulaciones aluviales cuaternarias formadas gradualmente cuando se depositan sedimentos por inundación periódica de corrientes o ríos. Se caracterizan por su relieve plano a plano-ondulado, con pendientes que varían de 0 a 8%.

**Terrazas aluviales (T-al):** Planicies adyacentes diferenciables de la llanura de inundación principal, con altura relativamente marcada; algunos valles principales y tributarios se encuentran en la zona. Sobresalen las terrazas en el río Sigwas, tanto en la cuenca alta y media, respectivamente. Sobre estos terrenos se desarrollan extensas zonas de cultivo y redes viales. Están sujetos normalmente a erosión fluvial.



**Figura 4.** Mapa geomorfológico del área de estudio. (Tomado y modificado del mapa geomorfológico a escala 250,000 del INGENMET)

#### 4. PELIGROS GEOLÓGICOS

Según la clasificación de PMA: GCA, 2007, los movimientos en masa identificados en el área, corresponden a deslizamientos, derrumbes y caídas (revisar en anexo los conceptos). Estos procesos son resultado del proceso de modelamiento del terreno, así como la incisión sufrida en los cursos de agua en río Siguas, que conllevó a la generación de diversos movimientos en masa, que modificaron la topografía de los terrenos y movilizaron cantidades variables de materiales desde las laderas hacia el curso de los ríos.

Estos movimientos en masa, están condicionados por:

- a) Pendiente del terreno, de 25-35°, que favorece que la masa inestable se deslice cuesta abajo.
- b) Conglomerado con matriz arenosa intercalado con tobas volcánicas, la primera permite la infiltración de agua y la segunda la retención del agua, esto genera pérdida de cohesión.
- c) Suelos sueltos de fácil remoción.

Otro factor es el antrópico, el exceso de regadío de los terrenos de cultivo ubicados en la parte alta, lo que ha saturado al conglomerado, conllevando a la pérdida de la cohesión, generando inestabilidad del terreno.

En el área de estudio, los movimientos en masa, están estrechamente ligados a factores desencadenantes como lluvias de gran intensidad o de larga duración asociadas a eventos excepcionales y sismos tectónicos.

##### 4.1 Movimientos en masa en el sector Cujan

En el sector Cujan, (figura 5), los movimientos en masa identificados se localizan en la parte alta de la vía asfaltada de acceso al poblado de Sondor. A los 1500 m s.n.m. se aprecia un deslizamiento antiguo, con reactivaciones en forma de derrumbe. Además, en el escarpe del deslizamiento se identificó procesos de erosión de laderas en forma de cárcavas (figura 6). Los peligros por movimientos en masa podrían afectar aproximadamente 1.4 km de la vía a Sondor.



**Figura 5.** Sector Cujan.

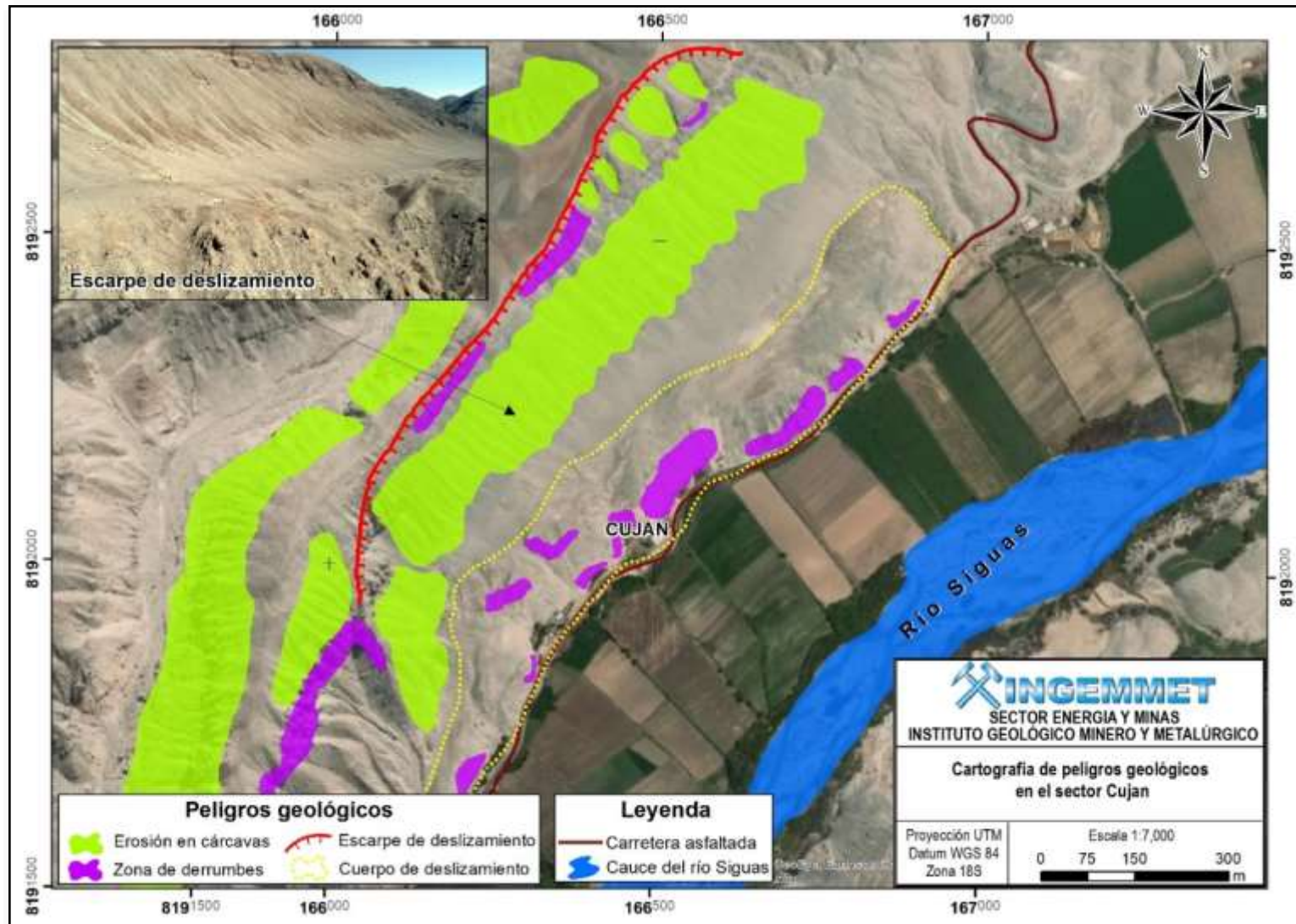


Figura 6. Cartografía de peligros geológicos en el sector Cujan.



#### 4.1.1 Deslizamiento

En el sector Cujan, se tiene un deslizamiento rotacional antiguo, con sectores reactivados, durante los trabajos de campo se identificaron hasta dos sectores reactivados.

La corona del deslizamiento antiguo, presenta una longitud de 1200 m y un salto de 165 m, tiene forma irregular. Su cuerpo tiene un ancho promedio 1190 m. Este evento está comprendido entre las cotas 1545 m s.n.m. a 1326 m s.n.m., es decir posee un desnivel de 219 m. el cuerpo del deslizamiento posee un ángulo de corte de 20°.

La masa proveniente del deslizamiento se movilizó en dirección suroeste hacia el río Sigwas, (figuras 7 y 8).

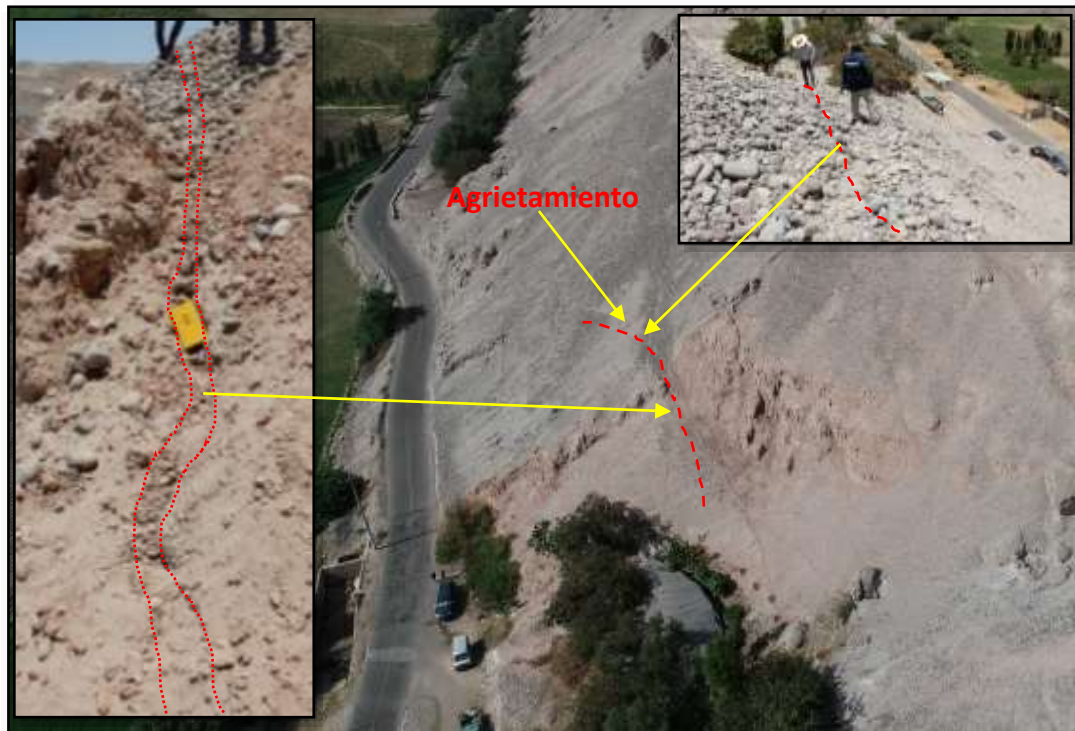


**Figura 7.** Escarpe de deslizamientos antiguos en el sector Cujan, (coordenadas UTM E: 807420, N: 8192435).



**Figura 8.** Deslizamiento Cujan.

En la parte alta de la carretera, en la coordenada UTM (807427 8192236), se aprecia un agrietamiento en el terreno, el cual mide 14 cm. de ancho, la extensión del agrietamiento no es visible, debido a que el material suelto que lo rellena (figura 9)



**Figura 9.** Agrietamiento en el sector Cujan. Se observan fragmentos de rocas, provenientes del cuerpo del deslizamiento, (coordenadas UTM E: 807444, N: 8192266).

#### 4.1.2 Derrumbes y caída de rocas

En el sector de Cujan, la zona de derrumbes y caída de rocas, se encuentra en laderas con pendiente alta y escarpadas. Estas zonas se presentan en el escarpe del deslizamiento, en el frente de avance del deslizamiento y en los cortes de la carretera que cruza el pie del deslizamiento Cujan, se aprecian bloques colgados en el cuerpo del deslizamiento (figura 10).

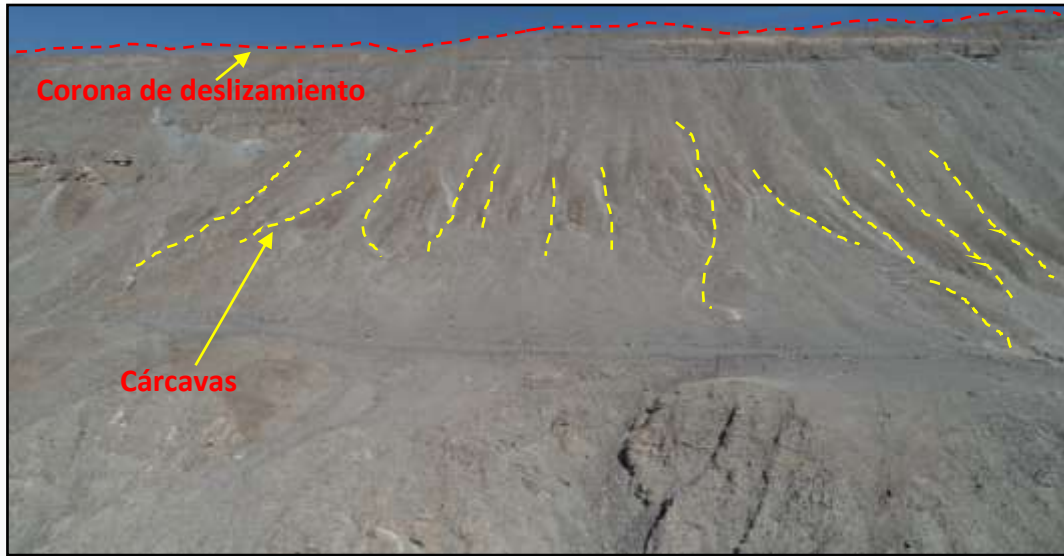


**Figura 10.** Proceso de formación de cárcavas, (coordenadas UTM E: 807709, N: 8192513).

#### 4.1.3 Erosión de laderas (cárcavas)

En el sector Cujan, afloran rocas conformadas por conglomerados, que están compuestas por fragmentos de roca que van del tamaño de bloques, gravas en matriz arenosa, son de fácil erosión. Ante el escurrimiento superficial se forman procesos de erosiones de ladera en forma de cárcavas y surcos, las primeras tienen anchos máximos de 3 a 4 m. y profundidades de 1 a 2 m. Estas se activan con presencia de lluvias (figura 11).

En el escarpe del deslizamiento antiguo, estos procesos son intensos.



**Figura 11.** Cárcavas en el sector Cujan, (coordenadas UTM E: 807420, N: 8192435).

#### 4.2 Surgencias de agua

Al pie del deslizamiento en el sector Cujan, se han evidenciado una serie de surgencias de aguas, esto indica que el terreno está saturado.

La única fuente de agua próxima son las aguas provenientes del proyecto de irrigación Majes Sigvas.

Para determinar la procedencia exacta de las aguas que surgen en el sector Cujan, se tienen que realizar estudios hidrogeológicos. En el presente informe presentamos un perfil topográfico, (figura 12), donde se evidencia que existe un desnivel de 308 metros entre el sector Cujan ubicado sobre los 1322 m s.n.m. y el canal Majes a 1630 m s.n.m. punto en el que existe un control hidráulico, desde donde se vierte agua a la quebrada Veladero. En la figura 12 se puede observar claramente que desde la altura del control hidráulico ubicado en las coordenadas UTM E: 807462, N: 8195689, existe un claro contraste en la quebrada Valadero, de zonas con alta vegetación y zonas sin vegetación.

Durante la inspección de campo, se pudo observar la presencia de riego por aspersión en la zona agrícola de Majes ubicado a la altura del sector Cujan.





Figura 12. Perfil topográfico, línea de color amarillo.

### 4.3 Factores condicionantes

Las causas para la ocurrencia los movimientos en masa, se relacionan con la litología del sustrato, pendiente del terreno, presencia de agua en los materiales (rocas y suelos). Los factores son:

- a) Depósitos de mala calidad, provenientes de deslizamientos antiguos, conformadas por bloques, gravas y arenas poco consolidadas. Demás de paquete de tufos volcánicos, altamente meteorizadas y muy fracturados. Los depósitos de deslizamientos antiguos permiten la infiltración y retención de agua.
- b) Las pendientes entre 25° a 45°, permite que la masa inestable de la ladera, pierda equilibrio y se movilice cuesta abajo.

### 4.4 Factores detonantes o desencadenantes

Los factores desencadenantes son:

- Lluvia intensa de forma extraordinaria.
- Ocurrencia de sismos.

## 5. SUSCEPTIBILIDAD A MOVIMIENTOS EN MASA

El Ingemmet a través de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGARG), elaboró en el año 2009 el "Mapa de Susceptibilidad por Movimientos en Masa del Perú" escala 1:1 000 000. El mapa tiene como objetivos plantear un modelo que indique las zonas de mayor exposición a proceso de remoción en masa, a fin de contar con una herramienta dinámica para la gestión de riesgos; priorizar escenarios donde se desarrollen estudios



específicos, así como plantear las medidas de prevención o mitigación para asegurar la estabilidad física de zonas urbanas y/o infraestructuras vulnerables.

Las zonas de estudio presentan susceptibilidad **Alta Y Muy Alta**, frente a la ocurrencia de movimientos en masa, (figuras 13).

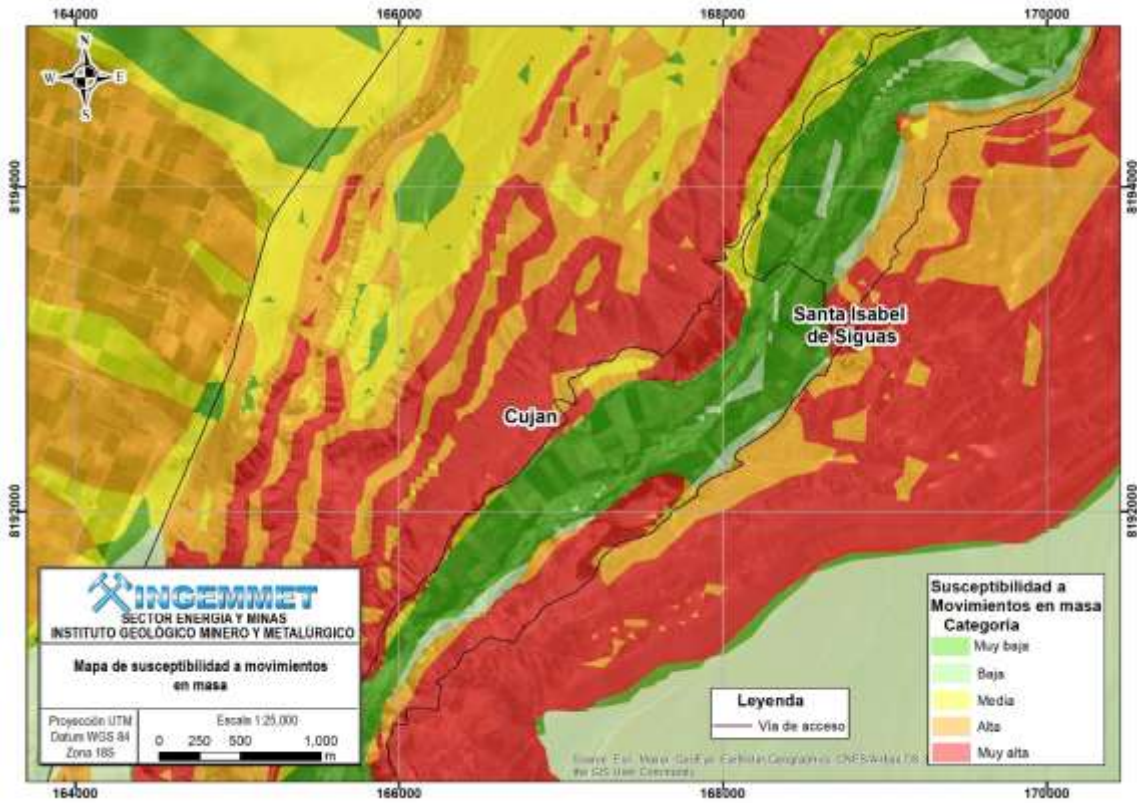


Figura 13. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en el sector Cujan.

ING. SEGUNDO NUÑEZ JUÁREZ

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

## 6. CONCLUSIONES

- a) El sector Cujan está ubicado en la parte baja de un deslizamiento antiguo cuya corona mide 1200 m y el escarpe presenta una altura de 165 m. El desnivel entre la corona y el pie del deslizamiento es 219 m.
- b) El corte del talud, en el pie del deslizamiento, para la construcción de la vía asfaltada, ha generado pérdida en el soporte del talud. Esto reactivó el deslizamiento, en forma de deslizamiento propiamente dicho, caída de rocas y derrumbes.
- c) El sector Cujan se encuentra al pie del depósito de deslizamiento antiguo reactivado, de seguir su avance, podría afectar 1.4 km de la vía de acceso a Sondor.
- d) Se tienen conglomerados, poco consolidados, no litificados, conformados por fragmentos de roca del tamaño de bloques (hasta de 1 m), gravas, englobados en matriz arenosa. Esto permite la infiltración de agua.
- e) Las aguas que surgen en la margen derecha del río Siguas, exactamente al pie del deslizamiento Cujan, aparentemente provienen de la infiltración de aguas de regadío del Proyecto de Irrigación Majes-Siguas.
- f) El sector de Cujan, por las condiciones geológicas mencionadas anteriormente, se considera como de **"Peligro Alto"** frente a movimientos en masa.

## 7. RECOMENDACIONES

- a) Implementar un sistema de monitoreo instrumental temporal, para detectar algún movimiento en el cuerpo del deslizamiento Cujan.
- b) Construir un sistema de canales para derivar las aguas provenientes de las lluvias a zonas alejadas del deslizamiento.
- c) Cambiar el modo de regadío en la zona agrícola ubicada a la altura de la zona de Cujan, platear el sistema por goteo. Esto implicaría un cambio en el cultivo que requieran menos agua.
- d) Implementar señalizaciones, que indiquen sectores propensos a procesos de movimientos en masa por caída de rocas, derrumbes y deslizamientos.
- e) Reforestar las zonas de carcavamiento, para evitar su avance retrogresivo.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Acosta J. (1968) – Geología del cuadrángulo de Aplao. IGEMMET, Boletín, N° 25: 52p

Corominas, J. & García Y agüe A. (1997). Terminología de los movimientos de ladera. I V Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables. Granada. Vol. 3,1051-1072

Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslide's investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportación researchs board Special Report 247, p. 36-75.

González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L. y Oteo, C. Ingeniería Geológica. 2002 (1ra. Ed); 2004 (2da. Ed); 2009 (3ra. Ed) Prentice Hall Pearson Educación, Madrid, pp 750.

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.

Marocco R. (1984) – Dynamique du remplissage dum basin intramontagneux cénozoïque andin, laboratoire.

Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ad, Landslides analisys and control: Washintong D. C, National Academy Press, Transportación researchs board Special Report 176, p. 9-33

## ANEXO 1 GLOSARÍO

### Deslizamiento

Llamado también fenómenos de ladera o movimientos de ladera; son desplazamientos de masas de tierra o de rocas que se encuentran en pendiente, se entiende como movimiento del terreno o desplazamientos que afectan a los materiales en laderas o escarpes. Estos desplazamientos se producen hacia el exterior de las laderas y en sentido descendente como consecuencia de la fuerza de la gravedad, Corominas y García Yagüe, (1997).

La nomenclatura de los elementos morfológicos y morfométricos de un movimiento de ladera tipo rotacional, como evidencia en la zona, (figura 14), ha sido desarrollada por la Asociación Internacional de Geología Aplicada a la Ingeniería (IAEG, 1990).

Deslizamiento rotacional, es cuando la superficie de rotura es una superficie cóncava. Los deslizamientos rotacionales se producen fundamentalmente en materiales homogéneos o en macizos rocosos muy fracturados, Antoine, (1992), se suelen diferenciar por una inclinación contrapendiente de la cabecera.

Se puede mencionar algunos factores que desencadenan los deslizamientos: rocas muy fracturadas y alteradas o suelos poco coherentes, saturación de suelos o roca alterada por intensas Lluvias, deforestación de tierras, erosión fluvial, erosión de laderas (cárcavas), modificación de taludes de corte, actividad sísmica y volcánica.

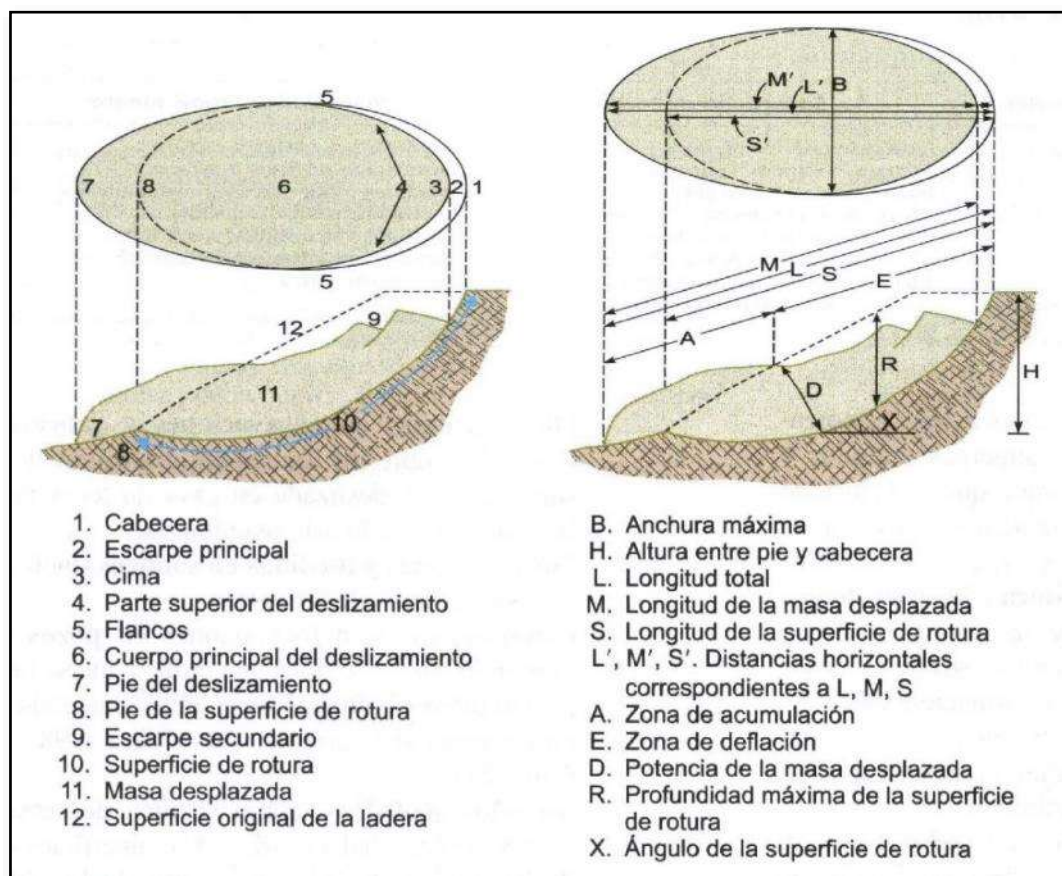


Figura 14. Elementos morfológicos y morfométricos de un deslizamiento, tomado de González de Vallejo., (2002).

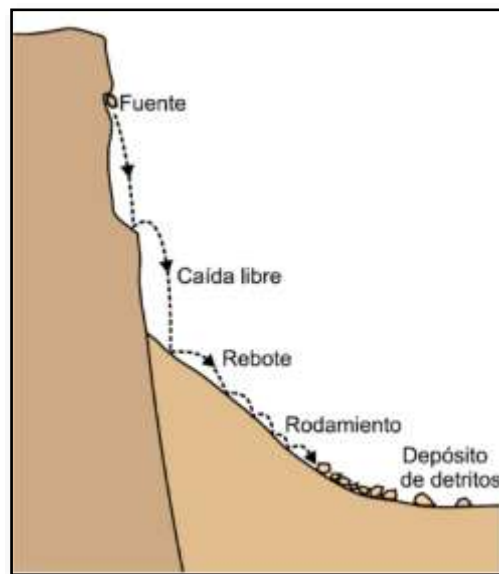


## caídas o desprendimientos de rocas

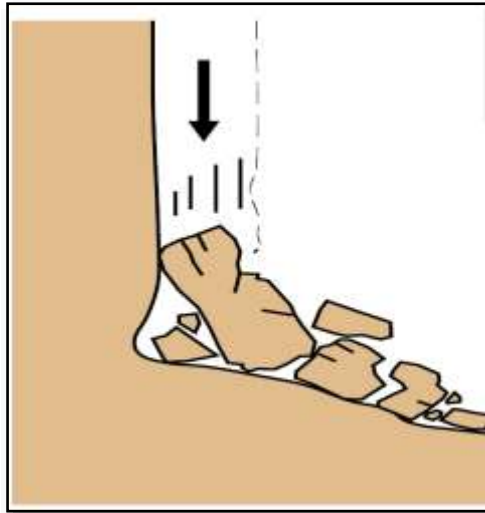
La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento, Varnes, (1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden y Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a  $5 \times 10^1$  mm/s. El estudio de casos históricos ha mostrado que las velocidades alcanzadas por las caídas de rocas pueden exceder los 100 m/s.

Una característica importante de las caídas es que el movimiento no es masivo ni del tipo flujo. Existe interacción mecánica entre fragmentos individuales y su trayectoria, pero no entre los fragmentos en movimiento.

En Evans y Hungr (1993) se pueden consultar ejemplos de caída de roca fragmentada, (figuras 15 y 16). Los acantilados de roca son usualmente la fuente de caídas de roca, sin embargo, también puede presentarse el desprendimiento de bloques de laderas en suelo de pendiente alta.



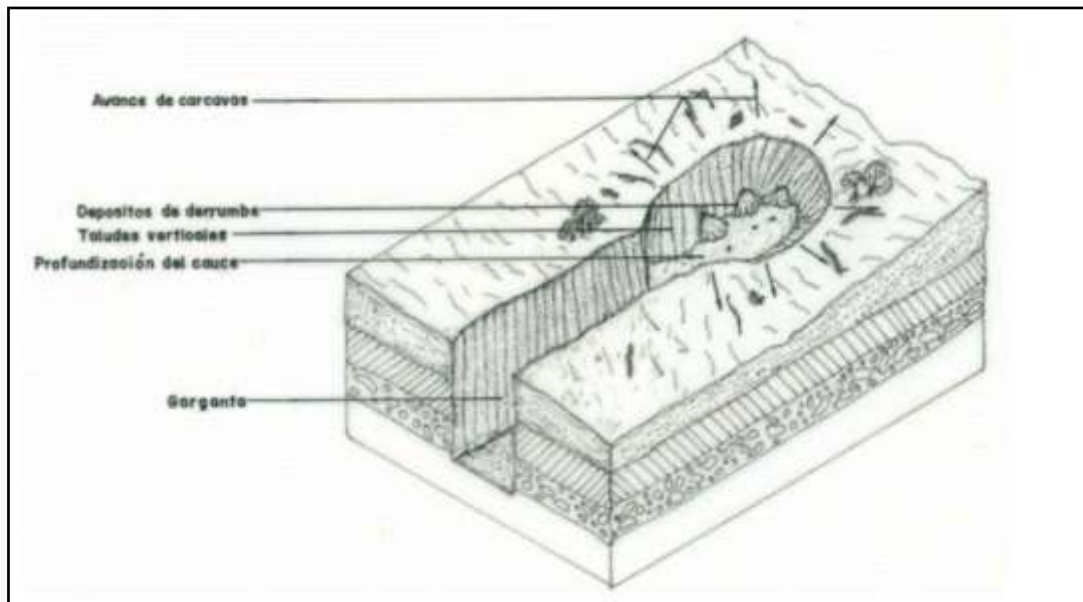
**Figura 15.** Esquema de la caída de rocas



**Figura 16.** Esquema de Corominas y Yague (1997) denominan a este movimiento “colapso”.

### Erosión de laderas (Cárcavas)

La erosión en cárcavas es un fenómeno que se da bajo diversas condiciones climáticas (Gómez et al., 2011), aunque más comúnmente en climas semiáridos y sobre suelos estériles y con vegetación abierta, con un uso inadecuado del terreno o inapropiado diseño del drenaje de las vías de comunicación. Las incisiones que constituyen las cárcavas, se ven potenciadas por avenidas violentas y discontinuas típicas del clima mediterráneo, Lluvias intensas o continuas sobre terrenos desnudos o por la concentración de flujos superficiales fomentados por obras de drenaje de caminos o carreteras, (figura 17).



**Figura 17.** Proceso de formación de cárcavas