

DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A7304

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL CENTRO POBLADO LOS PATOS

Departamento Amazonas
Provincia Utcubamba
Distrito Cajaruro



OCTUBRE
2022

**EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS POR DESLIZAMIENTO EN EL
CENTRO POBLADO LOS PATOS.**

(Distrito Cajaruro, provincia Utcubamba, departamento Amazonas)

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

Equipo de investigación:

*Luis Miguel León Ordáz.
Cristhiam Francisco Díaz Cruz.*

Referencia bibliográfica

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (2022). Evaluación de peligros geológicos por deslizamiento en el centro poblado Los Patos, distrito Cajaruro, provincia Utcubamba, departamento Amazonas. Lima: Ingemmet, Informe Técnico N° A7304, 33p.

INDICE

RESUMEN	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Objetivos del estudio	5
1.2 Antecedentes	6
1.3 Aspectos generales	8
1.3.1 Ubicación	8
1.3.2 Accesibilidad	8
2. DEFINICIONES	10
3. ASPECTO GEOLÓGICO	12
3.2 Unidades litoestratigráficas	12
4. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	13
4.2 Modelo digital de elevaciones (MDE)	14
4.3 Pendiente del terreno	14
4.4 Unidades Geomorfológicas	15
4.4.1 Geformas de carácter tectónico degradacional y erosional	15
4.4.2 Geformas de carácter depositacional y agradacional	16
5. PELIGROS GEOLÓGICOS	16
5.2 Deslizamiento del Centro Poblado Los Patos	17
CONCLUSIONES	26
RECOMENDACIONES	27
ANEXO 1. MAPAS	28
ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS	31
BIBLIOGRAFÍA	33

RESUMEN

El presente informe técnico es el resultado de la evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa, realizado en el centro poblado Los Patos, distrito Cajaruro, provincia Utcubamba, departamento Amazonas. Con este trabajo, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – Ingemmet cumple con la función de brindar asistencia técnica de calidad en el tema de peligros geológicos a los tres niveles de gobierno (local, regional y nacional).

En el sector afloran calizas margosas de color amarillo, fracturadas, moderadamente meteorizadas e intercaladas con lutitas y limolitas grises a verdes, muy fracturadas y altamente meteorizadas; cubiertas por depósitos coluvio – deluviales, conformado por gravas (10%) y bloques (5%) subredondeados, en una matriz arcillo limosa (85%), inconsolidados, características que facilitan la infiltración de agua de escorrentía, incrementan la saturación del terreno e inestabilizan las laderas.

Las geoformas identificadas son: de origen tectónico degradacional representada por la sub unidad de montaña en roca sedimentaria (RME-rs): con laderas de pendiente fuerte (15° a 25°) y la geoforma de origen depositacional y agradacional, vertiente o piedemonte coluvio – deluvial: con terrenos de pendiente moderada (5° a 15°).

El peligro geológico identificado corresponde a un deslizamiento de tipo rotacional, con una longitud de 185 m, su escarpe principal con largo de 135 m. y salto que varía de 1.5 a 2 m, y en el cuerpo del deslizamiento se aprecian agrietamientos longitudinales y transversales, con longitudes entre 5 a 40 m. y con desplazamiento horizontal entre 0.05 a 0.20 m.

El deslizamiento tiene, un avance retrogresivo, que en temporadas de lluvias intensas y o prolongadas, o movimientos sísmicos, podría incrementar su desplazamiento retrogresivo y afectar al centro poblado.

En el mes de marzo del 2021, el evento destruyó 20 viviendas, afectó la trocha carrozable en un tramo de 150 m. y terrenos de cultivos en 2 hectáreas.

Por las condiciones descritas, el sector se considera como **Zona Crítica de Peligro Muy Alto** a la ocurrencia de deslizamiento.

Finalmente se brindan las recomendaciones que se consideran importantes que las autoridades competentes y tomadores de decisiones pongan en práctica en el área evaluada, recomendando principalmente la reubicación de la población que se encuentra dentro del deslizamiento a una zona segura, con la finalidad de evitar atentar en contra de la integridad física de los pobladores del Centro Poblado Los Patos.

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 mediante el reconocimiento, caracterización y diagnóstico del peligro geológico en zonas que tengan elementos vulnerables.

Atendiendo la solicitud remitida por la Municipalidad Distrital de Cajaruro, provincia de Utcubamba, departamento de Amazonas según OFICIO N° 071-2021-MDC/A, es en el marco de nuestras competencias que se realiza una evaluación de peligros geológicos por movimientos en el centro poblado Los Patos.

La Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet designó a los Ingenieros Luis M. León Ordáz y Cristhiam F. Díaz Cruz, para realizar la evaluación de peligros geológicos que afectan al centro poblado Los Patos.

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, fotografías terrestres y aéreas), el cartografiado geológico y geodinámico, con lo que finalmente se realizó la redacción del informe técnico.

Este informe se pone en consideración de Municipalidad distrital de Cajaruro donde se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones para la 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 peligros geológicos que se presentan en el Centro Los Patos, detonado en marzo del 2021 a consecuencia de lluvias intensa en el distrito Cajaruro, provincia Utcubamba, departamento Amazonas.
- b) Determinar los factores condicionantes y desencadenantes que influyen en la ocurrencia del deslizamiento.
- c) Proponer medidas de prevención, reducción y mitigación ante peligros geológicos identificados en los trabajos de campo.

1.2 Antecedentes

Se han recopilado todos los informes y reportes que abarquen los aspectos geodinámicos de la zona de estudio, los cuales se mencionan a continuación:

- a. Geología de los Cuadrángulos de Aramango y Bagua Grande (Chacaltana, et al. 2011). Según la geología descrita a escala 1:50 000, en la zona evaluada los sedimentos están conformados por calizas margosas de color amarillo intercaladas con limoarcillitas abigarradas de la Formación Celendín, que dan origen a relieves suaves y muy erosionables; en la zona de estudio localmente se ha observado un depósito coluvio – deluvial, conformado por gravas y bloques subredondeados envueltos en una matriz arcillo limosa.
- b. Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa descrito en el Boletín N° 39, Serie C, Estudio de Riesgo Geológico en la Región Amazonas (Medina, et al. 2009), la zona de estudio presenta una susceptibilidad alta a la ocurrencia de procesos de remoción en masa (figura 1).

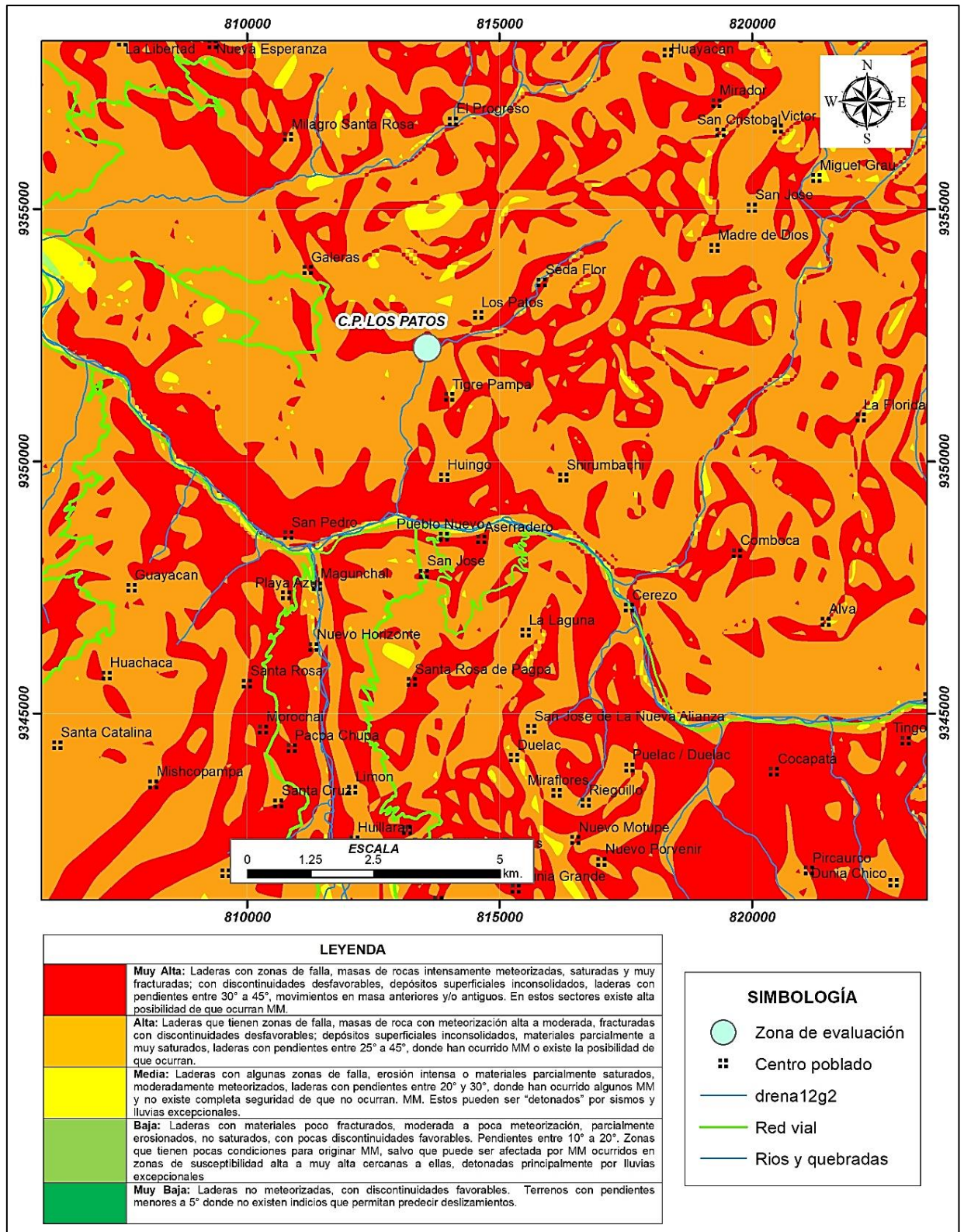


Figura 1. Susceptibilidad a movimientos en masa del centro poblado Los Patos y alrededores.

Fuente: Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa en la región Amazonas, elaborado a escala 1:250 000 por Medina et al., 2007.

1.3 Aspectos generales

1.3.1 Ubicación

El centro poblado Los Patos, del distrito Cajaruro, provincia Utcubamba, departamento Amazonas (figura 2), se sitúa en las siguientes coordenadas (cuadro 1), UTM WGS 84 – Zona: 17S:

Cuadro 1. Coordenadas del área de estudio, centro poblado Los Patos.

N°	UTM – WGS 84 - ZONA 17S		COORDENADAS DECIMALES	
	Este	Norte	Latitud	Longitud
1	813523	9352006	-5.855247°	-78.168906°
2	813526	9351697	-5.858039°	-78.168865°
3	813159	9351689	-5.858128°	-78.172176°
4	813117	9351956	-5.855717°	-78.172567°
COORDENADA CENTRAL DE LA ZONA EVALUADA O EVENTO PRINCIPAL				
C	813412	9351875	-5.856436°	-78.169902°

1.3.2 Accesibilidad

Se accede por vía terrestres, en este caso, desde la ciudad de Cajamarca con destino al centro poblado Los Patos, a través de una carretera asfaltada y trocha carrozable, tal como se detalla en la siguiente ruta (cuadro 2):

Cuadro 2. Rutas y acceso a la zona evaluada

Ruta	Tipo de Vía	Distancia (km)	Tiempo estimado
<i>Cajamarca – Bambamarca – Chota – Cutervo – Jaén – Bagua Grande.</i>	<i>Asfaltada</i>	<i>344</i>	<i>8 horas 30 minutos</i>
<i>Bagua Grande – Los Patos</i>	<i>Asfaltada - Afirmada</i>	<i>41</i>	<i>1 hora</i>

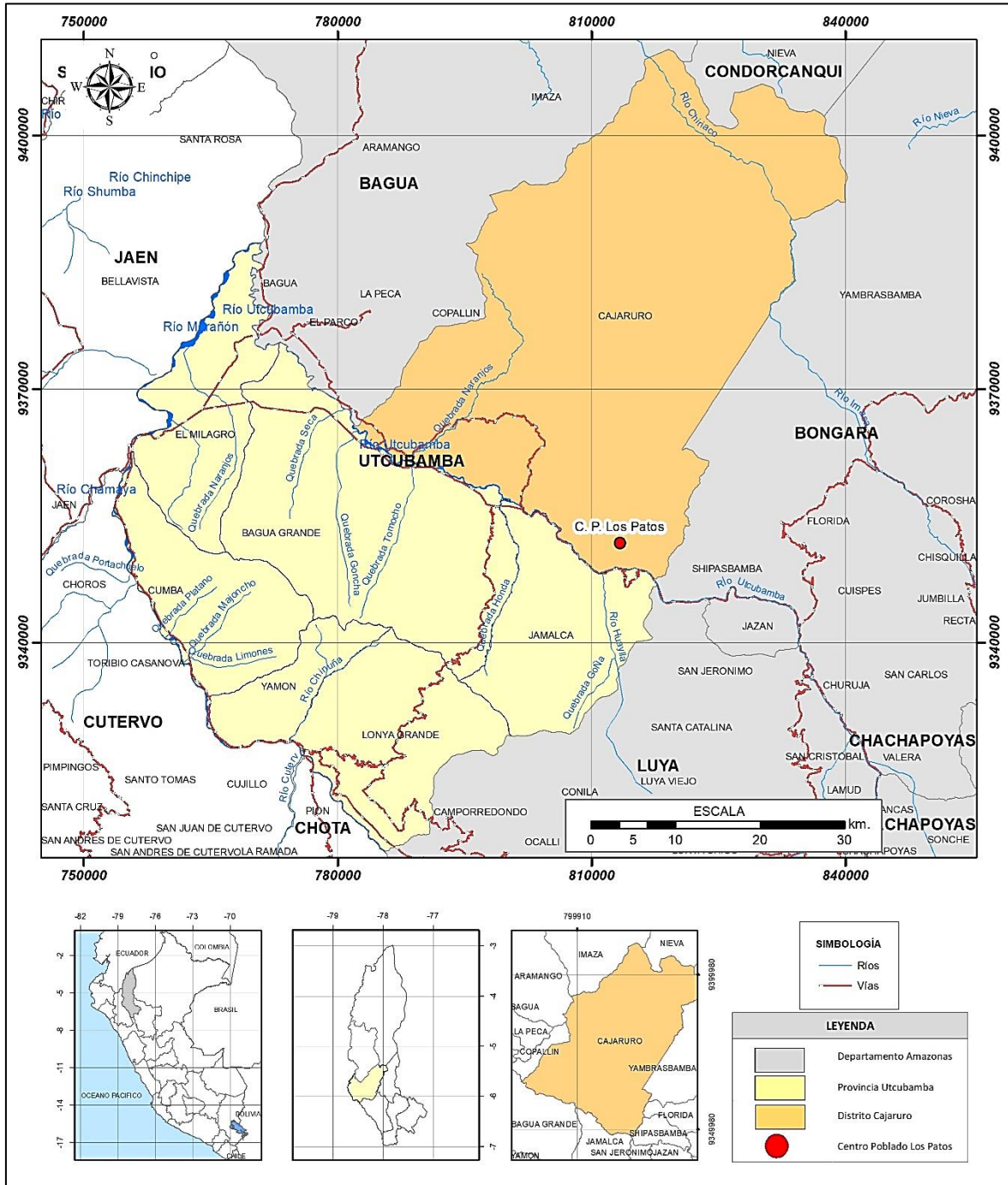


Figura 2. Ubicación Centro Poblado Los Patos.

2. DEFINICIONES

El presente informe técnico está dirigido a las entidades gubernamentales en los tres niveles de gobierno, así como, personal no especializado, que no son necesariamente geólogos; por ello se desarrollan algunas definiciones relevantes, considerando como base el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas (2007), los términos y definiciones se detallan a continuación:

Agrietamiento: Formación de grietas causada por esfuerzos de tensión o de compresión sobre masas de suelo o roca, o por desecación de materiales arcillosos.

Arcilla: Suelo para ingeniería con tamaño de partículas menores a 2 micras (0,002 mm) que contienen minerales arcillosos. Las arcillas y suelos arcillosos se caracterizan por presentar cohesión y plasticidad. En este tipo de suelos es muy importante el efecto del agua sobre su comportamiento.

Coluvial: Forma de terreno o material originado por la acción de la gravedad.

Condicionante: Se refiere a todos aquellos factores naturales o antrópicos que condicionan o contribuyen a la inestabilidad de una ladera o talud, pero que no constituyen el evento detonante del movimiento.

Corona: Zona adyacente arriba del escarpe principal de un deslizamiento que prácticamente no ha sufrido desplazamiento ladero abajo. Sobre ella suelen presentarse algunas grietas paralelas o semi paralelas conocidas como grietas de tensión o de tracción.

Crecida de detritos: Flujo muy rápido de una crecida de agua que transporta una gran carga de detritos a lo largo de un canal, usualmente también llamados flujos hiperconcentrados (Hungar *et al.*, 2001).

Deslizamiento: Movimiento ladera abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla (Cruden y Varnes, 1996). Según la forma de la superficie de falla se clasifican en traslacionales (superficie de falla plana u ondulada) y rotacionales (superficie de falla curva y cóncava).

Deslizamiento rotacional: Tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los deslizamientos rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y un contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe.

Detonante: Acción o evento natural o antrópico, que es la causa directa e inmediata de un movimiento en masa. Entre ellos pueden estar, por ejemplo, los terremotos, la lluvia, la excavación del pie de una ladera, la sobrecarga de una ladera, entre otros.

Erosión de laderas: Se manifiesta a manera de láminas, surcos y cárcavas en los terrenos. Un intenso patrón de estos tipos de erosiones se denomina tierras malas o bad lands. Este proceso comienza con canales muy delgados cuyas dimensiones, a medida que persiste la erosión, pueden variar y aumentar desde

estrechas y poco profundas (< 1 m) hasta amplias y de varios metros de profundidad.

Escarpe o escarpa: Superficie vertical o semi vertical que se forma en macizos rocosos o de depósitos de suelo debido a procesos denudativos (erosión, movimientos en masa, socavación), o a la actividad tectónica. En el caso de deslizamientos se refiere a un rasgo morfométrico de ellos.

Formación geológica: Unidad litoestratigráfica formal que define cuerpos de rocas caracterizados por presentar propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

Fractura: Estructura de discontinuidad menor en la cual hay separación por tensión, pero sin movimiento tangencial entre los cuerpos que se separan.

Ladera: Superficie natural inclinada de un terreno.

Lutita: Roca sedimentaria de grano muy fino, de textura pelítica, es decir integrada por detritos clásticos constituidos por partículas de tamaños de la arcilla y del limo.

Meteorización: Se designa así a todas aquellas alteraciones que modifican las características físicas y químicas de las rocas y suelos. La meteorización puede ser física, química y biológica. Los suelos residuales se forman por la meteorización in situ de las rocas subyacentes.

Movimiento en masa: Movimiento ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras (Cruden, 1991). Estos procesos corresponden a caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, entre otros. Sin.: Remoción en masa y movimientos de ladera.

Peligro o amenaza geológica: Proceso o fenómeno geológico que podría ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

Retrogresivo: Tipo de actividad de un movimiento en masa, en el cual la superficie de falla se extiende en la dirección opuesta al movimiento del material desplazado (Cruden y Varnes, 1996).

Saturación: El grado de saturación refleja la cantidad de agua contenida en los poros de un volumen de suelo dado. Se expresa como una relación entre el volumen de agua y el volumen de vacíos.

Talud: Superficie artificial inclinada de un terreno que se forma al cortar una ladera, o al construir obras como por ejemplo un terraplén.

Zonas críticas: Son zonas o áreas con peligros potenciales de acuerdo a la vulnerabilidad asociada (infraestructura y centros poblados), que muestran una recurrencia, en algunos casos, entre periódica y excepcional. Algunas pueden presentarse durante la ocurrencia de lluvias excepcionales y puede ser necesario considerarlas dentro de los planes o políticas nacionales, regionales y/o locales sobre prevención y atención de desastres.

3. ASPECTO GEOLÓGICO

El análisis geológico se desarrolla en base al boletín N°142, serie A, Carta Geológica Nacional: “Geología de los cuadrángulos de Aramango (11-g) y Bagua Grande (12-g), (Chacaltana et. al., 2011); como también trabajos en campo, análisis de imágenes satelitales, fotogrametría con dron para caracterizar y delimitar las diferentes unidades litológicas considerando su grado de resistencia y susceptibilidad a procesos de erosión (mapa 1).

3.2 Unidades litoestratigráficas

Las unidades litoestratigráficas aflorantes en los alrededores de la zona evaluada corresponden a los Grupo Pucará, Goyllarisquizga, las formaciones Chulec, Cajamarca y Puillucana/Quilquiñan; en la zona afectada por se tiene la Formación Celendín y un depósito coluvio deluvial. Se detalla a continuación:

a. Formación Celendín (Ks-ce)

Conformada por calizas margosas de color amarillo, con lutitas y limolitas grises a verdes, en el sector evaluado encontramos limoarcillitas abigarradas, muy fracturadas y altamente meteorizadas (fotografía 1).



Fotografía 1. Se observan limoarcillitas muy fracturadas y meteorizadas.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 93521919 – Este: 813338

b. Depósito coluvio deluvial(Q-al)

Corresponde a los depósitos generados por deslizamientos, conformados por por gravas (10%) y bloques (5%) subredondeados, en una matriz arcillo limosa (85%) (Figura 2).

Forman depósitos poco consolidados e inestables, y afloran en la parte baja del centro poblado Los Patos.



Fotografía 2. Depósito coluvio-deluvial, compuesto gravas y bloques de origen calcáreo, dentro de una matriz arcillo limosa.

Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9352016 – **Este:** 813413

Ficha descriptiva N° 1 - Fotografía 2

DESCRIPCIÓN DE FORMACIONES SUPERFICIALES

TIPO DE FORMACIÓN SUPERFICIAL		GRANULOMETRÍA (%)		FORMA	REDONDES				
<input type="checkbox"/>	Eluvial	<input type="checkbox"/>	Lacustre	<input checked="" type="checkbox"/>	Esférica	<input type="checkbox"/>	Redondeado		
<input checked="" type="checkbox"/>	Deluvial	<input type="checkbox"/>	Marino	<input type="checkbox"/>	Discoidal	<input type="checkbox"/>	Sub redondeado		
<input checked="" type="checkbox"/>	Coluvial	<input type="checkbox"/>	Eólico	<input type="checkbox"/>	Laminar	<input type="checkbox"/>	Anguloso		
<input type="checkbox"/>	Aluvial	<input type="checkbox"/>	Orgánico	<input type="checkbox"/>	Cilíndrica	<input checked="" type="checkbox"/>	Sub anguloso		
<input type="checkbox"/>	Fluvial	<input type="checkbox"/>	Artificial						
<input type="checkbox"/>	Proluvial	<input type="checkbox"/>	Litoral						
<input type="checkbox"/>	Glaciar	<input type="checkbox"/>	Fluvio glaciar						
		5	Bolos						
			Cantos						
		10	Gravas						
			Gránulos						
			Arenas						
		50	Limos						
		35	Arcillas						
PLASTICIDAD		ESTRUCTURA		TEXTURA		CONTENIDO DE		% LITOLOGÍA	
<input checked="" type="checkbox"/>	Alta plasticidad	<input checked="" type="checkbox"/>	Masiva	<input checked="" type="checkbox"/>	Harinoso	<input checked="" type="checkbox"/>	Materia orgánica	<input type="checkbox"/>	Intrusivos
<input type="checkbox"/>	Med. plasticidad	<input type="checkbox"/>	Estratificada	<input type="checkbox"/>	Arenoso	<input type="checkbox"/>	Carbonatos	<input type="checkbox"/>	Volcánicos
<input type="checkbox"/>	Baja plasticidad	<input type="checkbox"/>	Lenticular	<input type="checkbox"/>	Áspero	<input type="checkbox"/>	Sulfatos	<input type="checkbox"/>	Metamórficos
<input type="checkbox"/>	No plástico							<input checked="" type="checkbox"/>	Sedimentarios
SUELOS FINOS		SUELOS GRUESOS		CLASIFICACIÓN TENTATIVA S.U.C.S.					
Limos y Arcillas		Arena		SUELOS GRUESOS		SUELOS FINOS			
<input checked="" type="checkbox"/>	Blanda	<input type="checkbox"/>	Suelta	GW	SW	<input type="checkbox"/>	ML	<input type="checkbox"/>	MH
<input type="checkbox"/>	Compacta	<input checked="" type="checkbox"/>	Densa	GP	SP	<input type="checkbox"/>	CL	<input type="checkbox"/>	CH
<input type="checkbox"/>	Dura	<input type="checkbox"/>	Muy Densa	GM	SM	<input type="checkbox"/>	OL	<input checked="" type="checkbox"/>	OH
				GC	SC	<input type="checkbox"/>	PT		

4. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Para el análisis geomorfológico realizó el levantamiento fotogramétrico mediante el empleo de dron, obteniéndose el modelo digital del terreno, información que fue complementada con el análisis de imágenes satelitales, análisis morfométrico de relieve y cartografiado in situ.

4.2 Modelo digital de elevaciones (MDE)

La zona de estudio comprende elevaciones que van desde los 963 m hasta los 1120 m, se clasificó en cuatro niveles altitudinales, con la finalidad de visualizar la extensión con respecto a la diferencia de alturas, comprendiendo el área urbana del centro poblado de San Isidro en una altura de 1010 m a 1050 m; el área con mayor pendiente está comprendida entre las altitudes 1050 m a 1075 m con una pendiente promedio de 20°, este nivel corresponde a una vertiente o piedemonte coluvio - deluvial que se extiende hacia el sur del sector evaluado (figura 3).

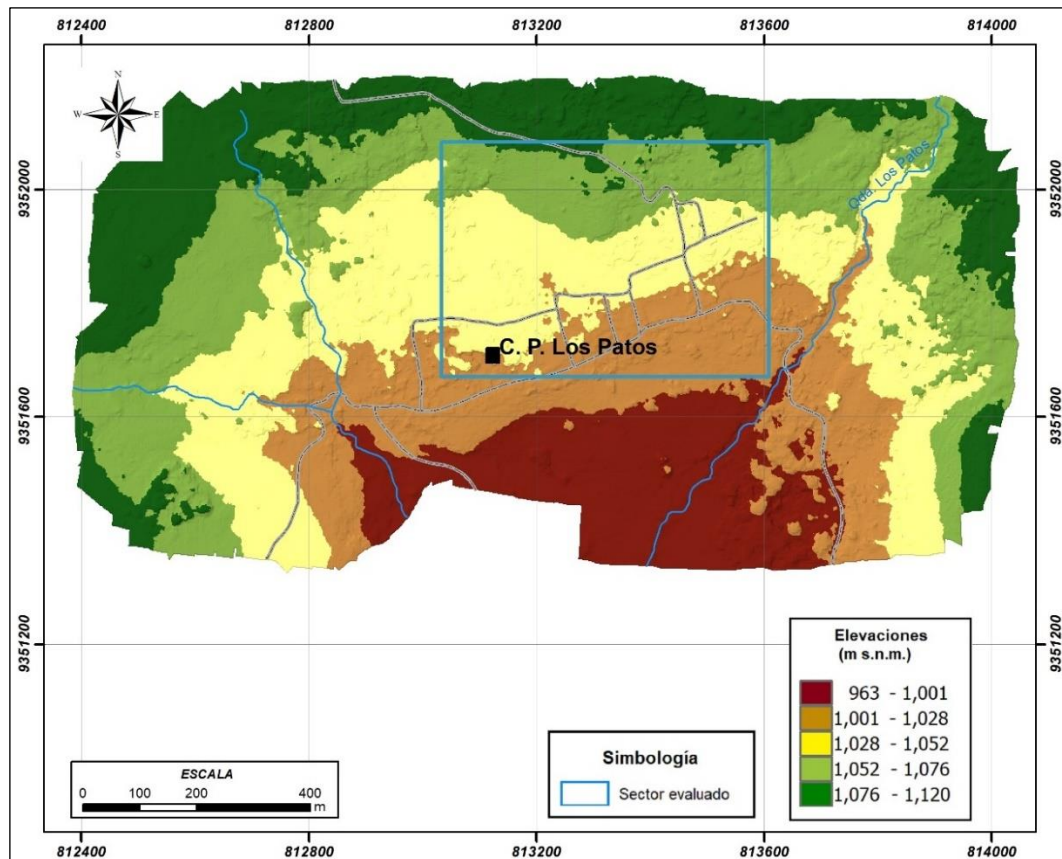


Figura 3. Depósito coluvio-deluvial, compuesto por bloques y clastos de origen calcáreo, dentro de una matriz limo arcillosa.

4.3 Pendiente del terreno

La pendiente es uno de los factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (Sánchez, 2022), es un parámetro importante en la evaluación de procesos de movimientos en masa como factor condicionante.

Se puede decir que es más fácil que ocurran movimientos en masas en laderas y cauces cuya pendiente principal varía entre media a fuerte (>30°), también es más alta la erosión en laderas (laminar, sucos y cárcavas), en colinas o montañas, por que a mayor pendiente facilita el escurrimiento superficial y por ende la erosión hídrica o pluvial (Vílchez et. al., 2013).

El sector evaluado comprende una pendiente moderada promedio de 15°, esta superficie se encuentra en la parte superior al centro poblado Los Patos, ocupadas por cultivos agrícolas, que necesita un riego constante por inundación (Mapa 2).

4.4 Unidades Geomorfológicas

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas en el sector evaluado en Centro Poblado Los Patos, se consideraron criterios de control como: la homogeneidad litológica y caracterización conceptual en base a los aspectos del relieve en relación a la erosión, denudación y sedimentación (Vílchez et al., 2019); así también se ha empleado los trabajos de Villota (2005) y la clasificación de unidades geomorfológicas utilizadas en estudios de Ingemmet.

4.4.1 Geoformas de carácter tectónico degradacional y erosional

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).

Los paisajes morfológicos, resultantes de los procesos denudativos forman parte de las cadenas montañosas, colinas, superficies onduladas y lomadas, dentro de este grupo se tiene la siguiente unidad:

a. Unidad de Montaña

Tiene una altura mayor a los 300 m con respecto al nivel de la base local, así se tienen las siguientes subunidades de montaña diferenciadas según el tipo de roca que la conforman.

- Sub unidad de montaña en roca sedimentaria (RM-rs)

Corresponde a elevaciones del terreno que forman parte de las cordilleras levantadas por la actividad tectónica y su morfología actual depende de procesos exógenos degradacionales determinados por la lluvia – escorrentía, aguas de subsuelo, con fuerte incidencia de la gravedad.

El relieve montañoso de la zona de estudio está ubicado al norte del centro poblado Los Patos, la misma que está conformada principalmente por rocas de origen calcáreo.

4.4.2 Geformas de carácter depositacional y agradacional

Son geformas que comprenden el conjunto de procesos constructivos, determinados tanto por las fuerzas de desplazamiento como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía y la morfología de los ríos, factores que tienden a nivelar de manera positiva la superficie terrestre, mediante el depósito de materiales sólidos resultante de la denudación de terrenos más elevados. (Villota, 2005).

a. Unidad de Piedemonte

Ambiente de agradación que constituye una transición entre los relieves montañosos, accidentados y áreas bajas circundantes; en este ambiente predominan los depósitos continentales coluviales y acumulaciones forzadas, las cuales están relacionadas con el repentino cambio de los perfiles longitudinales. La unidad de piedemonte identificada es la siguiente:

- **Subunidad de vertiente o piedemonte coluvio – deluvial (V-cd)**
Conformada por acumulación intercalada de materiales relacionados a movimientos en masa como deslizamientos, constituido por gravas y bloques subredondeados en una matriz limo arcillosa, en esta subunidad se originó el deslizamiento (figura 4).



Figura 4. Se observa en el sector evaluado las sub unidades de montaña en roca sedimentaria y vertiente o piedemonte coluvio deluvial.

5. PELIGROS GEOLÓGICOS

Los movimientos en masa son parte de los procesos de denudación que moldean el relieve de la tierra. Su origen obedece a una gran diversidad de procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que se dan en la corteza terrestre.

La meteorización, las lluvias, los sismos y otros eventos (incluyendo la actividad antrópica), actúan sobre las laderas desestabilizándolas y cambian el relieve a una condición más plana (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA, 2007).

El peligro geológico identificado en la zona de estudio, corresponde a un movimiento en masa de tipo deslizamiento, descrito a continuación:

5.2 Deslizamiento del centro poblado Los Patos

El centro poblado se encuentra asentado sobre un deslizamiento antiguo, el cual está en proceso de reactivación.

A través de las imágenes satelitales, fotografías aéreas tomadas con el dron y el reconocimiento en campo, se identificó un deslizamiento ocurrido en marzo del 2021. La dirección del movimiento es de noroeste a sureste (figura 5), en la parte superior al escarpe principal se identificó agrietamientos, lo que indica un avance retrogresivo.

El deslizamiento antiguo, por los procesos de erosión y meteorización que ha sido afectado, no se aprecia bien definidos el escarpe del deslizamiento y la corona (mapa 3).

A continuación se describen las características del movimiento reciente:

- Estado de actividad: activo.
- Forma de la escarpa: irregular.
- Longitud de la escarpa: 135 m.
- Desnivel entre la escarpa principal y el pie del deslizamiento: 30 m.
- Superficie de rotura inferida: rotacional.
- Salto principal o desplazamiento vertical: 1.5 a 2 m.
- Longitud del eje principal del evento: 180 m.
- Ancho del evento: 150 m.
- Área del deslizamiento: 2.75 ha.
- Avance del deslizamiento: retrogresivo.

Se identificó agrietamientos en terrenos ocupados por cultivos agrícolas los cuales tiene longitudes de hasta 35 m, con aperturas de 25 cm, con desplazamiento hasta de 15 cm.



Figura 5. Escarpe principal, tiene un salto promedio de 2 metros
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9351923 – Este: 813329

En el perfil A-A' (figura 6 – Mapa 3), se observa la disposición de las unidades geológicas en el sector evaluado, en el corte no se observa afloramientos rocosos solo depósitos cuaternarios (coluvio-deluviales), la pendiente es moderada a fuerte (5° a 25°).

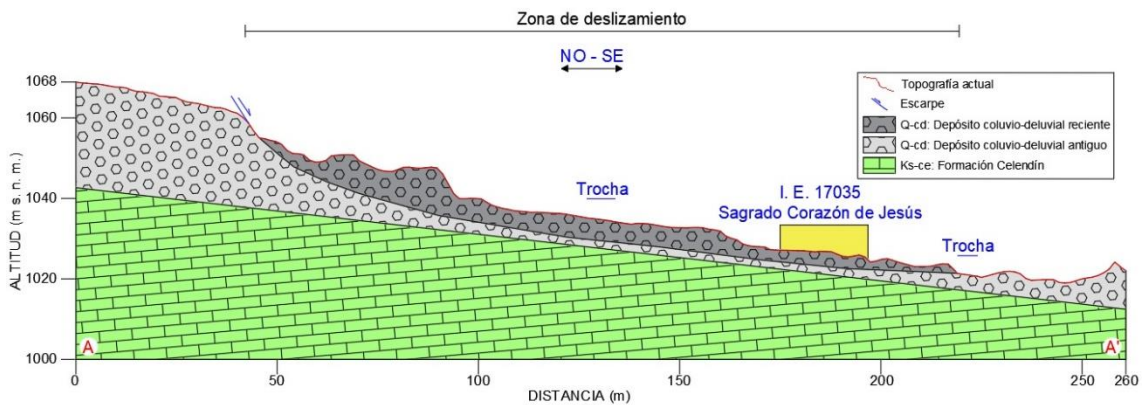


Figura 6. Perfil A – A', Mapa 4.

En el perfil B-B' (figura 7 – Mapa 3), se observa las viviendas afectadas ubicadas en la parte baja del deslizamiento y se encuentran inhabitables, las mismas que están asentadas sobre depósitos cuaternarios (coluvio-deluviales), la pendiente es moderada a fuerte (5° a 25°).

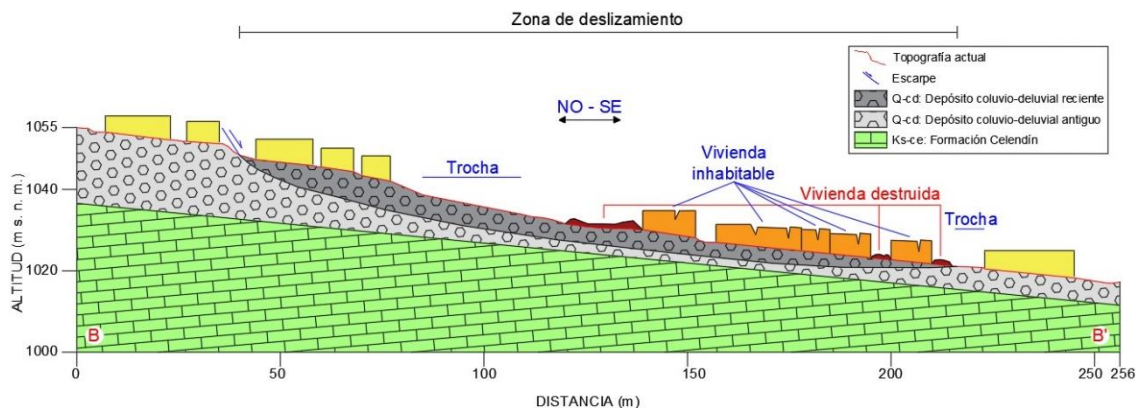


Figura 7. Perfil B – B', Mapa 4.

a. Factores condicionantes

- Litología incompetente de depósito coluvio – deluvial, constituido por gravas y escasos bloques de diferente tamaño, en una matriz arcillo limosa no consolidada.
- Ladera con pendiente promedio de 15°.
- Presencia de cultivos en la parte superior al deslizamiento, con malas prácticas de riego (permanente, por inundación), que saturan el terreno incrementando su inestabilidad.

b. Factores detonantes

- Lluvias intensas, suscitadas en el mes de marzo (hasta 14.2 mm/día, reportado por Senhami el 23 de marzo del 2021).

Daños ocasionados

- Afectó aproximadamente 20 viviendas (construidas en material noble, tapial y adobe), las cuales quedaron totalmente destruidas e inhabitables (fotografía 3 y 4, figuras del 8 a 11).
- 150m de trocha carrozable indicar tramo de conexión Centro Poblado – Centro Poblado San Cristóbal (figura 12).
- Institución educativa N° 17035, Sagrado Corazón de Jesús, causando grietas pisos y paredes de los salones (figuras 13 y 14), y aulas prefabricadas, originando su desplazamiento y deterioro de accesos a las mismas (figura 15).
- Afectó 2 has de cultivos agrícolas.
- Postes de suministro eléctrico inclinados a punto de colapsar (figura 16).



Fotografía 3. Viviendas totalmente destruidas en el flanco izquierdo del deslizamiento.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9351781– Este: 813495.



Figura 8. Grietas con ancho de 5 cm a 10 cm, en paredes de viviendas.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9351802 – Este: 813489.



Fotografía 4. Vivienda destruida por el desplazamiento del deslizamiento.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9351858 – Este: 813465.



Figura 9. Grietas en pared de vivienda inhabitable.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9351856 – Este: 813466.



Figura 10. Grietas en pared de vivienda y colapso de muro.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9351831 – Este: 813474.



Figura 11. Vivienda muy afectada (inhabitable).
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9351878 – Este: 813427.



Figura 12. Grieta en el flanco izquierdo del deslizamiento, afecta trocha carrozable Los Patos – San Cristóbal, quedando intransitable.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9351876 – Este: 813457.



Figura 13. Pared de I. E. N° 17035, que puede colapsar, se aprecia agrietamientos de paredes.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9351800 – Este: 813405.



Figura 14. Colapso de columnas en proceso de construcción para aulas. Se aprecia agrietamiento del terreno (limitado con línea amarilla), que tiene un ancho de 80 cm y una longitud de 9 m.



Figura 15. Aulas prefabricadas y accesos en mal estado, ocasionados por el avance del deslizamiento
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9351803 – Este: 813418.



Figura 16. Postes de suministro eléctrico muy inclinados, hasta llegar a 50° del nivel del terreno.
Coordenadas UTM WGS84, Norte: 9351878 – Este: 813427.

CONCLUSIONES

- a. El centro poblado Los Patos, se encuentra sobre un deslizamiento rotacional antiguo, que en marzo 2021, se reactivó en forma de tipo rotacional. El evento destruyó veinte (20) viviendas de concreto y prefabricadas, dañadas e inhabitables; terrenos de cultivos en 2 hectáreas y trocha carrozable que conecta al centro poblado en un tramo de 150 m.
- b. El deslizamiento reactivado tiene un escarpe principal tiene una longitud de 135 m y un salto de 1.5 m. a 2m; posee una actividad retrogresiva con múltiples grietas sobre su escarpa y dentro del cuerpo deslizado, que se proyectan en diferentes direcciones.
- c. Por el tipo y magnitud del evento, así como su susceptibilidad a la generación de movimientos en masa y reactivarse por lluvias intensas o sismos. El centro poblado Los Patos se considera como **Zona Crítica de Peligro Alto** a la ocurrencia de deslizamiento, cuyo proceso se podría reactivar por lluvias intensas o sismos.
- d. El sector evaluado está conformado por limoarcillitas abigarradas, muy fracturadas y altamente meteorizadas y un depósito coluvio – deluvial, compuesto por gravas y bloques subredondeados, dentro de una matriz arcillo limosa inconsolidada.
- e. Las geoformas identificadas en el área evaluada, corresponden a sub unidad de montaña en roca sedimentaria (RM– rs), con pendiente de 20° a 30° y la sub unidad de vertiente o piedemonte coluvio – deluvial (V-cd) con pendiente de 5° a 20°.
- f. Los factores condicionantes corresponden a pendiente del terreno que en promedio es de 15°; la litología que corresponde a un depósito coluvio-deluvial gravas y bloques, en una matriz arcillo limosa inconsolidada susceptible a la ocurrencia de movimientos en masa, prácticas agrícolas con riego permanente sin un sistema de drenaje, satura de manera constante el terreno; como factores detonantes tenemos las lluvias continuas típicas de la zona.

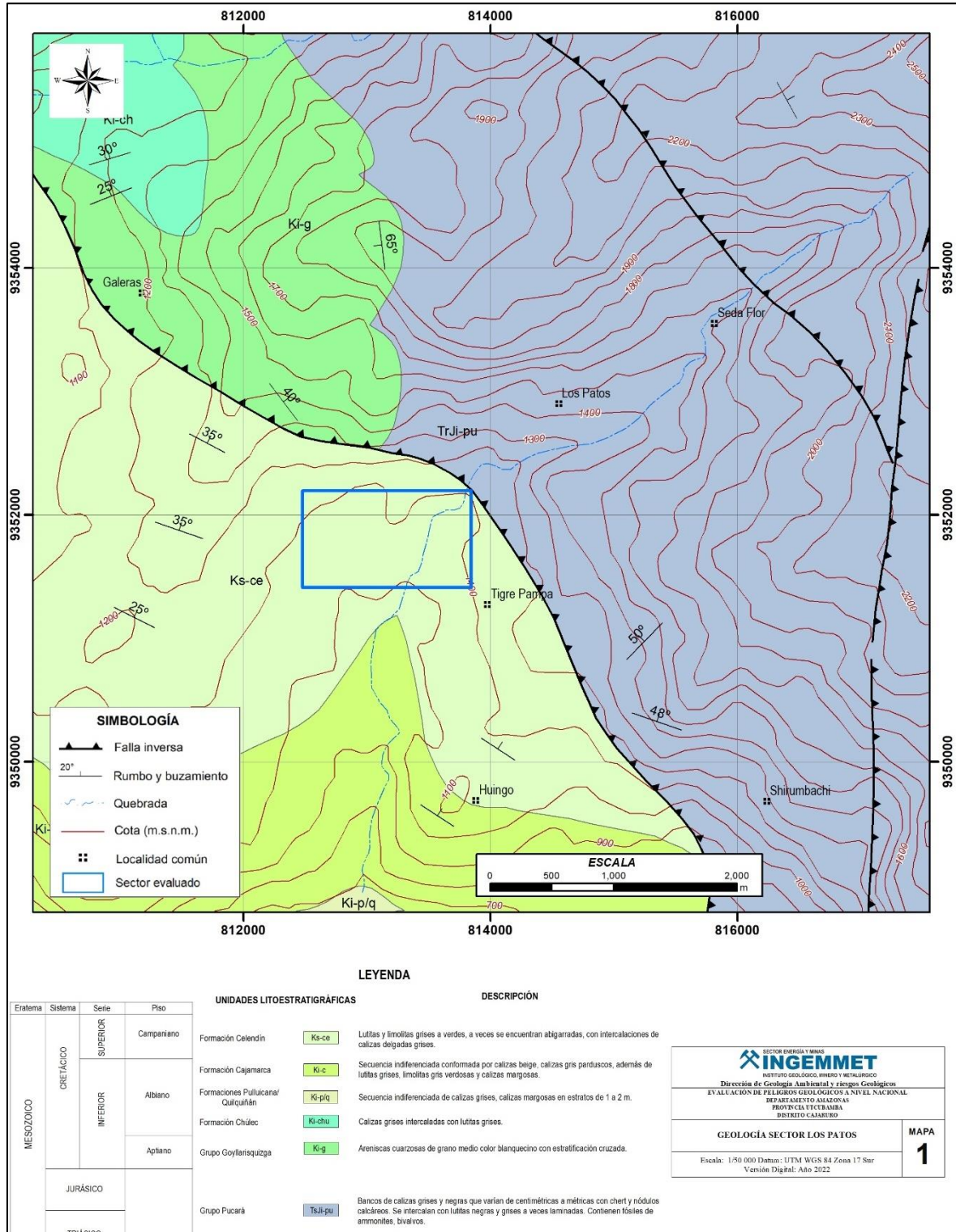
RECOMENDACIONES

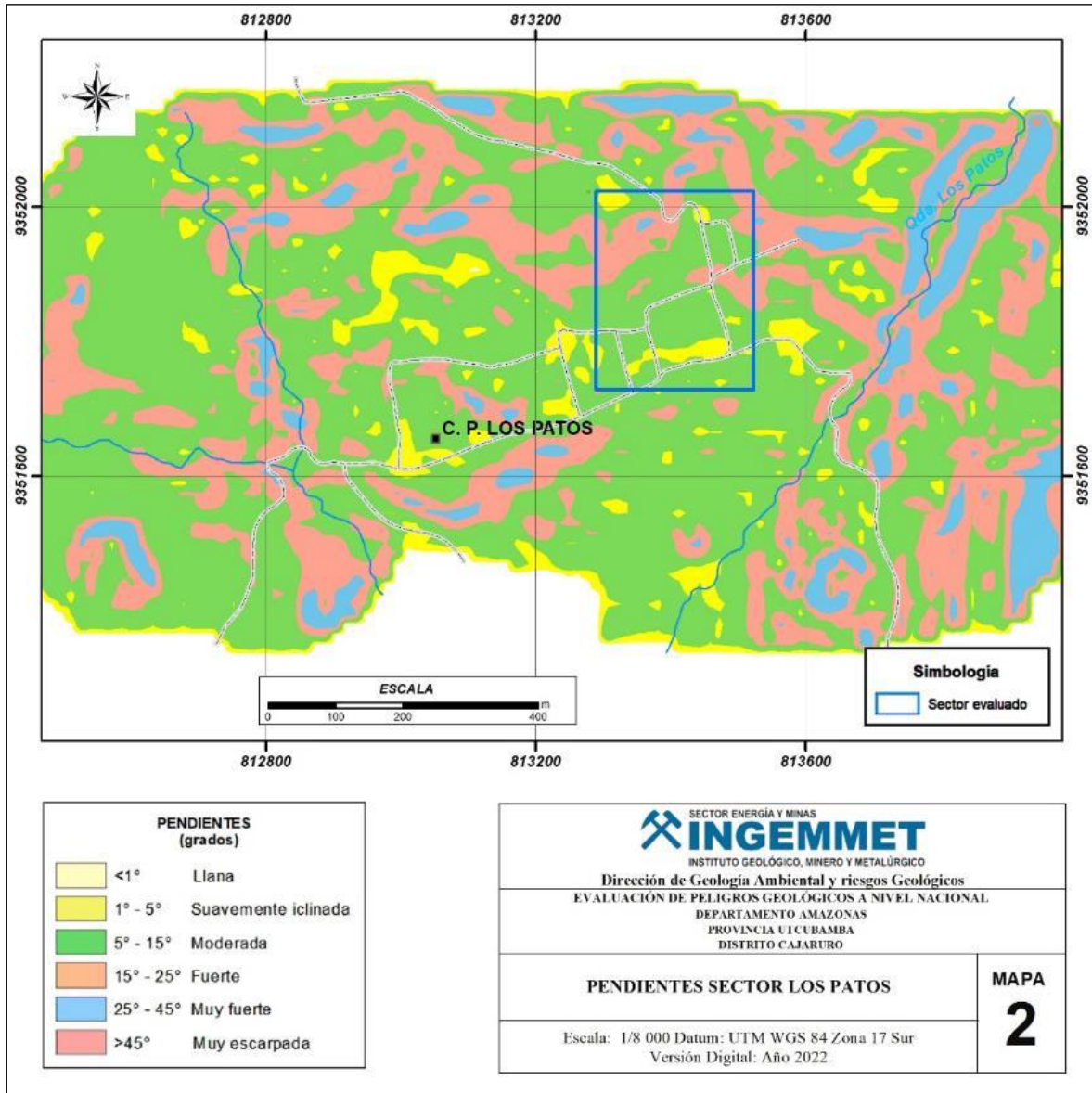
- a. Tanto en la masa deslizada y su entorno, evitar y controlar las prácticas agrícolas que necesiten de riego por inundación, siendo recomendable hacer uso de prácticas de riego por goteo y reforestar laderas con especies nativas.
- b. En la cabecera del deslizamiento, construir zanjas de coronación, que controlen el ingreso del agua de escorrentía de la parte alta hacia el cuerpo deslizado; dichas estructuras no deben estar cerca al borde del escarpe principal del deslizamiento (ver anexo 2: figura A.1).
- c. De manera prioritaria y paulatina se debe reubicar a la población de las veinte viviendas afectadas, así como los módulos prefabricados de la Institución Educativa, los mismos que se localizan aún dentro del cuerpo del deslizamiento del Centro Poblado Los Patos. La nueva zona, debe reunir las condiciones de seguridad y exenta de peligros geológicos para evitar nuevos riesgos.
- d. Restringir y prohibir de manera determinante la construcción de viviendas u infraestructura en el terreno deslizado y su entorno. Además de evitar el crecimiento urbano en las laderas de montaña.
- e. No se debe realizar deforestación y remoción de cobertura vegetal para la instalación de cultivos agrícolas u otra necesidad, esto genera inestabilidad del terreno.
- f. Reforestar las partes altas, con árboles y arbustos nativos, a fin de dar mayor estabilidad a las laderas.

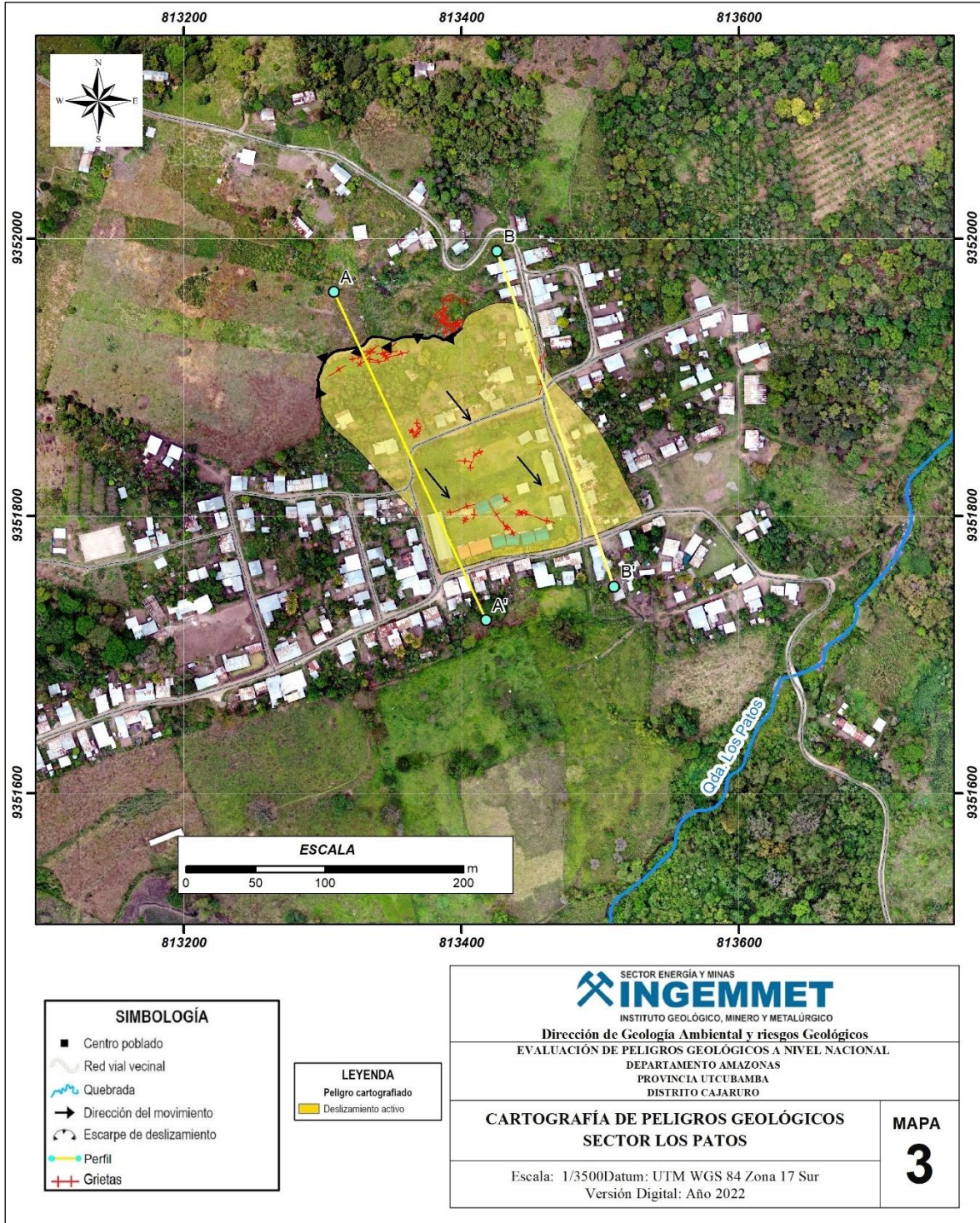

LUIS MIGUEL LEON ORDAZ
Ingeniero Geólogo
Reg.CIP. N° 215610


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

ANEXO 1. MAPAS







ANEXO 2. MEDIDAS CORRECTIVAS

En la zona evaluada para la mitigación de los peligros geológicos, se debe controlar la infiltración del agua hacia afuera del cuerpo de deslizamiento. Los métodos de estabilización de los deslizamientos, que contemplan el control del agua, tanto superficial como subterránea, son muy efectivos y generalmente más económicos que la construcción de grandes obras de contención, desactivan y disminuyen la presión de los poros, considerada el principal elemento desestabilizante en laderas. El drenaje reduce el peso de la masa y al mismo tiempo aumenta la resistencia de la ladera (Suarez, 1998). Las medidas de drenaje recomendadas son:

a. Drenaje Superficial

Las zanjas construidas permiten la recolección de aguas superficiales, captan la escorrentía tanto de la ladera, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y desvía el agua a las quebradas adyacentes al cuerpo de deslizamiento, evitando su infiltración, captando el agua de escorrentía, llevándola a un sitio lejos del deslizamiento. Éstas deben ser construidas en la parte superior al escarpe principal del deslizamiento (figura A1). En las obras construidas - zanjas de drenaje es necesario impermeabilizar la caja hidráulica captando y evitando totalmente la infiltración de las aguas de escurrimiento la ladera, según las imágenes adjuntas.

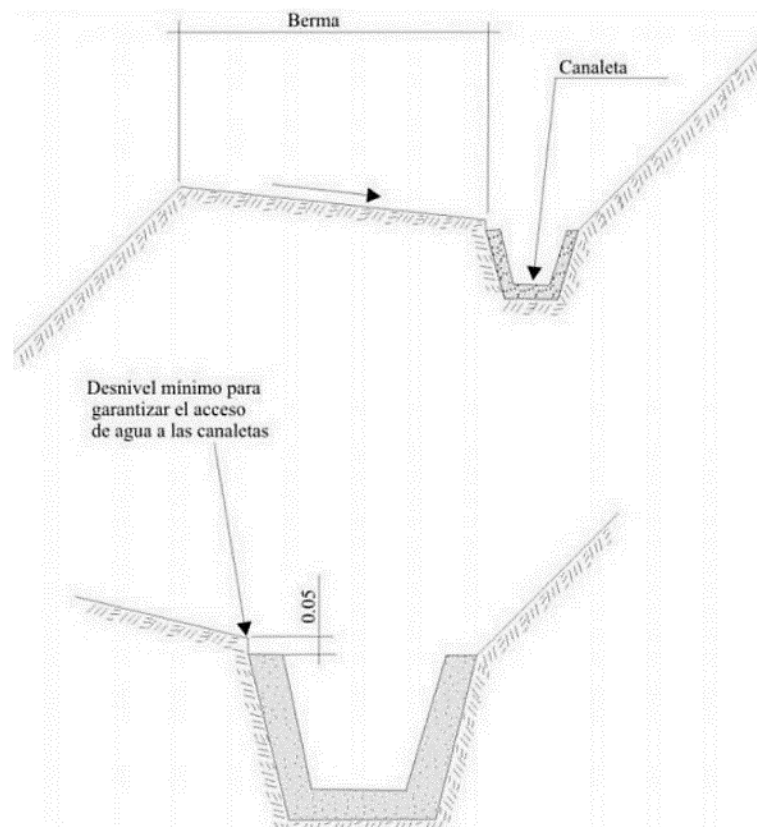


Figura A1. Detalle una canaleta de drenaje superficial (zanjas de coronación). Tomado de INGEMMET (2000).

b. Revegetación y bioingeniería

Los árboles y arbustos de raíz profunda le aportan una resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo más superficiales y al mismo tiempo, facilitan el drenaje subterráneo, reduciendo en esta forma la probabilidad de deslizamientos poco profundos (Suárez Díaz, 2007).

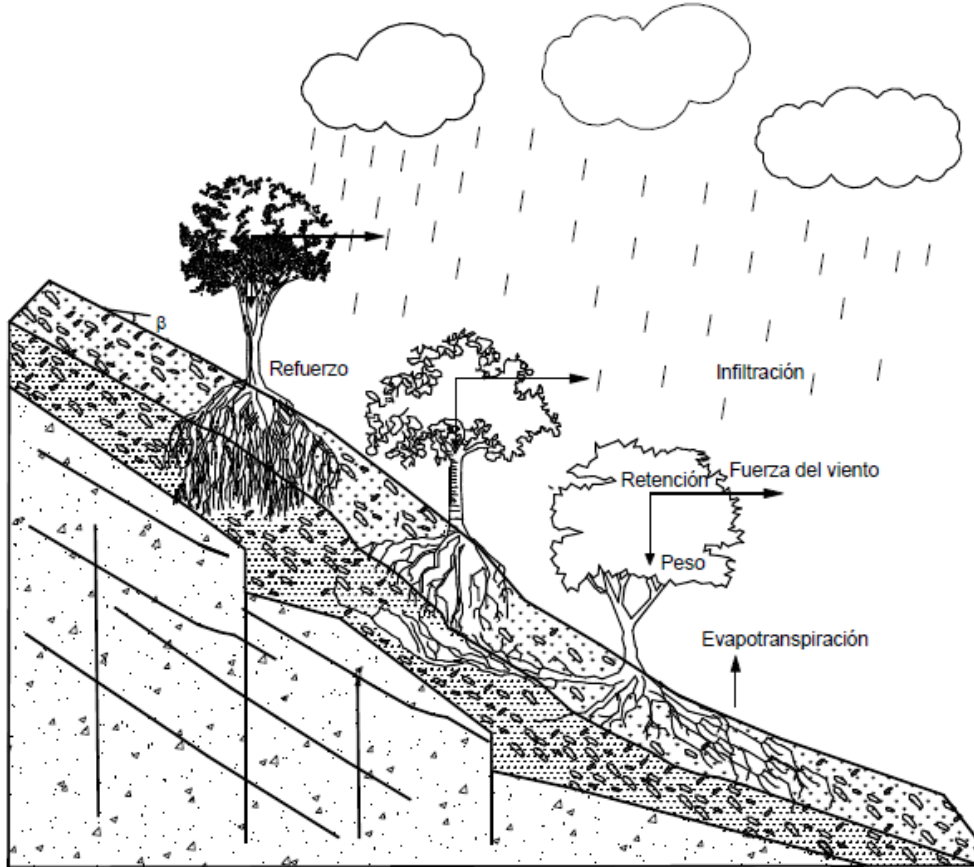


Figura 1. Estabilización de taludes utilizando vegetación. **Fuente:** Suarez, Díaz 2007.



Figura 2. Ejemplo de bioingeniería con arbusto (vetiver) en taludes de materiales sueltos.

BIBLIOGRAFÍA

- Chacaltana, et al. (2011) - Geología de los cuadrángulos de Aramango (11-g) y Bagua Grande (12-g), Boletín, Serie A: 142, 125p.
- Medina, L.; Vílchez, M.; Dueñas, SH. (2009). Riesgo geológico en la Región Amazonas. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, No. 39, 205 p.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. (2007) - Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No. 4, 432 p., 1 CD-ROM.
- Lucía, A.; Vicente, F.; Martín-Moreno, C.; Martín-Duque, J.F.; Sanz, M.A.; De Andrés, C.; Bodoque, J.M. (2008) - Procesos geomorfológicos activos en cárcavas del borde del piedemonte norte de la Sierra de Guadarrama (Provincia de Segovia, España). Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sec. Geol.), 102: 47-69.
- Shruthi, R.B.V.; Kerle, N.; Jetten, V. (2011) - Object-based gully feature extraction using high spatial resolution imagery. *Geomorphology* 2011,134, 260–268.
- Suárez Díaz, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales (Ltda (ed.); 1st ed.). Publicaciones UIS.
- Suárez Díaz, J. (2007). Deslizamientos - Técnicas de Remediación (1st ed.). Erosion.com.co
- Villota, H. (2005). Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras (2nd ed.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.