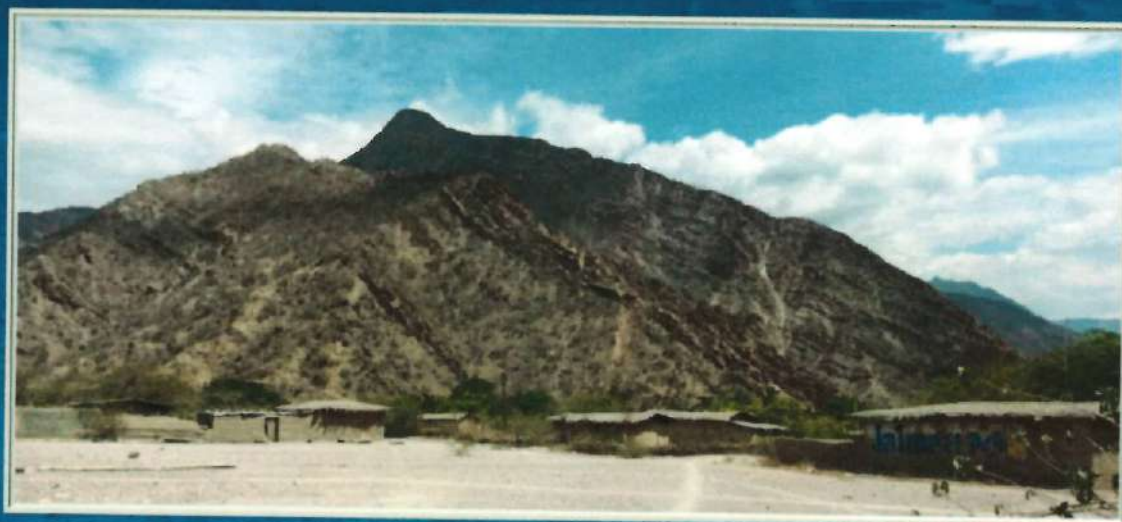




Informe técnico: N°07-2020/GRC-OSDN-GRD

**EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE LOS POBLADOS AFECTADOS POR EL  
SISMO DEL 3 DE AGOSTO DEL 2020 DISTRITOS DE JOSÉ SABOGAL E  
ICHOCÁN PROVINCIA DE SAN MARCOS  
DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA**



**Cajamarca – Perú  
SEPTIEMBRE DEL 2020**

## ELABORACIÓN DEL INFORME TÉCNICO

### Equipo Técnico – Oficina de Seguridad y Defensa Nacional

Elvis Rubén Alcántara Quispe – Ingeniero Geólogo  
Victor Alindor Terán Bautista – Operador COER

## CONTENIDO

Pág.

1.	RESUMEN .....	3
2.	ANTECEDENTES .....	3
3.	OBJETIVOS .....	4
4.	METODOLOGÍA.....	4
5.	ASPECTOS GENERALES .....	6
5.1.	UBICACIÓN .....	6
5.2.	ACCESO .....	8
5.3.	HIDROGRAFÍA .....	8
5.4.	TOPOGRAFÍA Y PENDIENTES.....	13
6.	ASPECTOS GEOLÓGICOS .....	18
6.1.	GEOMORFOLOGÍA.....	18
6.2.	GEOLOGÍA REGIONAL.....	19
6.3.	GEOLOGÍA LOCAL.....	20
6.4.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	28
7.	ASPECTOS DE GEODINÁMICA INTERNA.....	30
7.1.	SISMICIDAD .....	30
7.2.	ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE LA ZONA.....	31
8.	ASPECTOS DE GEODINÁMICA EXTERNA .....	31
8.1.	CAÍDAS DE ROCA.....	31
8.2.	AVALANCHAS DE DETRITOS .....	32
8.3.	REPTACIÓN DE TERRENOS.....	34
9.	CONCLUSIONES.....	35
10.	RECOMENDACIONES .....	35
11.	REFERENCIAS.....	36

## 1. RESUMEN

El día 3 de agosto del 2020 se produjo un sismo con epicentro en la provincia de San Marcos, con una magnitud de 4.8 y una profundidad de 14 km, el cual afectó varios poblados de los distritos de José Sabogal e Ichocán, especialmente los poblados de Huacoto, Pay Pay y La Colpa.

En el distrito de José Sabogal, se produjeron caída de rocas y avalanchas de detritos, que afectaron canales de agua, y viviendas de los poblados de Huacoto y Pay Pay; adicionalmente, se generó una gran nube de polvo visible a kilómetros de distancia que alarmó a la población. En el distrito de Ichocán, se produjeron reptaciones del terreno, que afectaron viviendas y redes de agua; siendo el poblado más afectado el de La Colpa.

La presencia de fallas regionales que atraviesan los distritos de José Sabogal e Ichocán y fallas neotectónicas activas cercanas, hacen constante la generación de movimientos sísmicos que afectan las infraestructuras y la población misma; por lo que se requieren estudios más detallados para establecer las zonas de alto riesgo no mitigable donde no se deberán establecer poblados o infraestructuras civiles.

## 2. ANTECEDENTES

El día lunes 3 de agosto del presente año, al promediar las 10:08 a. m., se registró un sismo de magnitud 4.8, según el Instituto Geofísico del Perú (IGP, 2020), 5.0 según el Servicio Geológico de los Estados Unidos USGS (USGS, 2020), el cual afectó diferentes localidades de la provincia de **San Marcos**, siendo los distritos más afectados los poblados de **José Sabogal** (Huacoto, Pay Pay, El Amante, Licliconga, El Cardón, El Infiernillo, Nueva Esperanza, Nuevo San Juan, Huagal, Ventanillas Y Venecia) (Montoya, 2020) e **Ichocán** (La Colpa, Ichocán, La Chilca, Pamplona y Llanupacha) (Misahuaman & Cabanillas, 2020).

El epicentro del evento sísmico tuvo las siguientes coordenadas: -7.3428, -77.9568, y una profundidad de 14 kilómetros (sismo superficial), según el IGP, reportándose en primera instancia de magnitud 4.5 pero, a la fecha del presente informe, se ha actualizado a magnitud 4.8, para el USGS la magnitud fue de 5.0 y se ubicó a una profundidad de 15.2 km.

Los alrededores de la zona muestran gran cantidad de fallas regionales (Reyes, 1980; Sánchez & Agapito, 1995), en especial la Falla Chalquibamba (Macharé et al., 2009) a 5km al suroeste del epicentro, que tubo su más reciente episodio de deformación en abril de 1937.

En mayo del 2019, debido al terremoto de Loreto de magnitud 8.0 (IGP, 2019; USGS, 2019)(IGP, 2019), varias zonas de la provincia de Cajabamba (al sur de la provincia de San Marcos) sufrieron deslizamientos en laderas conformadas por la Formación Cajabamba, de origen lagunar del neógeno, exponiendo la gran susceptibilidad de esta formación rocosa a fallamientos debido a actividad sísmica (León, 2019a, 2019b).

Los días 3 y 4 de septiembre, personal de la Oficina de Seguridad y Defensa Nacional del Gobierno Regional de Cajamarca realizaron la evaluación técnica de los principales poblados afectados por el sismo del 3 de agosto del 2020, con el fin de identificar los factores condicionantes que propiciaron la alta susceptibilidad de dichos sectores frente a movimientos sísmicos; además de inspeccionar las viviendas afectadas por el evento.

### 3. OBJETIVOS

#### General

Evaluar geológicamente los poblados afectados por el sismo del 3 de agosto del 2020, distritos de José Sabogal e Ichocán, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca.

#### Específicos

- Estudiar los aspectos generales de los poblados afectados: ubicación, accesos, hidrografía, fisiografía, topografía y pendientes.
- Caracterizar los aspectos geológicos: geomorfología, geología regional, geología local, geología estructural, e hidrogeología.
- Analizar los aspectos de geodinámica interna y externa.
- Presentar las conclusiones y recomendaciones alcanzadas en el presente informe.

### 4. METODOLOGÍA

El trabajo consistió en 3 etapas, la primera consistió en la recopilación de los reportes de los daños que causó el sismo e información histórica de la zona; la segunda etapa consistió en la etapa en campo donde se realizó la inspección a los poblados afectados; y la tercera etapa comprendió el análisis y presentación de los resultados alcanzados.

#### ✓ Primera etapa de Gabinete

Se analizaron los reportes EDAN (INDECI, 2018) de los daños causados por el sismo: José Sabogal (Código SINPAD 126453), Ichocán (Código SINPAD 126451), y los informes técnicos para solicitud de declaratorias de estados de emergencia de los distritos José Sabogal (Montoya, 2020) e Ichocán (Misahuaman & Cabanillas, 2020).

Se solicitó al CONIDA imágenes satelitales post-sismo para realizar el análisis visual de movimientos en masa, afianzándose de este modo una imagen PerúSAT-1 (CONIDA, 2020a) y una imagen SPOT6 (CONIDA, 2020b) para el análisis.

Finalmente, se estudiaron las cartas geológicas INGEMMET a escala 1/100,000 y 1/50,000 de las zonas de José Sabogal (Mamani, Choquehuanca, Cacya, et al., 2012; Sanchez Fernandez, 1995) y de Ichocán (Mamani, Choquehuanca, Gomez, et al., 2012; Reyes, 1980); adicionalmente se estudió el mapa neotectónico del Perú (INGEMMET, 2018; Macharé et al., 2009).

#### ✓ Etapa de campo

Se desarrolló la inspección a los poblados con mayores afectaciones reportadas: Huacoto y Pay Pay (José Sabogal el día 3 de septiembre del 2020) y La Colpa (Ichocán el día 4 de septiembre del 2020); donde se evaluó técnicamente dichos poblados y se realizaron vuelos fotogramétricos con el fin de obtener ortomosaicos y modelos digitales de elevación.

**Fotografía 1. Inspección al poblado de Huacoto, José Sabogal con acompañamiento del representante de la zona.**



*Fuente: Equipo técnico OSDN-GRC el día del trabajo en campo.*

**Fotografía 2. Inspección al poblado de la Colpa, Ichocán con acompañamiento de la autoridad local.**



✓ **Segunda etapa de gabinete**

Contempló el procesamiento y análisis de la información, la elaboración y presentación del informe.

## 5. ASPECTOS GENERALES

### 5.1. UBICACIÓN

Políticamente, las localidades afectadas se ubican en:

- Departamento: Cajamarca
- Provincia: San Marcos
- Distritos: José Sabogal e Ichocán

Tal como se muestra en el Mapa-01, los poblados afectados se encuentran a no más de 20 km del epicentro, a continuación se presentan las coordenadas de ubicación de los poblados afectados.

**Tabla 1. Coordenadas de ubicación de los poblados afectados del distrito de José Sabogal.**

N°	POBLADO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM- WGS84-18S	
		LATITUD	LONGITUD	ESTE	NORTE
1	HUACOTO	-7.336655	-77.929847	176496	9187980
2	PAY PAY	-7.342728	-77.941796	175179	9187300
3	EL AMANTE	-7.28516	-77.908139	178858	9193690
4	LICLICONGA	-7.269639	-77.909988	178642	9195410
5	EL CARDON	-7.241018	-77.9461	174630	9198550
6	EL INFIERNILLO	-7.294231	-77.981471	170759	9192640
7	NUEVA ESPERANZA	-7.313037	-77.979966	170939	9190560
8	NUEVO SAN JUAN	-7.265385	-77.9765	171288	9195830
9	HUAGAL	-7.302103	-78.018906	166627	9191740
10	VENTANILLAS	-7.254253	-77.943394	174939	9197090
11	VENECIA	-7.260941	-78.027674	165628	9196290

*Fuente: Municipalidad distrital de José Sabogal.*

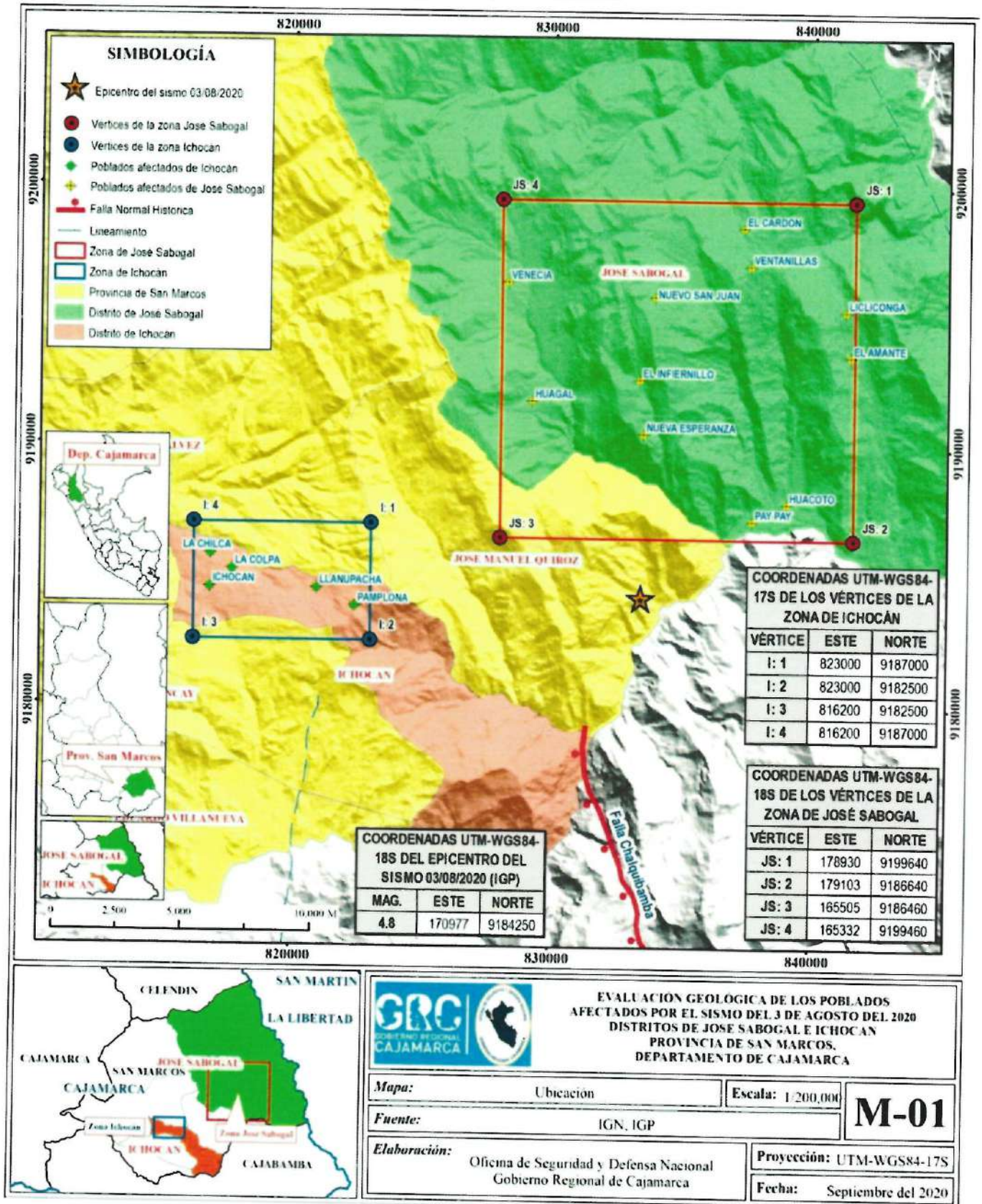
**Tabla 2. Coordenadas de ubicación de los poblados afectados del distrito de Ichocán.**

N°	POBLADO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM- WGS84-17S	
		LATITUD	LONGITUD	ESTE	NORTE
1	LA COLPA	-7.362076	-78.12274	817675	9185200
2	ICHOCAN	-7.368404	-78.13043	816821	9184510
3	LA CHILCA	-7.356862	-78.13028	816846	9185780
4	PAMPLONA	-7.374265	-78.079974	822392	9183820
5	LLANUPACHA	-7.368235	-78.093253	820929	9184500

*Fuente: Municipalidad distrital de Ichocán.*

Adicionalmente, en el Mapa-01 se aprecia la Falla Chalquibamba a pocos kilómetros del epicentro del sismo y de los poblados afectados, indicando la alta actividad neotectónica de la zona.

**Figura 1. Mapa 01 – Ubicación.**



Fuente: IGN, IGP.



## 5.2. ACCESO

Para acceder a los poblados de Huacoto y Pay Pay se tiene que seguir el siguiente recorrido.

**Tabla 3. Acceso a los poblados de Huacoto y Pay Pay.**

DE	A	VÍA	MOVILIDAD	DISTANCIA (KM)	TIEMPO (HRS.)
Cajamarca	San Marcos	Asfaltada	Auto	68.1	1.5
San Marcos	José Sabogal	Asfaltada/Afirmada	Auto	55.4	1.5
José Sabogal	Huacoto	Afirmada/Tocha	Auto	50	3
Huacoto	Pay Pay	Trocha	Auto	1.5	0.25

*Fuente: Oficina de Seguridad y Defensa Nacional – Gobierno Regional de Cajamarca.*

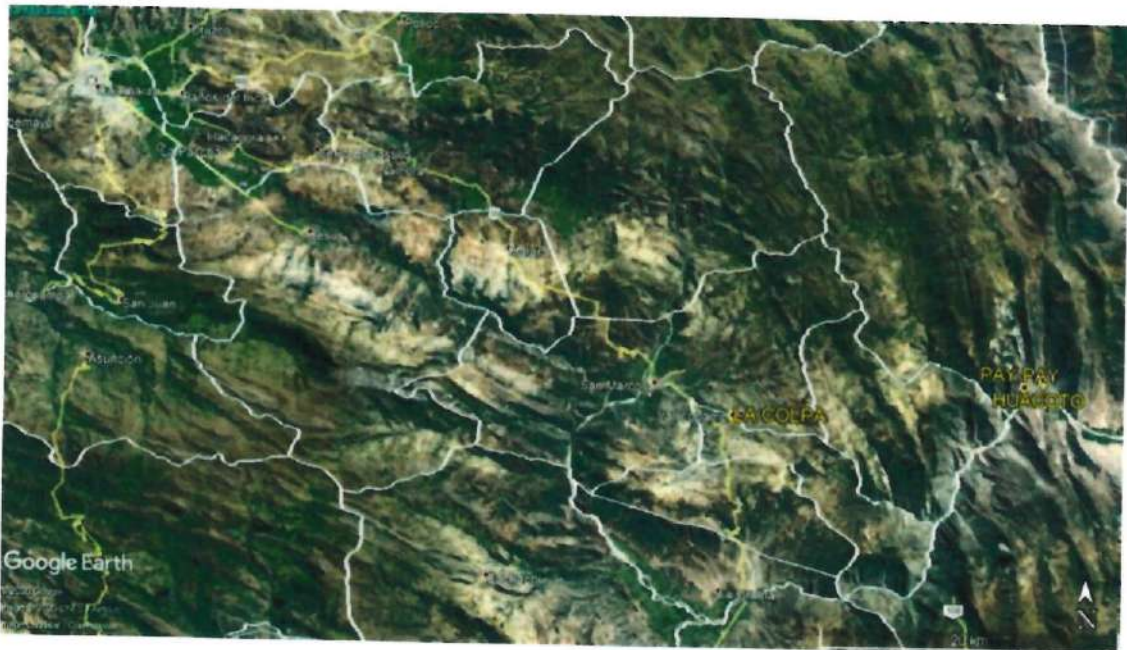
Para acceder al poblado de La Colpa se tiene que seguir el siguiente recorrido.

**Tabla 4. Acceso al poblado de La Colpa.**

DE	A	VÍA	MOVILIDAD	DISTANCIA (KM)	TIEMPO (HRS.)
Cajamarca	San Marcos	Asfaltada	Auto	68.1	1.5
San Marcos	La Colpa	Asfaltada	Auto	10.3	0.5

*Fuente: Oficina de Seguridad y Defensa Nacional – Gobierno Regional de Cajamarca.*

**Figura 2. Ubicación de los poblados de Huacoto, Pay Pay y La Colpa en relación a la ciudad de Cajamarca**



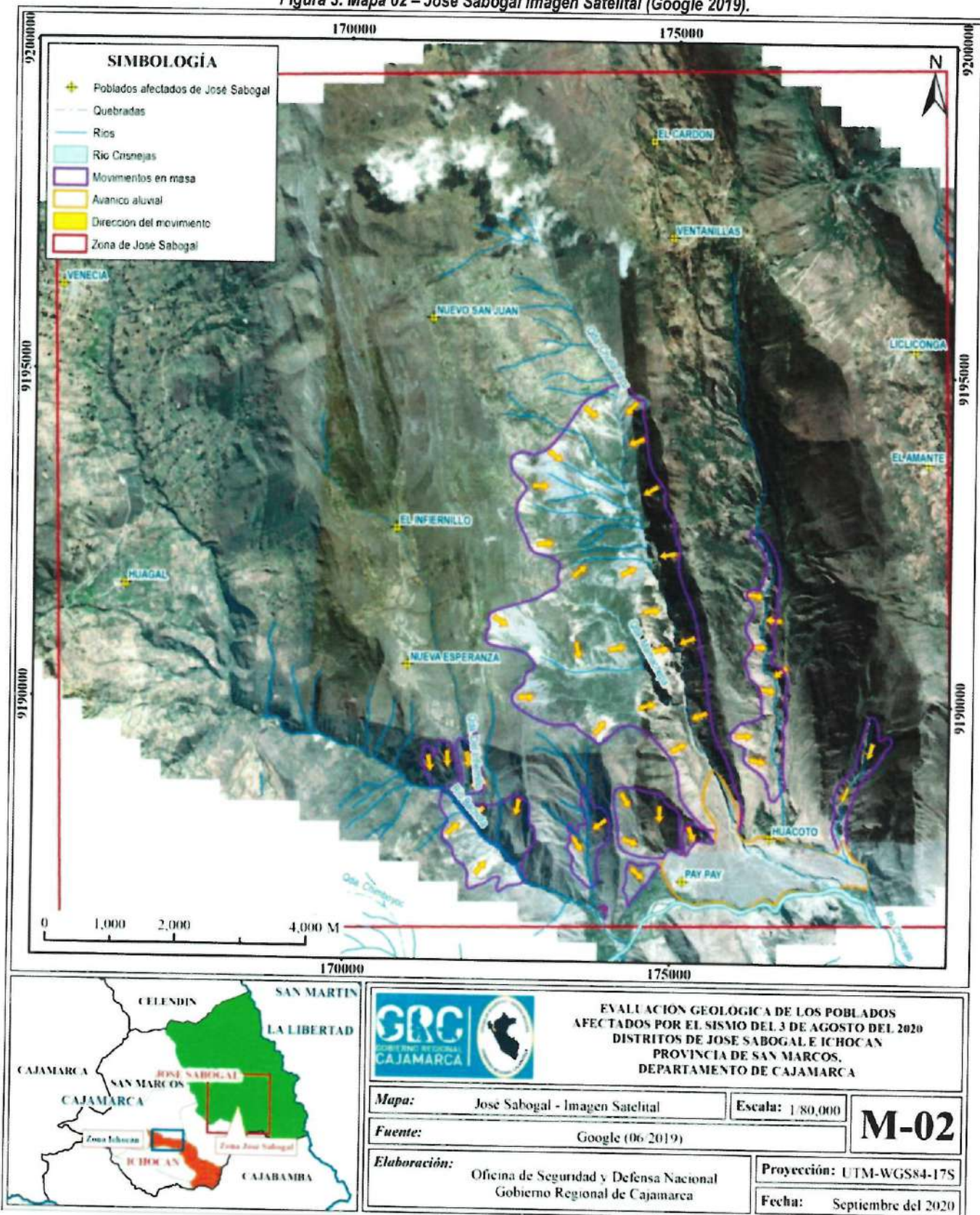
*Fuente: Google Earth.*

## 5.3. HIDROGRAFÍA

Los poblados de Huacoto y Pay Pay se ubican en un antiguo abanico aluvial a riberas del río Crisnejas, que aguas abajo se une al río Marañón (Mapas 02-04), también se evidencia la alta presencia de quebradas estacionales profundas.

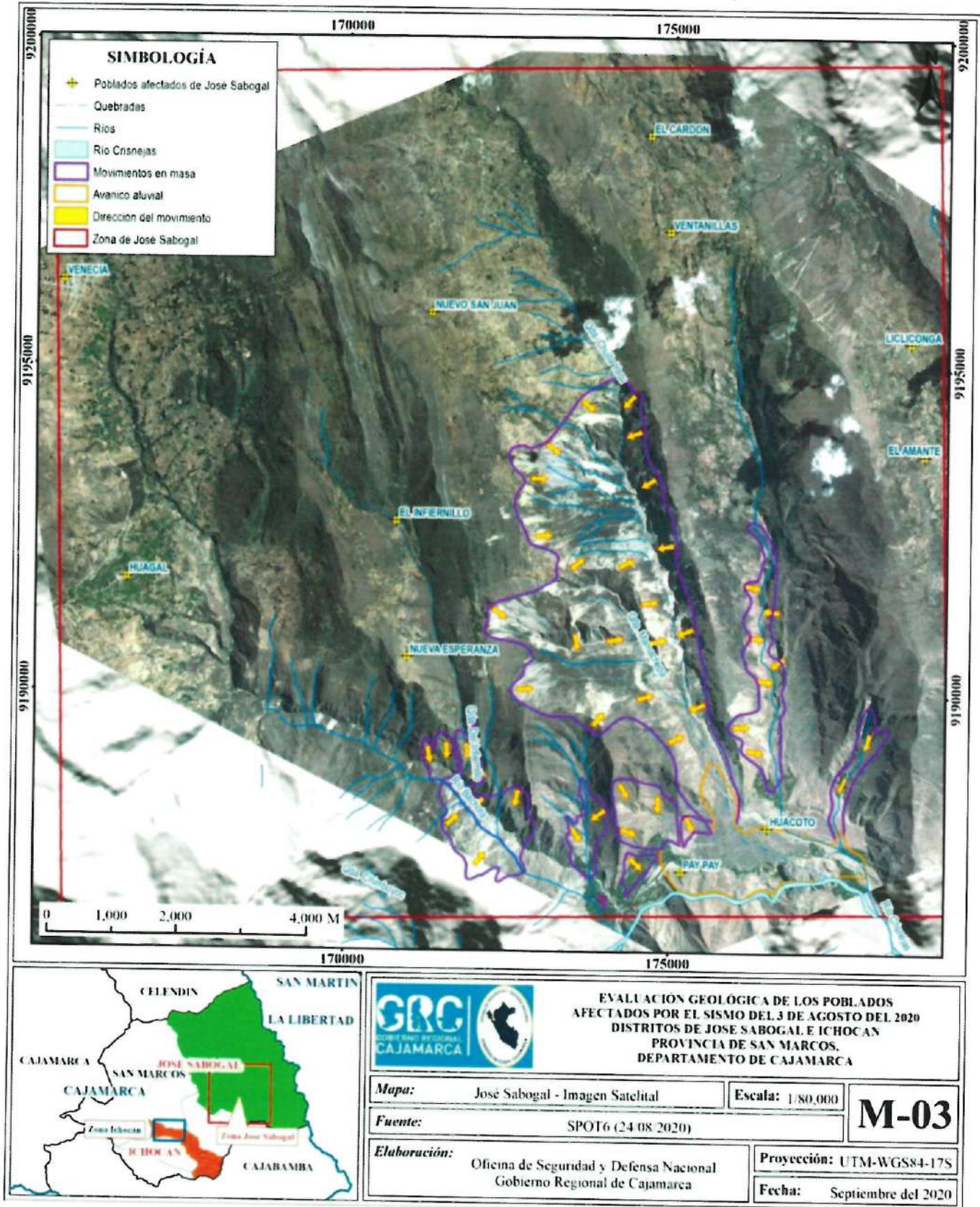
El poblado de La Colpa se ubica en una ladera de montaña con relieve suave sin presencia de drenajes marcados, en la parte baja de la zona se ubica la quebrada Tulpuna (Mapa-05).

**Figura 3. Mapa 02 – José Sabogal Imagen Satelital (Google 2019).**



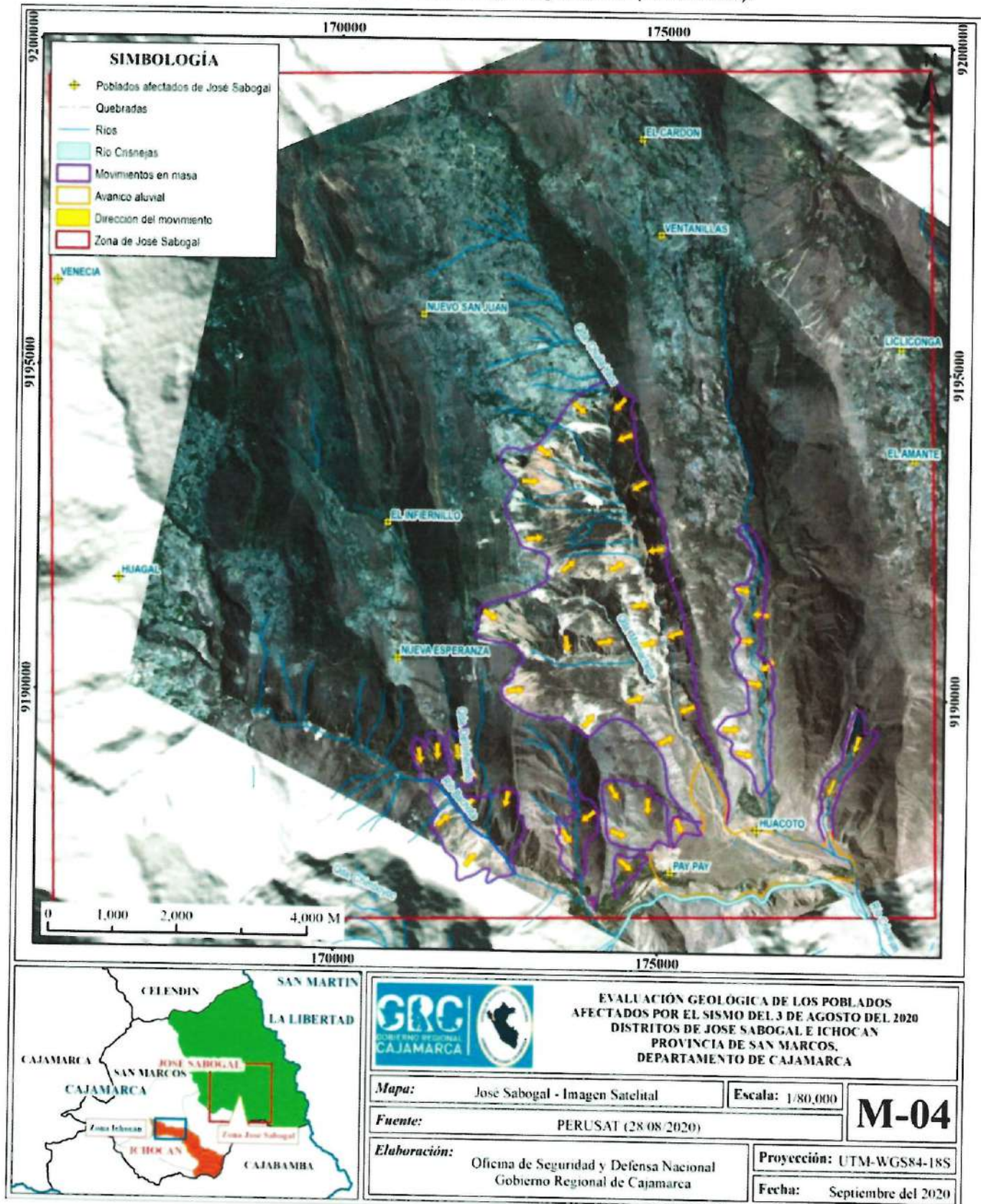
Fuente: Google.

**Figura 4. Mapa 03 – José Sabogal Imagen Satelital (SPOT6 2020).**



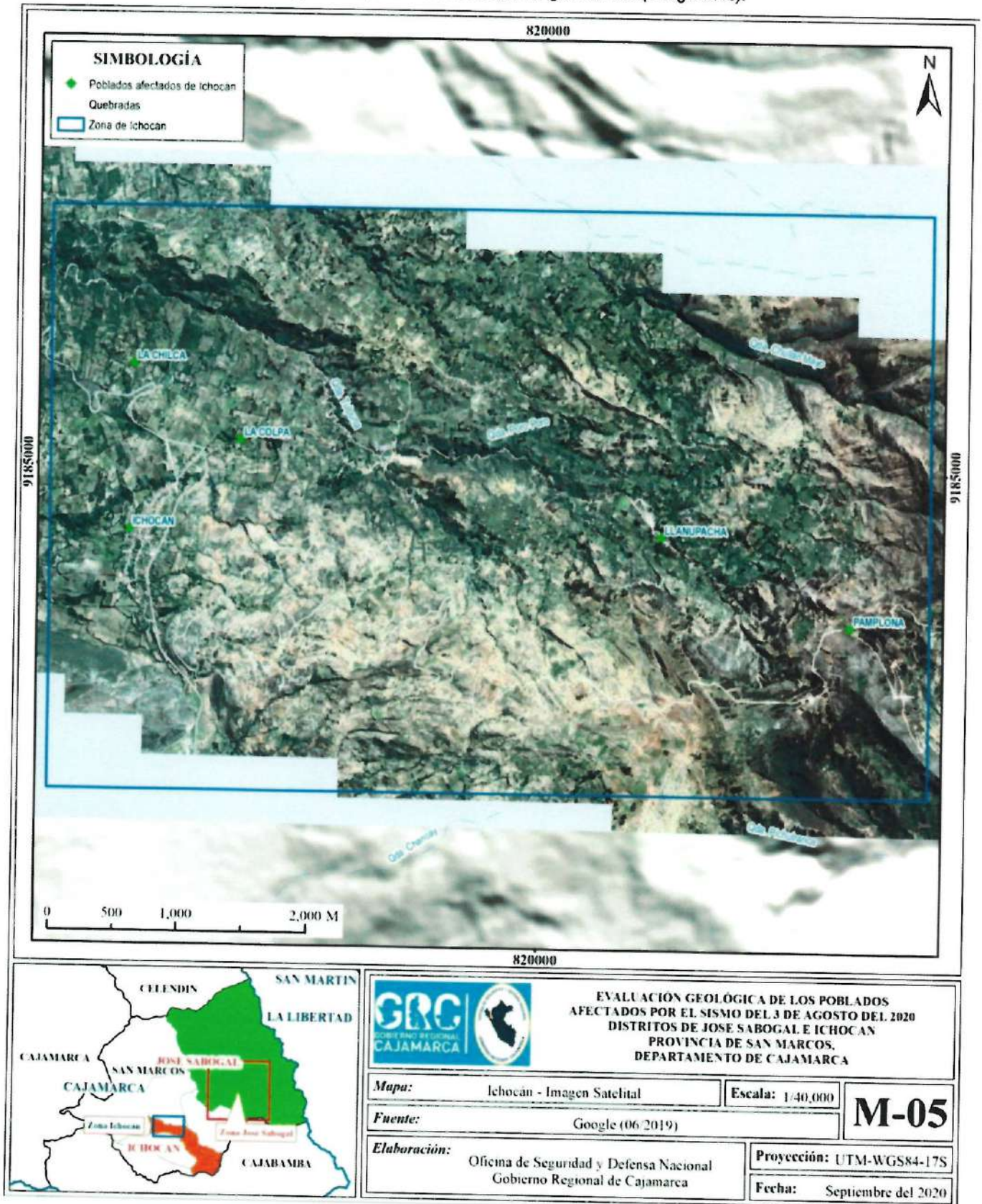
Fuente: SPOT6.

Figura 5. Mapa 04 – José Sabogal Imagen Satelital (PeruSAT 2020).



Fuente: PeruSAT-01.

Figura 6. Mapa 05 – José Sabogal Imagen Satelital (Google 2019).



Fuente: Google.

#### 5.4. TOPOGRAFÍA Y PENDIENTES

En el distrito de José Sabogal se presentan altitudes desde los 1200 m s. n. m. hasta los 4000 m s. n. m. (Mapa-06), resaltando una marcada zona de montañas de pendientes muy escarpadas ( $>45^\circ$ ) con la zona de bajas pendientes ( $<5^\circ$ ) del valle Crisnejas (Mapa-08); en las zonas de pendientes escarpadas es donde están ubicados los movimientos en masa identificados.

En el distrito de Ichocán se presentan altitudes desde los 2400 m s. n. m. hasta los 3400 m s. n. m. (Mapa-07), en este caso resaltan las pendientes moderadas ( $5^\circ - 15^\circ$ ), limitándose los terrenos con pendientes fuertes ( $15^\circ - 25^\circ$ ) a escarpadas ( $25^\circ - 45^\circ$ ), estando en las primeras los poblados afectados por el evento sísmico.

**Fotografía 3. Montañas muy escarpadas en el poblado de Pay Pay.**



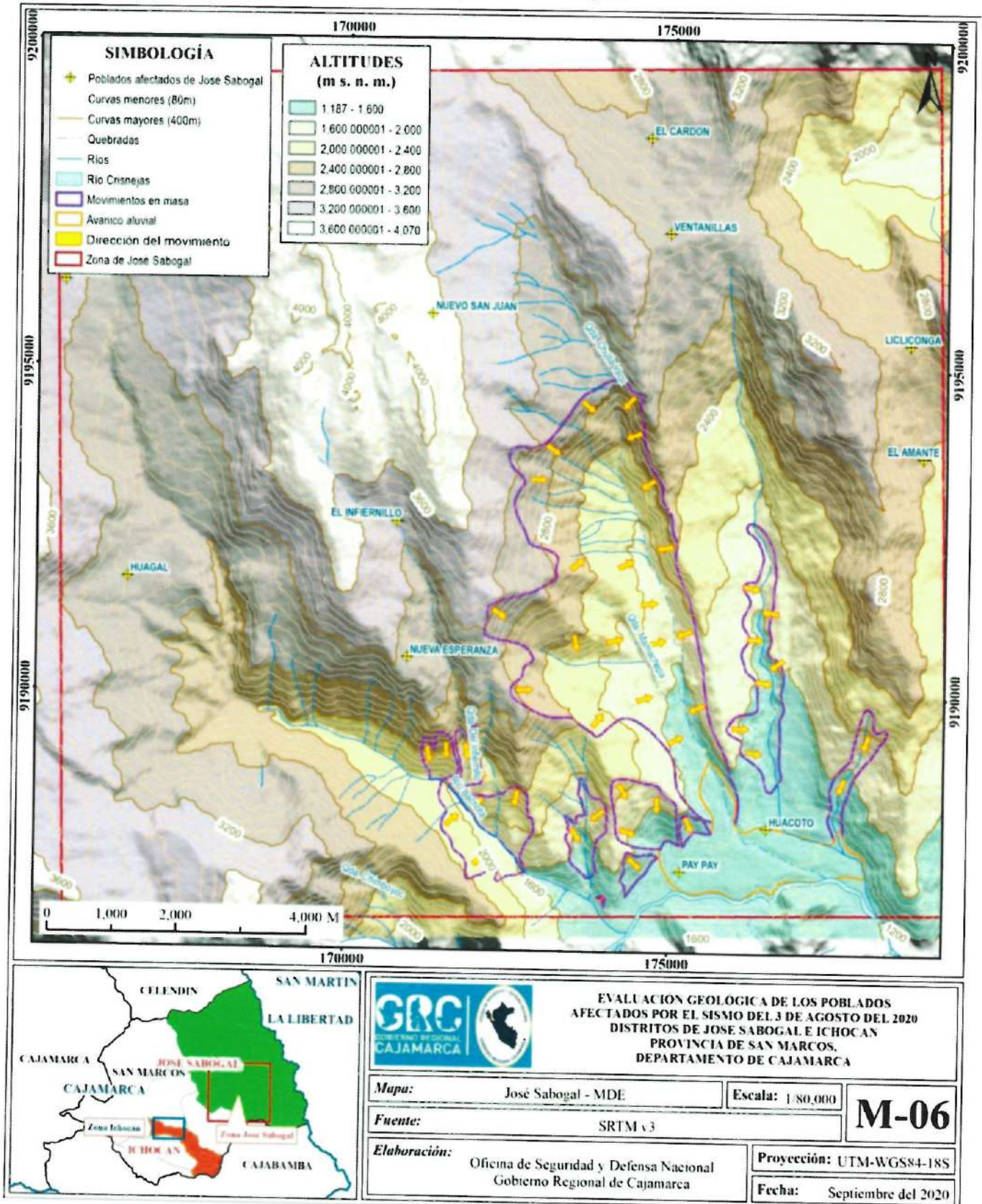
*Fuente: Oficina de Seguridad y Defensa Nacional – Gobierno Regional de Cajamarca.*

**Fotografía 4. Colinas con pendiente moderada en el poblado de la Colpa.**



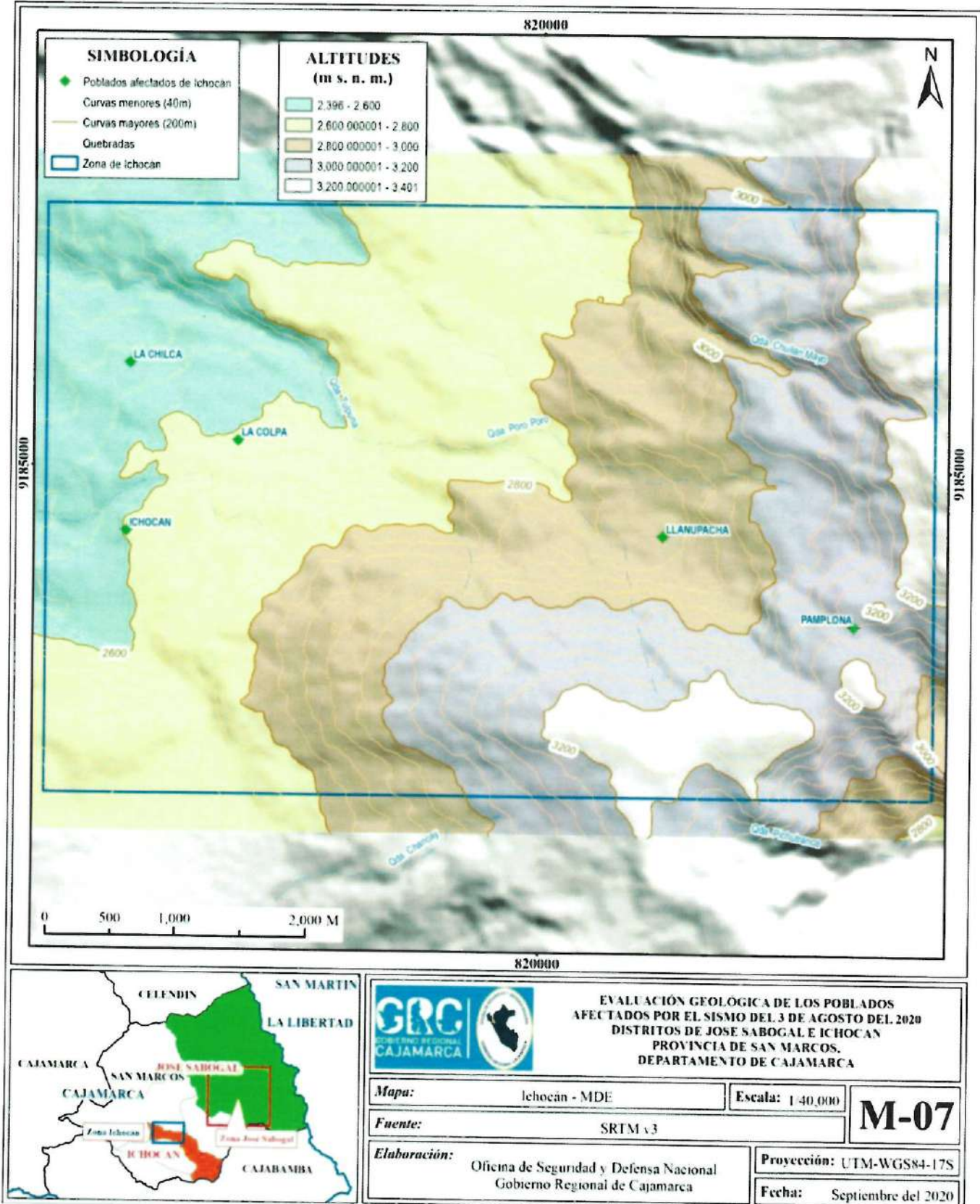
*Fuente: Oficina de Seguridad y Defensa Nacional – Gobierno Regional de Cajamarca.*

Figura 7. Mapa 06 – José Sabogal MDE.



Fuente: SRTM v3.

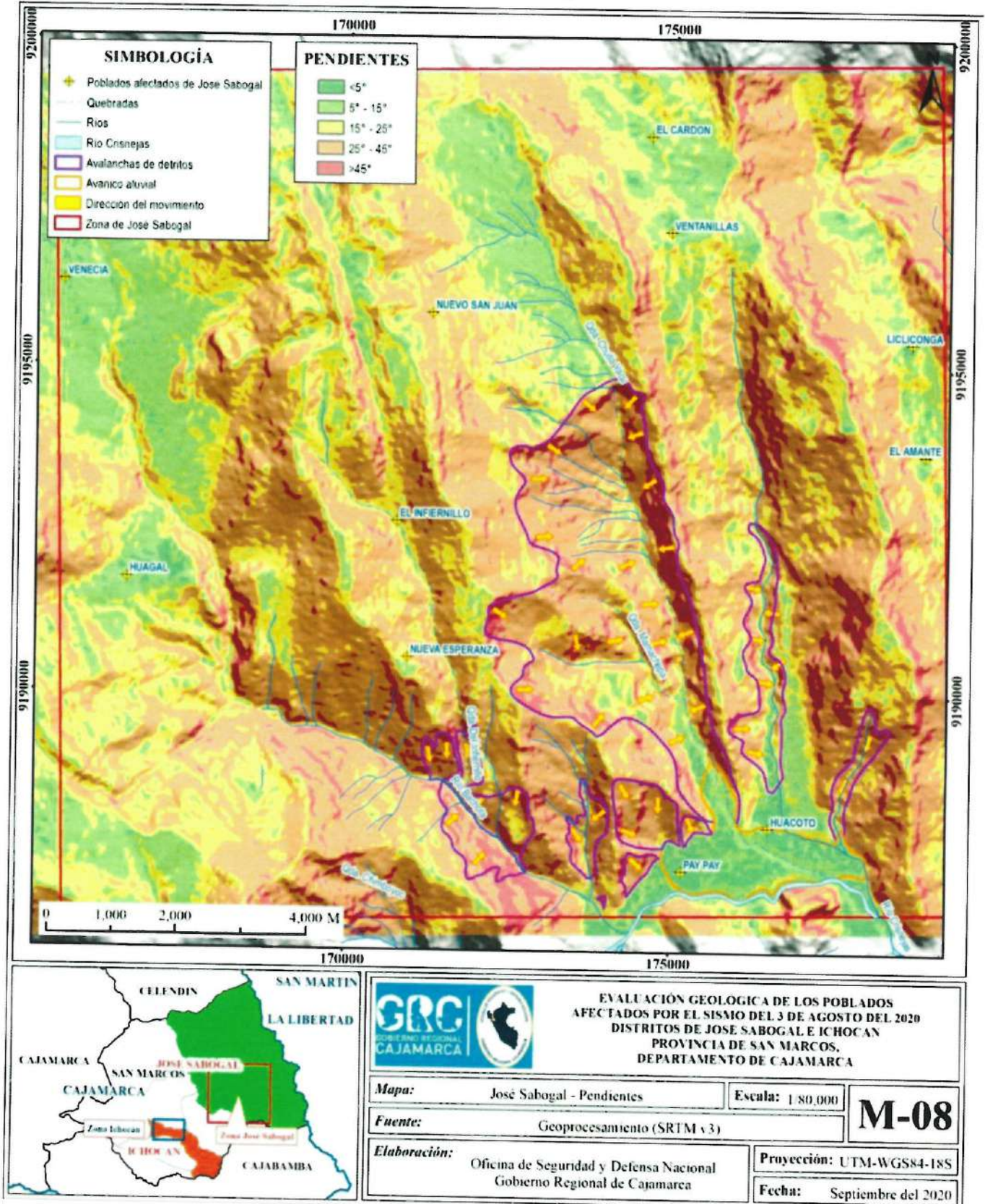
Figura 8. Mapa 07 – Ichocán MDE.



Fuente: SRMT v3.

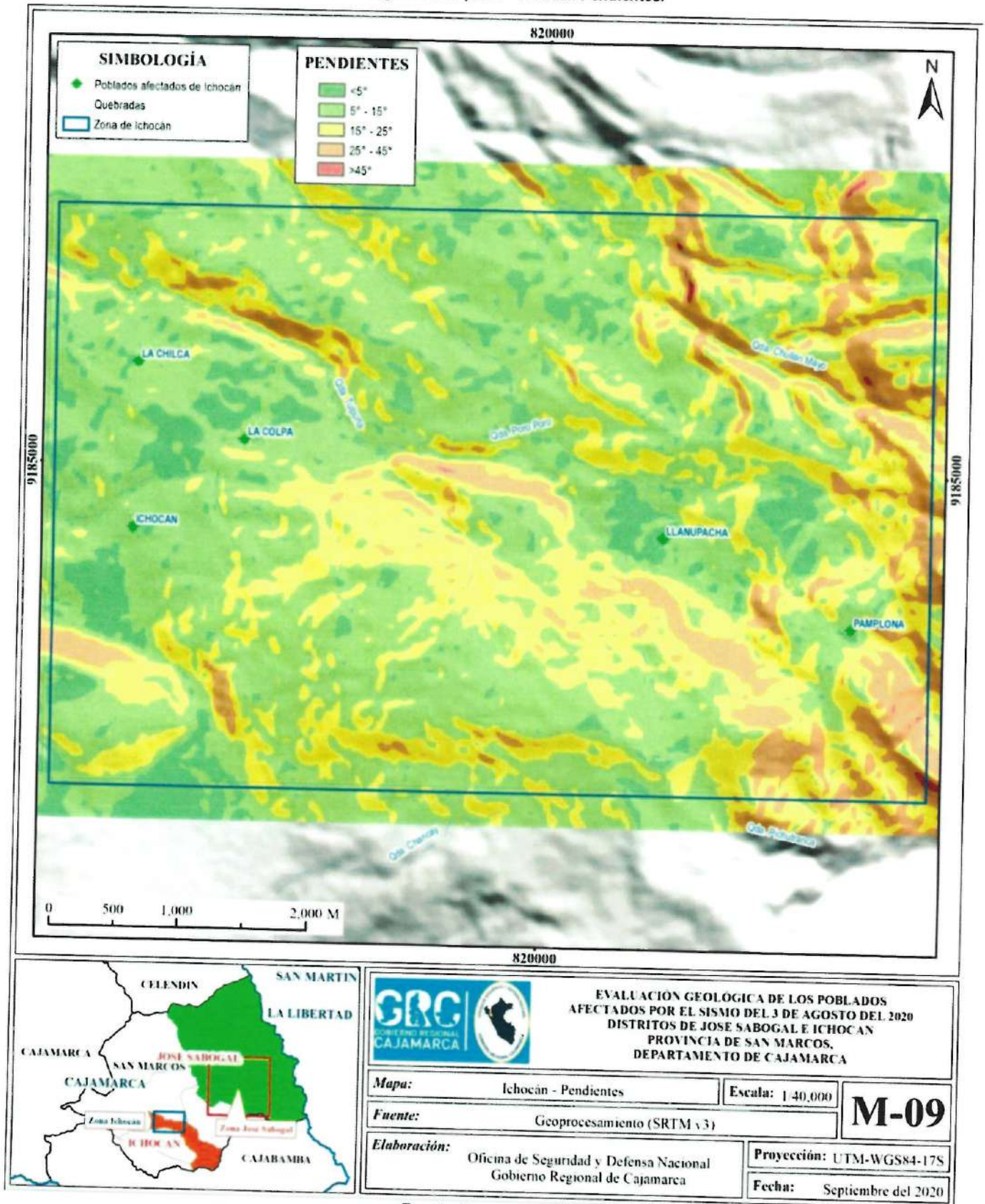


**Figura 9. Mapa 08 – José Sabogal Pendientes.**



Fuente: Geoprocesamiento.

Figura 10. Mapa 09 – Ichocán Pendientes.



Fuente: Geoprocesamiento.

## 6. ASPECTOS GEOLÓGICOS

### 6.1. GEOMORFOLOGÍA

Geomorfológicamente, los poblados afectados del distrito de José Sabogal están rodeados por grandes montañas estructurales en rocas sedimentarias, con poca vegetación superficial, por lo que se pueden observar claramente los estratos rocosos (Fotografía 5); sin embargo, los poblados de Huacoto y Pay Pay están ubicados en un abanico aluvial antiguo ahora cortado por cárcavas profundas de quebradas (Fotografía 6).

*Fotografía 5. Cadena de montañas estructurales en el distrito de José Sabogal.*



*Fuente: Oficina de Seguridad y Defensa Nacional – Gobierno Regional de Cajamarca.*

*Fotografía 6. Antiguo abanico aluvial donde se ubican los poblados de Huacoto y Pay Pay.*



*Fuente: Oficina de Seguridad y Defensa Nacional – Gobierno Regional de Cajamarca.*

Los poblados afectados de Ichocán, en cambio, están ubicados en laderas de montañas fluvio-erosionales en rocas sedimentarias, donde no se pueden distinguir afloramientos rocosos debido a la baja resistencia geológica de las formaciones que conforman el basamento rocoso de dichos lugares, fácilmente erosionables.

**Fotografía 7. Laderas de montaña fluvio-erosionales en rocas sedimentarias en el poblado de La Colpa.**



*Fuente: Oficina de Seguridad y Defensa Nacional – Gobierno Regional de Cajamarca.*

## 6.2. GEOLOGÍA REGIONAL

Regionalmente (Figura 11), las zonas de José Sabogal e Ichocán están conformadas por unidades sedimentarias cretácicas (en tonalidades verdes) y neógenas (tonalidades amarillas), adicionalmente se presentan depósitos cuaternarios (en tonalidades grises), más al este se presentan unidades sedimentarias y cuerpos intrusivos del triásico-jurásico (tonalidades celestes, azules, rojas, y rosadas). Las unidades cretácicas están fuertemente falladas y plegadas.

**Figura 11. Hojas 15-G y 15-H, donde se ubican los poblados de Huacoto y Pay Pay (óvalo azul) y de La Colpa (óvalo rojo).**



*Fuente: GEOCATMIN - INGEMMET.*

### 6.3. GEOLOGÍA LOCAL

Los poblados de Huacoto y Pay Pay (distrito de Ichocán) se ubican en un antiguo abanico aluvial (Fotografía 8), cartografiado en la carta 1/100,000 del INGEMMET (Figura 12) como depósito aluvial, y más recientemente como depósito coluvial en la carta 1/50,000 (Figura 13); este depósito está conformado por gravas y arenas bien gradadas (Fotografía 9), con baja presencia de finos, lo que los hace resistentes a movimientos sísmicos, gracias a lo cual la mayoría de las viviendas solo sufrieron leves impactos por el sismo del 3 de agosto, a pesar de encontrarse a pocos kilómetros del epicentro.

*Fotografía 8. Vista desde un dron del antiguo abanico aluvial donde se ubican Huacoto y Pay Pay.*



*Fuente: Oficina de Seguridad y Defensa Nacional – Gobierno Regional de Cajamarca.*

*Fotografía 9. Corte del abanico aluvial en la zona de quebrada.*



*Fuente: Oficina de Seguridad y Defensa Nacional – Gobierno Regional de Cajamarca.*

Sin embargo, las montañas que rodean a los poblados de Huacoto y Pay Pay están conformadas por formaciones del cretácico tanto de origen continental (Fotografía 10) como de origen marino carbonatado (Fotografía 11), son estas montañas con poca vegetación las que generaron las caídas y avalanchas de detritos evidenciados el día del sismo, generando grandes afectaciones a los medios de vida de las poblaciones (canales de regadío, reservorios) y algunas viviendas.

**Fotografía 10. Formación Farrat en las cercanías del poblado de Pay Pay.**



**Fuente:** Oficina de Seguridad y Defensa Nacional – Gobierno Regional de Cajamarca.

**Fotografía 11. Grupo Pullucana en las cercanías del poblado de Huacoto.**



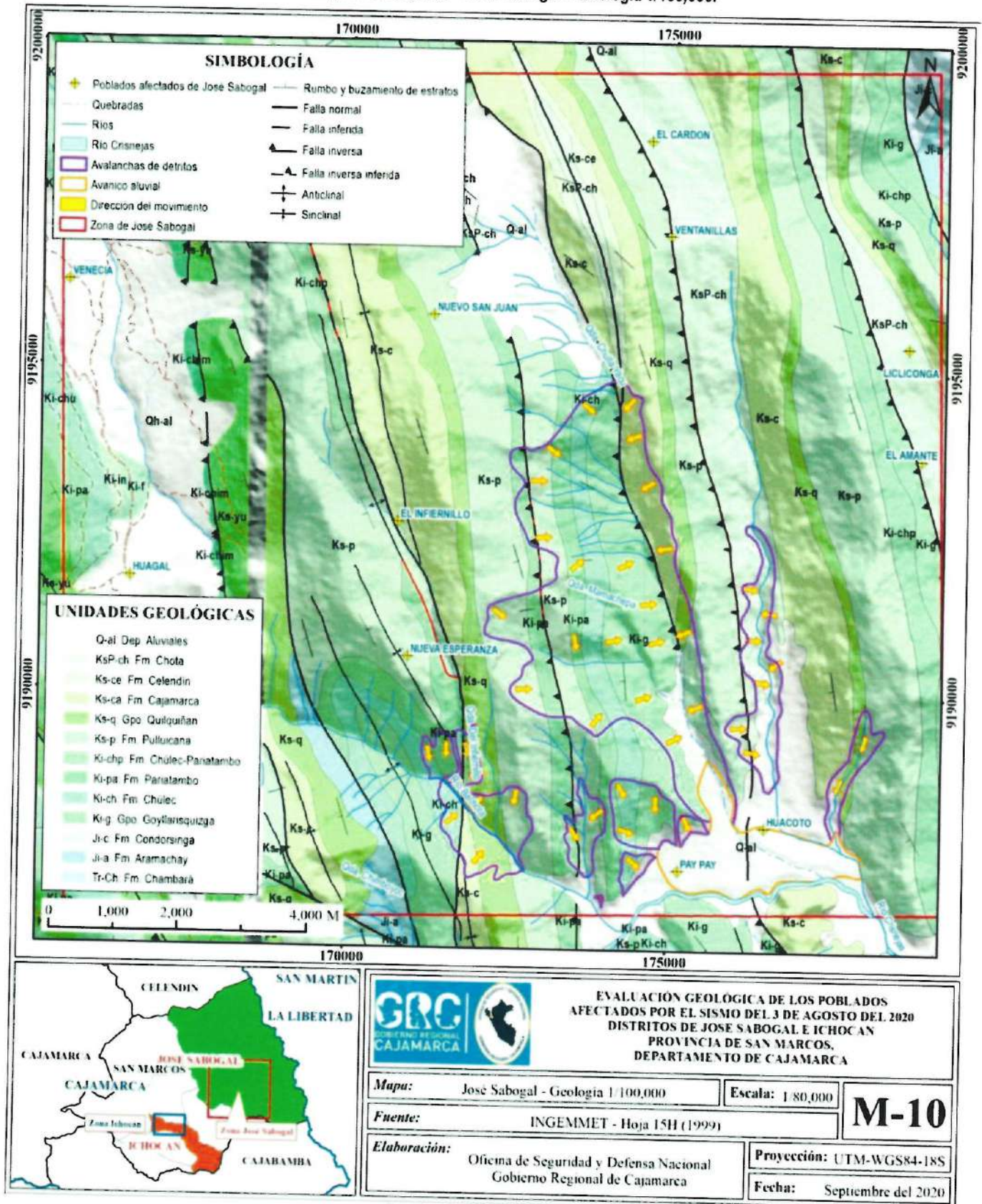
**Fuente:** Oficina de Seguridad y Defensa Nacional – Gobierno Regional de Cajamarca.

**Fotografía 12. Canal de regadío afectado en varios tramos el día del sismo debido a caídas de rocas.**



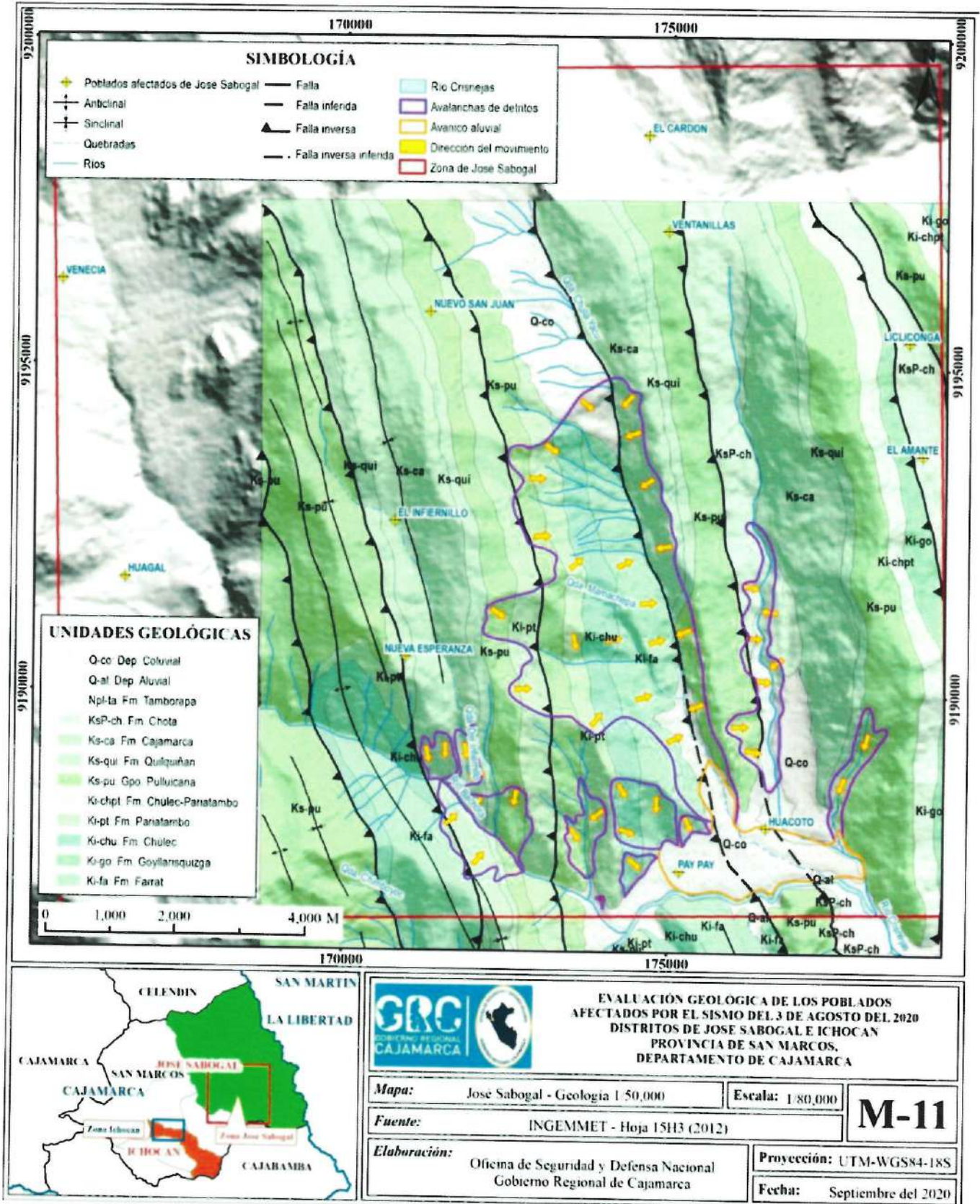
**Fuente:** Municipalidad distrital de José Sabogal.

Figura 12. Mapa 10 – José Sabogal – Geología 1/100,000.



Fuente: INGEMMET – Hoja 15H.

Figura 13. Mapa 11 – José Sabogal – Geología 1/50,000.



Fuente: INGENMET – Hoja 15H3.



En Ichocán el poblado más afectado fue La Colpa, que está asentado en la formación Cajabamba, formación cartografiada tanto a escala 1/100,000 (Figura 14) y mucho mejor a escala 1/50,000 (Figura 15); esta unidad geológica es de origen lagunar (Reyes, 1980) conformado por intercalaciones de finos estratos de areniscas, limolitas y lutitas (Fotografía 13), de muy baja resistencia geológica (Fotografía 14), por lo que solo se puede evidenciar estos estratos en cortes de carretera y quebradas.

**Fotografía 13. Estratos inclinados de la formación Cajabamba en la quebrada Poroporo**



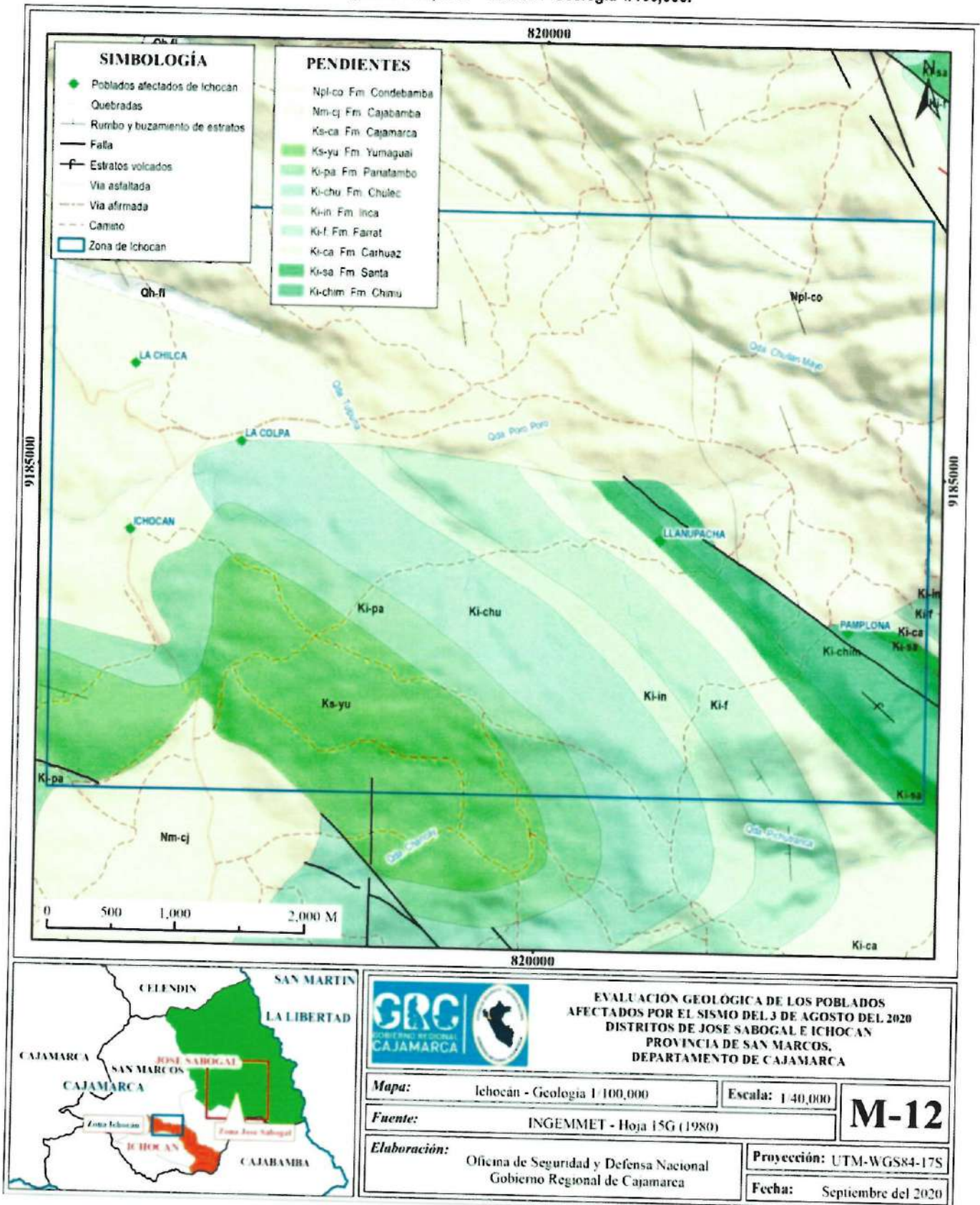
*Fuente: Oficina de Seguridad y Defensa Nacional – Gobierno Regional de Cajamarca.*

**Fotografía 14. Detalle de las areniscas de muy baja resistencia geológica de la formación Cajabamba.**



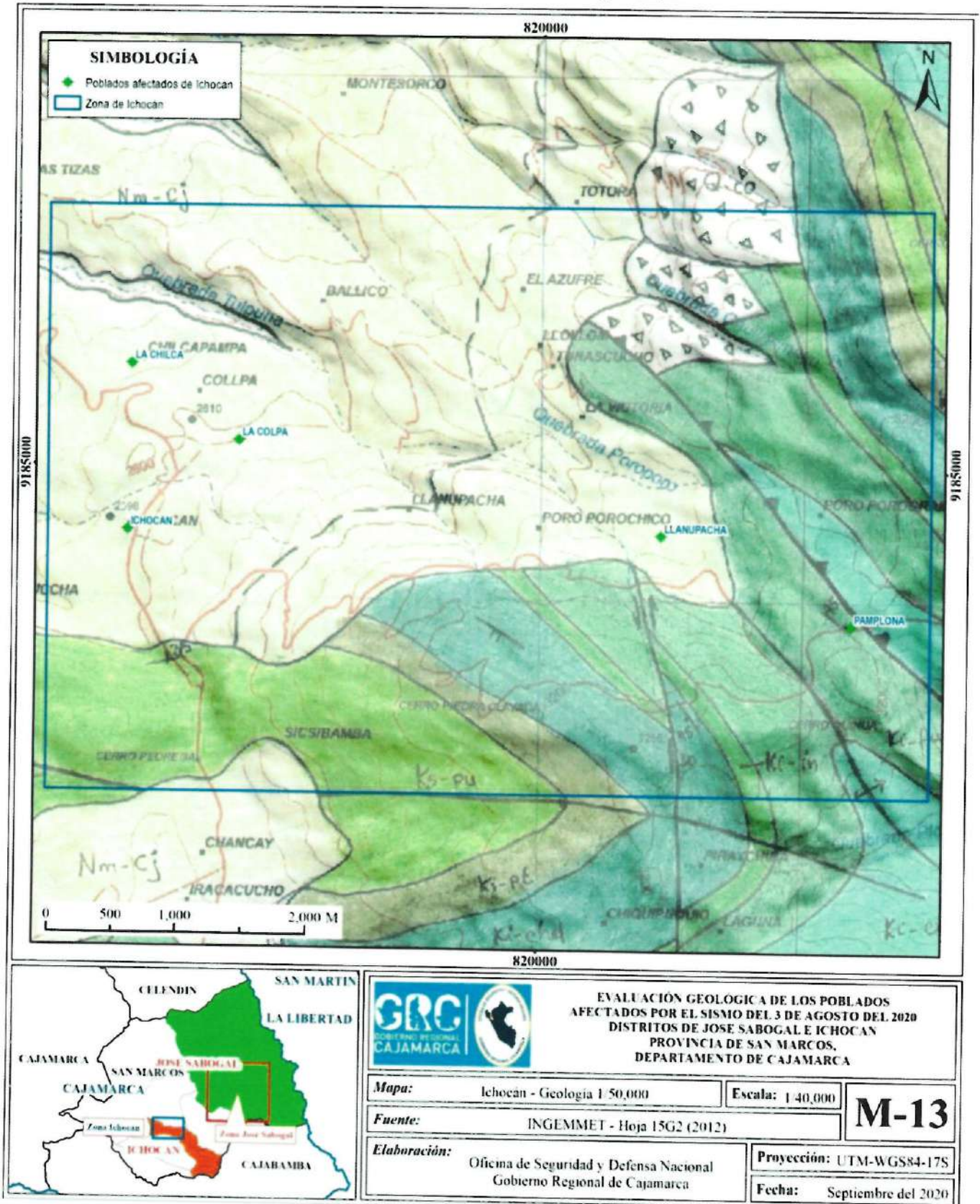
*Fuente: Oficina de Seguridad y Defensa Nacional – Gobierno Regional de Cajamarca.*

Figura 14. Mapa 12 – Ichocán Geología 1/100,000.



Fuente: INGENMET – HOJA 15G.

Figura 15. Mapa 13 – Ichocán – Geología 1/50,000.



	EVALUACIÓN GEOLÓGICA DE LOS POBLADOS AFECTADOS POR EL SISMO DEL 3 DE AGOSTO DEL 2020 DISTRITOS DE JOSÉ SABOGAL E ICHOCÁN PROVINCIA DE SAN MARCOS, DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA	
	<b>Mapa:</b> Ichocán - Geología 1/50,000	<b>Escala:</b> 1/40,000
<b>Fuente:</b> INGENMET - Hoja 15G2 (2012)		
<b>Elaboración:</b> Oficina de Seguridad y Defensa Nacional Gobierno Regional de Cajamarca		<b>Proyección:</b> UTM-WGS84-17S
		<b>Fecha:</b> Septiembre del 2020

Fuente: INGENMET – Hoja 15G2.

Adicionalmente a la baja resistencia del basamento del poblado de La Colpa, las mismas viviendas tienen alta fragilidad frente a eventos sísmicos (Fotografía 15) debido a que están formadas por adobe o tapial del suelo de la zona, el cual es muy arcilloso (Fotografía 16) debido al propio origen lagunar de la formación Cajabamba.

**Fotografía 15. Vivienda afectada por el sismo del 3 de agosto en el poblado de la Colpa.**



*Fuente: Oficina de Seguridad y Defensa Nacional – Gobierno Regional de Cajamarca.*

**Fotografía 16. Detalle de los suelos del poblado de La Colpa (izquierda) y muestra de mano (derecha).**



*Fuente: Oficina de Seguridad y Defensa Nacional – Gobierno Regional de Cajamarca.*

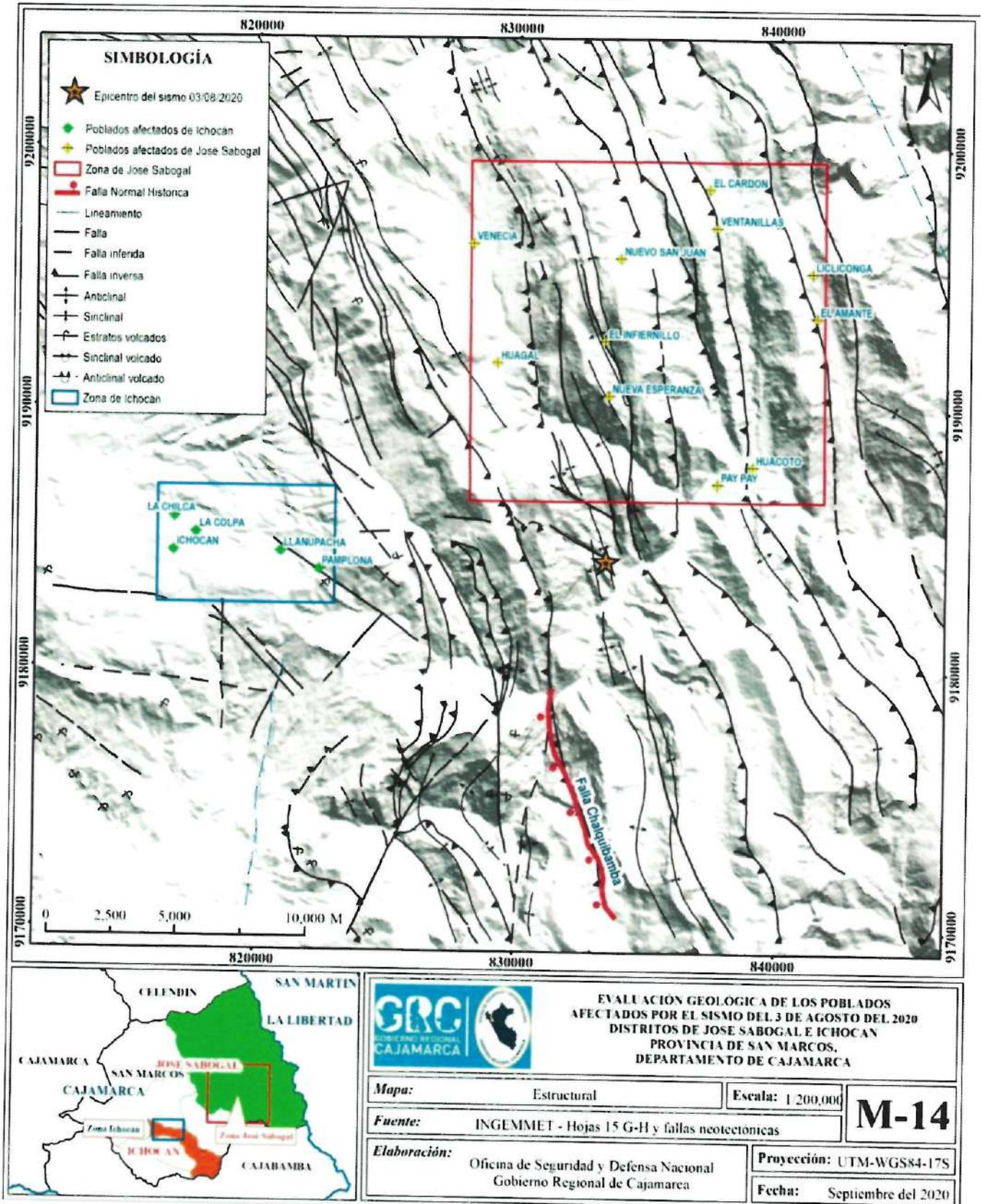
#### 6.4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Según las cartas geológicas a escalas 1/100,000 y 1/50,000 del INGEMMET, ya descritas con anterioridad, existe una gran cantidad de fallas y pliegues regionales que atraviesan la zona con orientación NNW-SSE (Figura 16), siendo la principal la Falla Chalquibamba.

Según el INGEMMET (Macharé et al., 2009), la falla de Chalquibamba es una falla de tipo normal y su escarpe de falla está constituido por una cara libre y un talud de escombros, ambos bien conservados. La faz libre tiene una altura que varía entre 0,80 y 1,50 m. y un buzamiento entre 72° suroeste. La falla corta la superficie afectando unidades mesozoicas y morrenas glaciares atribuidas a la última glaciación (10 000 años antes del presente). El espejo de falla tiene una orientación N150°E hasta N160°E, y un buzamiento comprendido entre 60° y 65° al suroeste. En el espejo de falla propiamente dicho tomaron medidas de estrías, siendo el plano N154°E – 72° suroeste y el promedio de los pitch de las estrías 59° sur. Por consiguiente, la cinemática de la falla es normal con un componente transcurrente sinistral. La actividad de la falla activa Chaquilbamba se desarrolló en varios episodios de deformación y el último podría corresponder a la crisis sísmica del mes de abril de 1937, cuyos focos sísmicos tuvieron una profundidad de 5.5 km aproximadamente.

La poca profundidad del sismo del 3 de agosto del 2020 (14 – 15 Km), puede indicar que dicho evento también corresponde a una falla normal en la zona, pero aún se requieren más estudios neotectónicos en la zona para poder establecer dicha relación.

Figura 16. Mapa 14 – Estructural.



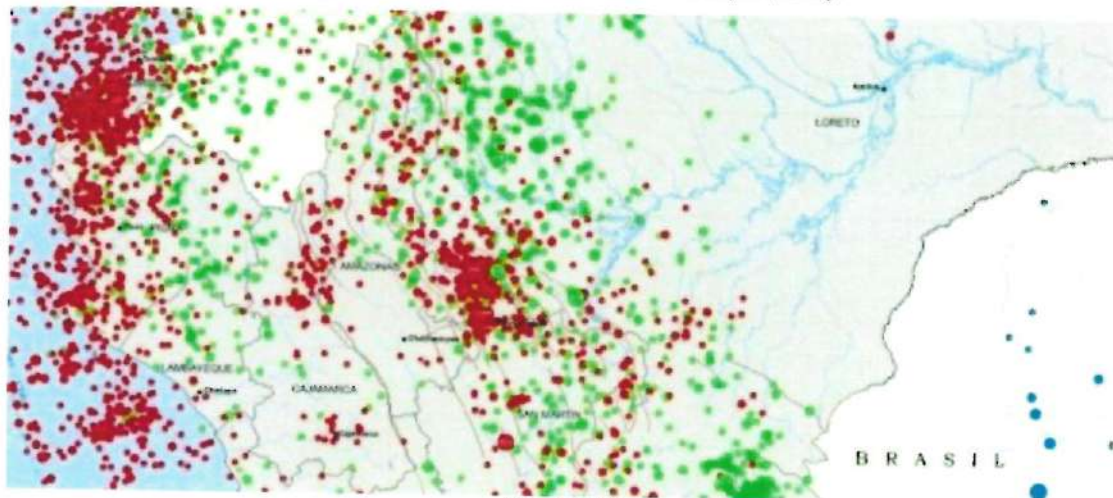
Fuente: INGEMMET.

## 7. ASPECTOS DE GEODINÁMICA INTERNA

### 7.1. SISMICIDAD

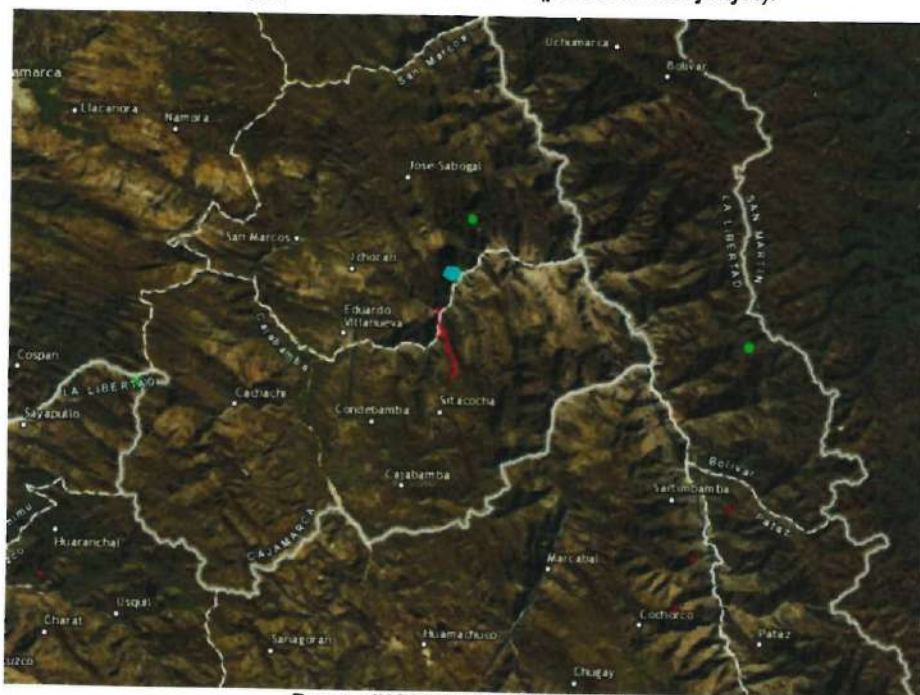
El Perú, al encontrarse en el conocido “cinturón de fuego del Pacífico”, es un país sísmicamente activo, esto queda evidenciado en el registro de sismos desde 1960 hasta 2016 (Figura 17) por parte del IGP (IGP, 2017); donde se puede apreciar la gran densidad de sismos superficiales en las cercanías de la costa peruana (círculos rojos), sismos intermedios en las zonas de la selva (círculos verdes) e incluso sismos profundos (círculos azules) en las partes más alejadas del territorio. En la Figura 18 se muestra la ubicación del sismo del 3 de agosto del 2020, en relación a fallas activas y sismos históricos en los alrededores de la provincia de San Marcos.

**Figura 17. Mapa sísmico del Perú IGP-2017 (IGP, 2017).**



Fuente: IGP.

**Figura 18. Epicentro del sismo del 3 de agosto del 2020 (punto celeste), en relación de la falla Chalquibamba (línea roja) y otros sismos 2005-2016 (puntos verdes y rojos).**

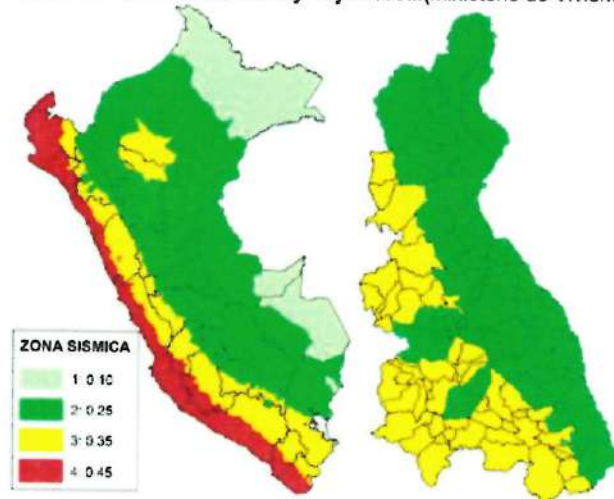


Fuente: INGEMMET – GEOCATMIN.

## 7.2. ZONIFICACIÓN SÍSMICA DE LA ZONA

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Figura 19), los distritos de José Sabogal e Ichocán se ubican en la zona 2; pero, según los registros históricos y recientes, debería tomarse en cuenta la gran actividad sísmica de la provincia de San Marcos.

*Figura 19. Zonas sísmicas del Perú y Cajamarca. (Ministerio de Vivienda, 2016)*



*Fuente: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, según Decreto Supremo N° 003-2016-Vivienda (Ministerio de Vivienda, 2016).*

## 8. ASPECTOS DE GEODINÁMICA EXTERNA

### 8.1. CAÍDAS DE ROCA

Se ubican en todas las laderas de pendiente muy escarpada del distrito de José Sabogal, se tienen registros de bloques desprendidos de varias decenas de centímetros de diámetro (Fotografía 17), por lo que urge la delimitación técnica de zonas de alto riesgo no mitigable frente a estos movimientos en masa para evitar que se asienten pobladores en estas áreas.

*Fotografía 17. Zona de caída de rocas en el distrito de Pay Pay producto del sismo del 3 de agosto del 2020.*



*Fuente: Municipalidad distrital de José Sabogal.*



## 8.2. AVALANCHAS DE DETRITOS

Estos movimientos en masa se presentan en toda la cuenca de la quebrada Mamachepa (Mapas 02-04), debido a la pendiente muy escarpada, ausencia de vegetación, y características geológicas de las montañas (Fotografía 18); según las imágenes analizadas (SPOT6 y PerúSAT-01), los reportes de la municipalidad distrital de José Sabogal (Montoya, 2020) y la visita a campo, todas estas zonas se activaron el día del sismo del 3 de agosto del 2020, generando una gran nieve de polvo visible desde varios kilómetros de la zona (DbateCajamarca, 2020).

*Fotografía 18. Zona de avalanchas de detritos en la parte alta de los poblados de Huacoto y Pay Pay.*



*Fuente: Oficina de Seguridad y Defensa Nacional – Gobierno Regional de Cajamarca.*

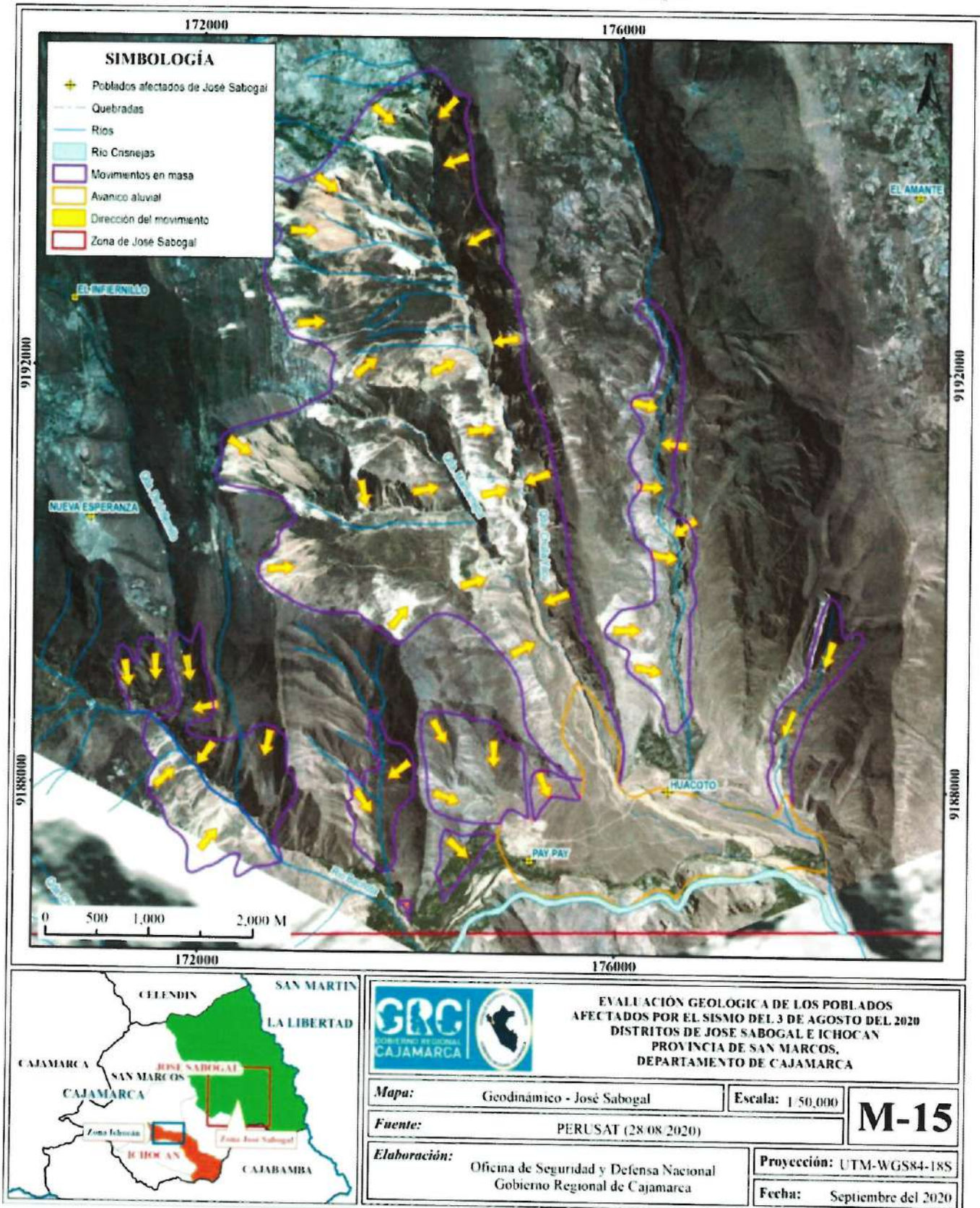
*Fotografía 19. Nieve de polvo levantado el día del sismo visto desde el poblado de Pay Pay (izquierda), zona de las avalanchas de detritos durante la inspección por parte de la autoridad local (derecha).*



*Fuente: Pobladores de Huacoto (izquierda) y municipalidad distrital de José Sabogal (derecha).*

La gran cantidad y extensión de estos movimientos en masa activos en el distrito de José Sabogal (Figura 20), deben ser tomadas en cuenta para un estudio más detallado con fines de establecer zonas de alto riesgo no mitigable para evitar el asentamiento de poblaciones en estos lugares.

**Figura 20. Mapa 15 – Geodinámico José Sabogal.**



Fuente: PerúSAT-1.

### 8.3. REPTACIÓN DE TERRENOS

Este tipo de movimientos en masa se encuentran en el distrito de Ichocán, donde el terreno se está moviendo lentamente debido a la naturaleza arcillosa de sus suelos, la baja resistencia geológica de su basamento (formación Cajabamba) y eventos sísmicos (Sección 7). Existen varias viviendas (Fotografía 20), infraestructura hidráulica y otras construcciones (Fotografía 21) que sufren constantemente por la reptación de terrenos, siendo necesario un estudio dinámico detallado del comportamiento de estos suelos y la misma formación Cajabamba frente a eventos sísmicos, y delimitar las zonas con riesgo muy alto no mitigable donde no sea permitido nuevas construcciones.

*Fotografía 20. Vivienda afectada por reptación de terrenos en el poblado de La Colpa.*



*Fuente: Oficina de Seguridad y Defensa Nacional – Gobierno Regional de Cajamarca.*

*Fotografía 21. Reservorio de agua potable (izquierda) e iglesia (derecha) afectados por reptación de terrenos en el poblado de La Colpa.*



*Fuente: Municipalidad distrital de Ichocán.*

## 9. CONCLUSIONES

- ✓ El sismo del 3 de agosto del 2020 con epicentro en la provincia de San Marcos, tuvo una magnitud de 4.8 y una profundidad de 14 km y afectó varios poblados de los distritos de José Sabogal e Ichocán, especialmente los poblados de Huacoto, Pay Pay y La Colpa.
- ✓ En el distrito de José Sabogal, a causa del sismo predominaron los movimientos en masa del tipo caída de rocas y avalanchas de detritos, los cuales estuvieron condicionados por la pendiente muy escarpada de las montañas, la escasa vegetación y las características geológicas propias del terreno; los principales daños se dieron en la infraestructura hidráulica que recorre las faldas de las montañas, y a viviendas de los poblados de Huacoto y Pay Pay; adicionalmente, se generó una gran nube de polvo visible a kilómetros de distancia y que alarmó a la población.
- ✓ En el distrito de Ichocán, en cambio, predominó el movimiento en masa del tipo reptación de terrenos, que afectó a viviendas y redes de agua existentes; siendo los factores condicionantes el suelo arcilloso del cual y sobre el cual están construidas las viviendas y la baja resistencia geológica de la formación Cajabamba (basamento rocoso de la zona), siendo el poblado más afectado el de La Colpa.
- ✓ Debido a la existencia de gran cantidad de fallas regionales que atraviesan los distritos de José Sabogal e Ichocán y fallas neotectónicas activas cercanas (Falla Chalquibamba), se hacen constantes movimientos sísmicos que generan afectaciones a las infraestructuras y a la población misma; por lo que se requieren estudios más detallados con el fin de establecer las zonas de alto riesgo no mitigable donde no se deberán establecer poblados o infraestructuras civiles.

## 10. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar campañas de capacitación en Gestión del Riesgo de Desastres a los pobladores de las localidades de Huacoto, Pay Pay y La Colpa, con el fin de que estén preparados en caso de nuevos sismos o cualquier otro evento de geodinámica externa.
- ✓ Realizar los estudios y/o evaluaciones necesarios con el fin de delimitar las zonas de riesgo muy alto no mitigable donde no se deben establecer nuevos poblados o infraestructuras civiles.
- ✓ Remitir el presente informe al Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico INGEMMET y al Instituto Geofísico del Perú IGP, entidades técnico-científicas del SINAGERD, para que puedan realizar los estudios más detallados de peligro ante eventos sísmicos de gran magnitud que se puedan generar en la provincia de San Marcos o en sectores aledaños.

## 11. REFERENCIAS

- CONIDA. (2020a). *Imagen Satelital PER1\_20200828\_PMS*.
- CONIDA. (2020b). *Imagen Satelital SPOT6\_20200824\_PMS*.
- DbateCajamarca. (2020). *Vídeo sismo San Marcos 3 de agosto del 2020. SISMO DE 4.5 DE MAGNITUD SE REGISTRÓ ESTA MAÑANA EN LA PROVINCIA DE SAN MARCOS*. <https://www.facebook.com/DbateCajamarca/videos/322438842230217>
- IGP. (2017). *Mapa Sísmico del Perú*. Sismología - Mapa Sísmico. <https://scts.igp.gob.pe/unidad-sismologia/mapa-sismico>
- IGP. (2019). *IGP reportó sismo de M 8.0 en Loreto*. <https://portal.igp.gob.pe/igp-reposito-sismo-m-80-loreto>
- IGP. (2020). *Sismo 03 de agosto 2020*. Reporte Sísmico: IGP/CENSIS/RS 2020-0503. <https://ultimosismo.igp.gob.pe/evento/2020-0503>
- INDECI. (2018). *Manual de Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades*.
- INGEMMET. (2018). *Fallas Neotectónicas del Perú*. GEOCATMIN Mapa Fallas Neotectónico Del Perú 100000, INGENMET, Versión 2018. <http://metadatos.ingemmet.gob.pe:8080/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/cdfd37fc-58f6-4aca-8565-c049e5ff6901>
- León, L. (2019a). *Deslizamiento en los caseríos de Higosbamba, Hichabamba, Huayllabamba y Churucana - Primer reporte INGENMET*.
- León, L. (2019b). *Inspección Geológica del Sector de Huañimba - Primer reporte INGENMET*.
- Macharé, J., Benavente, C., & Audin, L. (2009). *Síntesis Descriptiva del Mapa Neotectónico 2008 Boletín-C 40*.
- Mamani, M., Choquehuanca, S., Cacya, L., & Gomez, W. (2012). *Mapa Geológico del Cuadrángulo de Bolívar, Escala 1:50 000 Hoja 15h Cuadrante-III*.
- Mamani, M., Choquehuanca, S., Gomez, E., & Carhuamaca, A. (2012). *Mapa Geológico del Cuadrángulo de San Marcos, Escala 1:50 000 Hoja 15g Cuadrante-II*.
- Ministerio de Vivienda, C. y S. (2016, January 24). DECRETO SUPREMO N° 003-2016-VIVIENDA. *El Peruano- 576293, 32*.
- Misahuaman, L., & Cabanillas, W. (2020). *Im*. <https://doi.org/IT N°-01-2020-MDI-DC>
- Montoya, L. (2020). *Informe Técnico para solicitud de Declaratoria de Estado de Emergencia por Sismo en el Distrito de José Sabogal, provincia de San Marcos - Cajamarca*. <https://doi.org/IT N° 075-2020-MDJS/ROTDC/LMC>
- Reyes, L. (1980). *Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca (15-f), San Marcos (15-g) y Cajabamba (16-g) [Boletín A 31] (1st ed.)*. INGENMET.
- Sánchez, F., & Agapito, W. (1995). *Geología de los cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande, Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolívar 12-g, 12-h, 13-g, 13-h, 13-i, 14-h, 15-h - [Boletín A 56]*.
- Sanchez Fernandez, A. (1995). *Geología de los Cuadrángulos de Bagua Grande, Jumbilla, Lonya Grande,*

*Chachapoyas, Rioja, Leimebamba y Bolibar - Boletín N° 56 Serie A.*

USGS. (2019). M 8.0 - 78km SE of Lagunas, Peru.  
<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us60003sc0/executive>

USGS. (2020). Sismo 03 de agost 2020. M 5.0 - 47 Km NNE of Cajabamba, Peru.  
<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us6000b8r2/executive>