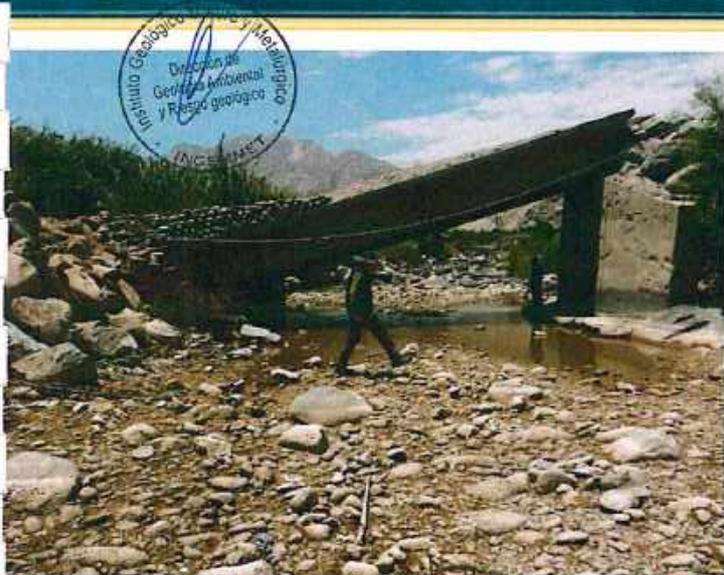


DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6992

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS EN LOS SECTORES DE MALVADO Y MANDAHUAZ

Región Lima
Provincia Barranca
Distrito Paramonga



ENERO
2020

INDICE

RESUMEN.....	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 ANTECEDENTES.....	3
2. GENERALIDADES.....	4
2.1 Ubicación y accesibilidad.....	4
3. ASPECTOS GEOLÓGICOS.....	6
3.1 Rocas intrusivas.....	6
3.1.1 Batolito de la Costa (Cretácico superior-Paleógeno).....	6
3.1.2 Súper Unidad Patap.....	6
3.1.3 Súper Unidad Puscao.....	6
3.1.4 Súper Unidad Santa Rosa.....	6
3.2 Depósitos Cuaternarios	6
4. ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS	13
Pendiente de los terrenos de Malvado y Mandahuaz.....	13
4.1 Geoformas de Carácter Tectónico degradacional y Denudacional – Erosional.....	17
4.1.1 Unidad de Montaña.....	17
Subunidad de Montañas en rocas intrusivas (RM-ri)	17
4.1.2 Unidad de Colinas y Lomadas.....	17
Subunidad de Colinas y lomadas en rocas intrusivas (RCL-ri)	17
4.2. Geoformas de Carácter depositacional y agradacional	17
4.2.1 Unidades de Piedemonte.....	17
Subunidad de vertiente o piedemonte aluvial (V-al/P-al).....	17
Subunidad de vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at)	18
Subunidad de vertiente coluvial de detritos (V-c).....	18
Subunidad de vertiente o pie de monte coluvio-deluvial (V-cd).....	18
4.2.2 Unidades de Planicies.....	18
Subunidad de terrazas aluviales (T-al).....	18
Subunidad de terrazas aluviales altas (Ta-al)	18
5. PELIGROS GEOLÓGICOS y GEOHIDROLÓGICOS.....	25
5.1 Peligros geológicos.....	25
5.1.1 Caída de rocas.....	25
5.1.2 Derrumbes.....	27
5.1.3 Flujos.....	28
Flujo de detritos (huaico)	28
5.2 Peligros Geohidrológicos.....	38
CONCLUSIONES.....	41
RECOMENDACIONES	42
BIBLIOGRAFIA	43

EVALUACION DE PELIGROS GEOLÓGICOS Y GEOHIDROLÓGICOS EN LOS SECTORES DE MALVADO Y MANDAHUAZ,

(DEPARTAMENTO DE LIMA, PROVINCIA BARRANCA, DISTRITO DE PARAMONGA)

RESUMEN

La municipalidad provincial de Recuay solicitó al INGEMMET, la evaluación técnica de las localidades de Mandahuaz y Malvado a consecuencia de los peligros geológicos presentes, como por ejemplo flujos de detritos (huaicos) que ocurrieron el año 2017, producto de las precipitaciones extraordinarias ocasionadas por el fenómeno de "El Niño Costero".

El objetivo fue identificar, delimitar y caracterizar los peligros geológicos por remoción en masa que se presentan en los sectores de Malvado y Mandahuaz, pertenecientes al distrito de Paramonga, provincia Barranca, departamento de Lima, los mismos que pueden comprometer la seguridad de personas, obras de infraestructura y vías de comunicación.

Para ello se realizaron mapas geológicos (basados en mapas previos de INGEMMET a escala 1:100 000), se hizo un cartografiado geomorfológico e identificaron las pendientes de las zonas, con estos dos últimos datos (geomorfología y pendientes) se realizaron mapas de susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial.

Durante los trabajos de campo se reconocieron montañas, colinas y lomadas en rocas ígneas, en el contexto de los poblados de Mandahuaz y Malvado. Ambas localidades están emplazadas principalmente sobre abanicos proluviales, terrazas y llanuras aluviales, cuya formación está relacionada principalmente a la dinámica fluvial y evolución del río Fortaleza y sus tributarios (Quebrada Cuyash y Huacchua).

Litológicamente las zonas evaluadas corresponden a rocas intrusivas y subvolcánicas (Monzogranitos, aplitas, granodioritas, tonalitas, etc.) del Batolito de la Costa que se encuentran altamente fracturados. Así mismo se identificaron depósitos cuaternarios (aluviales, coluviales y coluvio-deluviales).

En los sectores de Mandahuaz y Malvado se identificaron: caída de rocas, derrumbes, flujo de detritos (Huaicos), erosión fluvial, crecidas e inundaciones por "El Niño Costero" 2017).

Por las condiciones actuales, se concluyó, que las localidades de Mandahuaz y Malvado, son zonas críticas de peligro muy alto a la ocurrencia de movimientos en masa (especialmente huaicos y caída de rocas) y peligros geohidrológicos ante lluvias periódicas y/o excepcionales.

Para los poblados de Malvado y Mandahuaz se sugiere no habitar en zonas con peligros geológicos, no habitar en márgenes del río Fortaleza, así mismo implementar defensas ribereñas, rediseñar y construir un nuevo puente en el Poblado de Malvado (para ello se debe considerar estudios detallados, realizados por especialistas).

1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), como ente técnico científico, incorpora dentro de los proyectos de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR), la evaluación de peligros geológicos a nivel nacional; su alcance consiste en contribuir con entidades gubernamentales en el reconocimiento, caracterización y diagnóstico de peligros geológicos en territorios vulnerables, con la finalidad de proporcionar una evaluación técnica que incluya resultados y recomendaciones pertinentes para la mitigación y prevención.

La Municipalidad Provincial de Recuay, mediante el Oficio N° 256- 2018-MPR/A solicitó a nuestra institución, la evaluación técnica de los poblados de Mandahuaz y Malvado ubicados en el distrito de Paramonga, provincia Barranca, departamento de Lima, con la finalidad de tomar acciones de prevención y mitigación de riesgos en estos sectores.

El INGEMMET, a través de la Dirección de Geología ambiental y Riesgo Geológico designo a los profesionales Norma Luz Sosa Senticala y Gonzalo Luna Guillen, para realizar la inspección técnica, los días 12 y13 de octubre del 2019, en coordinación con autoridades del sector y pobladores locales, quienes presentaron la problemática de la zona.

Este informe se realizó en base a la información recabada en campo y trabajos anteriores de evaluación de peligros geológicos de la zona de estudio

El presente informe se enfoca en la evaluación geológica geomorfológica y peligros geohidrológicos en las zonas afectadas (Mandahuaz y Malvado) ubicados en la margen derecha del río Fortaleza analizando los factores condicionantes y desencadenantes de peligros geológicos.

El presente informe se pone en consideración de la municipalidad provincial de Barranca La información técnica que se consigna en el presente reporte, pretende servir como una guía para la toma de decisiones en las medidas de prevención y mitigación ante este tipo de peligros.

1.1 ANTECEDENTES

Existen estudios previos (informes técnicos de evaluación de peligros geológicos) elaborados por el INGEMMET en el año 2017, como respuesta a los peligros geológicos desencadenados por el fenómeno de EL Niño Costero, entre ellos tenemos:

- ***Evaluación Geológica de las zonas afectadas por el Niño Costero 2017 en las regiones Lima-Ica (M. Ochoa et al., 2017)***

Este informe se llevó a cabo, después de que el fenómeno climático regional “El Niño Costero” se desarrollara a lo largo de las costas del Pacífico, provocando lluvias excepcionales que llegaron a desencadenar diferentes fenómenos de remoción en masa, este informe registro 593 puntos de control geológico a mediana escala, análisis cualitativo y semicuantitativa de daños en centros poblados, carreteras, obras de infraestructura, hídrica (reservorios, puentes, canales y bocatomas) y terrenos de cultivos. Este informe contiene mapas que muestran las zonas afectadas según el tipo de evento causado por el evento del Niño Costero en las regiones de Lima e Ica describiendo fenómenos como: flujos de detritos, desbordes, socavamiento fluvial, deslizamientos, derrumbes y caídas de rocas.

- ***Evaluación geológica de las zonas afectadas por el Niño Costero 2017 en la región Ancash. (R. Concha et al., 2017)***

Este informe se generó debido a los peligros geológicos originados en las ciudades de Chimbote, Casma, Huarney y poblados menores como Chasquitambo, Tortugas, Moro, Samanco, La Rinconada, Coishco, Tambo Real Viejo, La cuadra, etc. Que fueron afectados por el fenómeno del Niño Costero, el cual destruyó extensas áreas de cultivo, tramos de carretera y provoco inundaciones en los valles Huarney, Nepeña, Casma – Huaraz, en el tramo Buena Vista Alta – Cachipampa, donde también se observaron daños severos por socavamiento lateral, erosión de laderas y flujos de detritos provenientes de las quebradas transversales al río Santa. En la cuenca Fortaleza, también se observaron estos fenómenos además de derrumbes y caídas de roca cerca al sector Chasquitambo, en resumen, numerosas obras de infraestructura fueron afectadas (canales, pozos, puentes, etc.), en la cuenca Lamacramarca, sectores santa y nuevo Chimbote; la ruptura en varios segmentos del canal Chinecas ocasionada por el impacto de flujos de detritos transversales al canal, origino la inundación y destrucción de extensas áreas de cultivo y poblados.

- ***Estudio de riesgos geológicos en el Perú – Franja 4 (L. Fidel et al., 2006)***

Evaluó los factores condicionantes de los peligros geológicos (condiciones intrínsecas), con los cuales se elaboraron mapas de análisis de susceptibilidad: litología, geomorfología (unidades geomorfológicas y pendientes), inventario de peligros geológicos, hidrogeología, intensidad de erosión y cobertura vegetal. Se elaboraron mapas de susceptibilidad a los movimientos en masa e inundaciones, incluyendo en estos últimos, la erosión fluvial, erosión ladera y el de avenamientos; con todos estos mapas se elaboró un mapa temático de peligros geológicos múltiples para las regiones de Ancash, Lima, Junín, Huánuco, Pasco, Huánuco, Ucayali, Cusco, Madre de Dios, y la provincia constitucional del Callao.

- **Estudio de riesgo geológico en la región Ancash (Zavala et al., 2010)**

Evaluó la susceptibilidad a los movimientos en masa, peligros geológicos geo-hidrogeológicos y otros peligros geológicos de la región, relacionado la frecuencia de peligros con la complejidad geológico – geomorfológica, la presencia de cobertura de glaciares y lagunas, alta sismicidad y existencia de fallas geológicas activas, y la presencia de fuertes lluvias normales y excepcionales en presencia del fenómeno de El Niño que se dan en la zona de estudio, este estudio dio como resultado: mapas de litología, pendientes, geomorfología, hidrogeología, cobertura vegetal, y uso de suelos que sirvieron para la elaboración de mapas de susceptibilidad a movimientos en masa e inundaciones.

2. GENERALIDADES

2.1 Ubicación y accesibilidad

Los centros poblados de Mandahuaz y Malvado se ubican en la margen derecha del río Fortaleza. Políticamente pertenecen al distrito de Paramonga, provincia Barranca, departamento de Lima, cuyas coordenadas centrales UTM (WGS 84 – Zona 18 Sur) se especifican en el siguiente cuadro:

Tabla 1: Coordenadas de los poblados de Mandahuaz y Malvado

Poblado	Coordenadas N	Coordenadas E	Altitud
Mandahuaz	8853560	209201	533 ms.n.m
Malvado	8856384	212210	644 ms.n.m

El acceso a estos poblados, desde la ciudad de Lima es por vía terrestre, para ello se sigue la siguiente ruta: Lima – Barranca – Mandahuaz – Malvado, por un tiempo estimado de 4 horas, 55 minutos, a través de 253 km aproximadamente, esto se detalla en la tabla 2

Tabla 2: Itinerario

Ruta	Tipo de vía	Distancia (Km)	Tiempo
Lima - Barranca	Vía asfaltada	161 km	3 horas, 30 minutos
Barranca - Mandahuaz	Vía asfaltada	71.4 km	1 hora, 13 minutos
Barranca-Malvado	Vía asfaltada	67.4 km	1 hora, 10 minutos
Mandahuaz-Malvado	Vía asfaltada	4 km	30 minutos

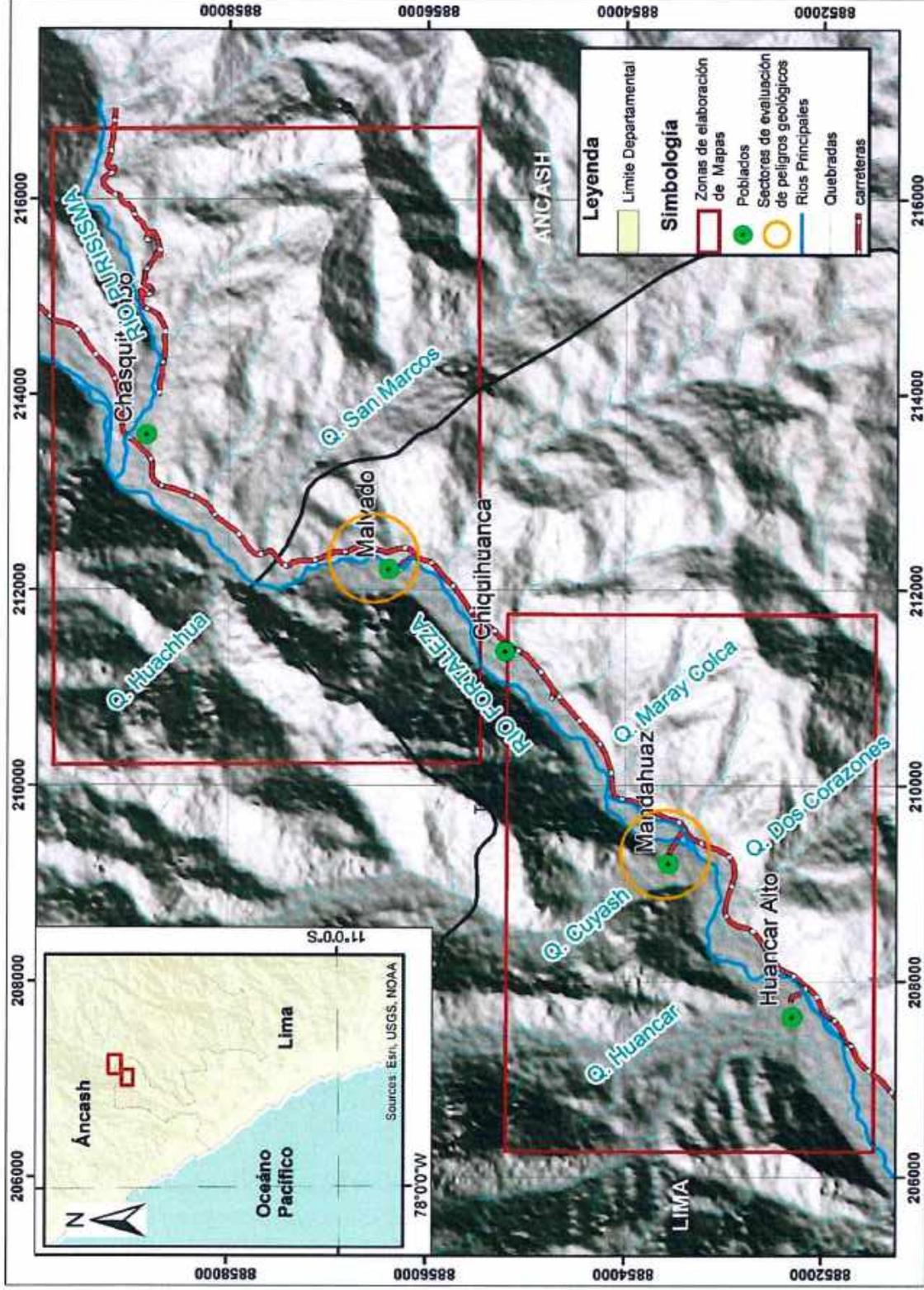


Figura 1. Mapa de Ubicación de los poblados Mandahuaz y Malvado, los círculos naranjas representan las áreas evaluadas y los cuadros rojos las áreas de elaboración de mapa

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

En ambos márgenes del río Fortaleza afloran rocas intrusivas constituidas por dioritas, tonalitas, gabros, granodioritas y monzogranitos, las cuales corresponden a diferentes pulsaciones magmáticas que configuran la super - unidad intrusiva reconocida como el Batolito de la Costa (Cretácico superior-Paleógeno) (Cobbing & Sánchez, 1996). Sobre estos afloramientos rocosos se depositan unidades inconsolidadas correspondientes a depósitos aluviales, coluviales, deluviales y coluvio-deluviales.

La descripción de unidades se hizo en base a la información geológica del boletín N°33 (cuadrángulo de Huarmey-21g y Huayllapampa-21h)

3.1 Rocas intrusivas

3.1.1 Batolito de la Costa (Cretácico superior-Paleógeno)

El Batolito de la Costa es una masa inmensa y heterogénea de rocas ígneas que fueron instruidas como numerosos plutones, muchos plutones se componen de un mismo tipo de roca (Unidad), equivalente al termino estratigráfico "formación" y el conjunto de ellos formara un "complejo" o súper Unidad que sería estratigráficamente equivalente a un "Grupo" (Cobbing y Pitcher, 1972), a continuación, se describe de forma somera cada una de las súper unidades identificadas en el área de evaluación:

3.1.2 Súper Unidad Patap

Compuestos en su mayoría por dioritas y gabros, han sido extensamente cortados y metamorizados por complejos intrusivos más modernos. El complejo Patap instruye a los volcánicos del Grupo Casma y es cortado por diques de dirección Andina, y pertenecería al Cretácico Superior. (Cobbing y Garayar (1973) y Cobbing y Pitcher (1972)

3.1.3 Súper Unidad Puscao

Está conformado por Monzogranitos, aplitas y en su mayoría granitos, Cobbing y Pitcher (1972) dividen esta súper unidad en dos: Puscao y San Jerónimo, por hallar dos tipos diferentes de granitos.

3.1.4 Súper Unidad Santa Rosa

Se considera el componente principal del batolito y está constituido por tonalitas y granodioritas altamente fracturas e intemperadas, formando colinas y montañas.

3.2 Depósitos Cuaternarios

Predominan principalmente depósitos aluviales (fotografía 1), constituidos por fragmentos subredondeados de rocas intrusivas, estos depósitos se emplazan a manera de terrazas en las márgenes del río Fortaleza, además de ello, el fenómeno de El Niño Costero provocó el flujo de detritos (huaicos) que en algunos casos se emplazaron sobre depósitos aluviales y en otros incisaron estos depósitos formando terrazas disectadas.

Otros depósitos reconocidos son los coluviales (fotografía 2), bloques de roca subangulosos que se depositan en la vertiente de las montañas y lomadas, también existen depósitos coluviales interestratificados con depósitos aluviales, lo que los hace indiferenciables unos de otros, a estos depósitos se les denomina coluvio-deluviales (también se encuentran en las vertientes de montaña).

La geología de la zona esta debidamente representada en las figuras 3 y 4 (mapas geológicos de los alrededores de Mandahuaz y Malvado)

En el sector de Mandahuaz:



Fotografía 1. Se observan depósitos aluviales de bloques subredondeados emplazados sobre zonas de cultivo (Malvado) (Y:212293, X: 8856662).

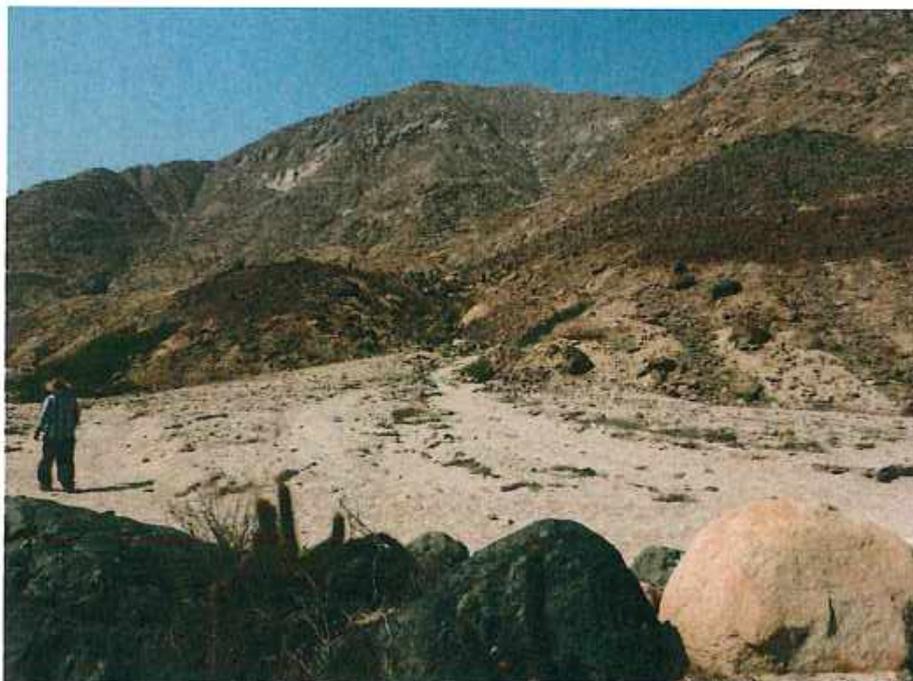


Fotografía 2. Se Observan Depósitos coluviales sobre la vertiente de una colina en el sector de Malvado (Y: 211717; X: 8856074).

En el sector de Mandahuaz:



Fotografía 3. Se observan depósitos aluviales recientes (bloques subredondeados no consolidados y sin matriz aparente) emplazados sobre terrazas aluviales antiguos (Mandahuaz).



Fotografía 4. Se observa un depósito de Abanico Aluvial dentro de la quebrada Cuyash (Mandahuaz) (Y: 208802; X: 8854288)



Fotografía 5: Se observan depósitos coluvio - deluviales (interestratificación de bloques subangulosos, arenas, limos y arcillas) este tipo de depósitos se observan tanto en los sectores de Mandahuaz como en los de Malvado, depositados en las vertientes de laderas.



Fotografía 6: Atrás de la vegetación se observa afloramientos de rocas intrusivas pertenecientes al Batolito de la Costa (estos afloramientos rodean a ambas zonas (Mandahuaz y Malvado)).



Figura 2. Se observa evidencias del grado de fracturamiento y meteorización en los afloramientos ígneos del Batolito de la Costa, que produce caída de rocas.



Fotografía 7. Obsérvense Sills y diques cortando a masas ígneas pertenecientes a la súper unidad Patap (dioritas y gabros) (Batolito de la Costa) en el sector de Mandahuaz.

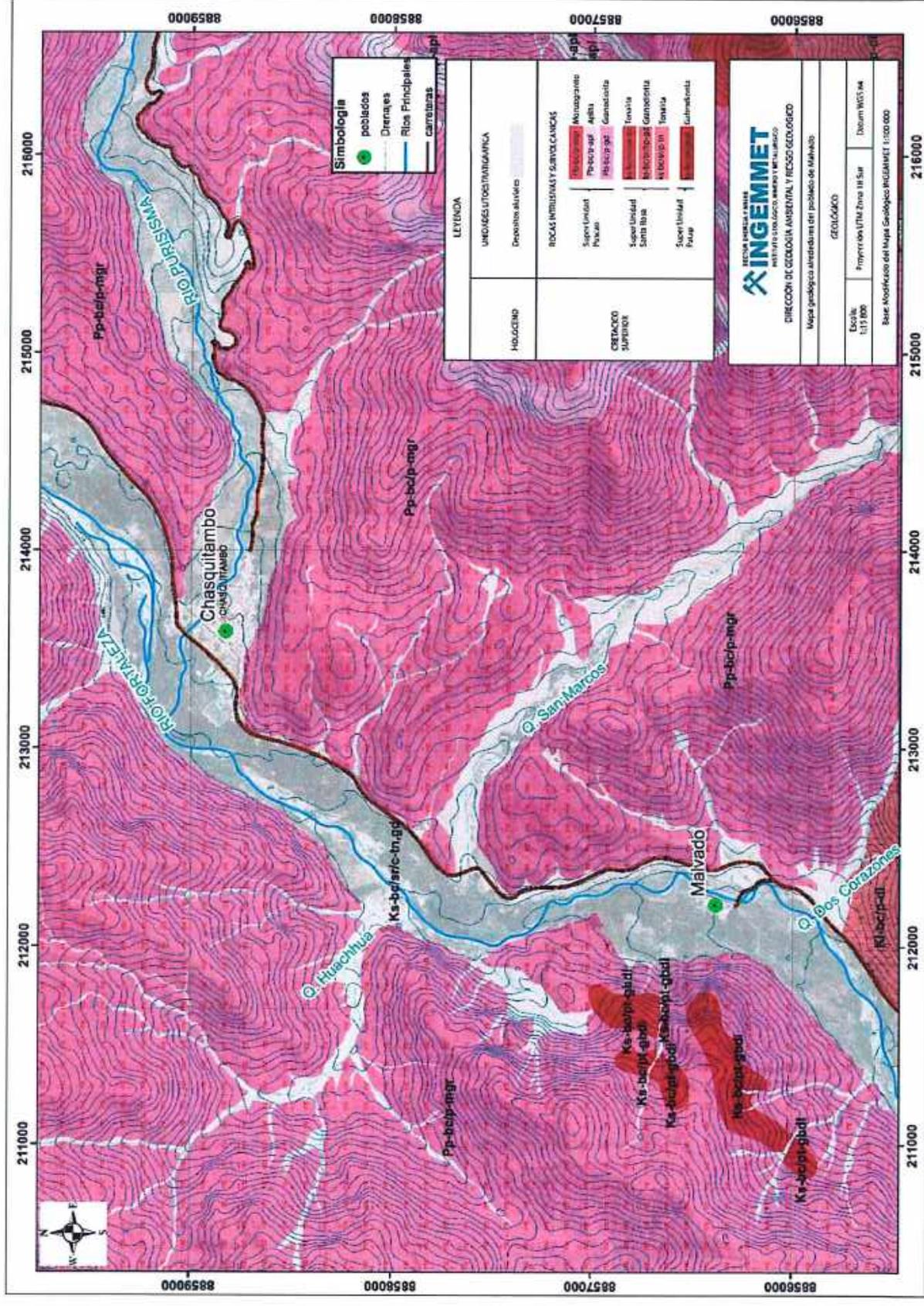


Figura 3. Mapa geológico del sector de Malvado (Modificado del mapa geológico 1:100 000 – INGGEMMET)

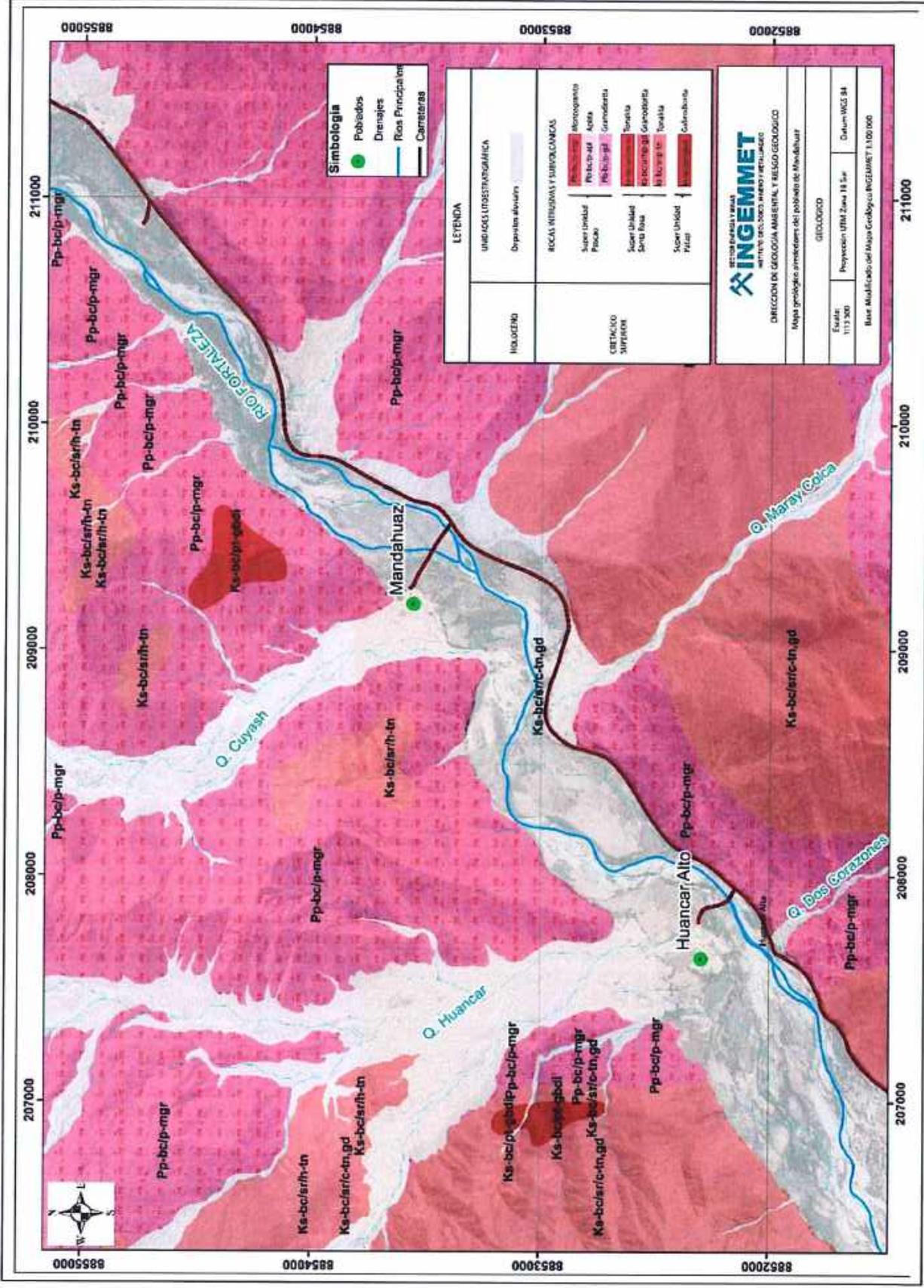


Figura 4. Mapa geológico del sector de Mandahuaz (Modificado del mapa geológico 1:100 000 – INGENMET)

4. ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS

Las unidades geomorfológicas identificadas y descritas en las áreas de estudio de Mandahuaz y Malvado son en su mayoría de carácter tectónico-degradacional y denudacional- erosional, formas relacionadas directamente con la arquitectura geológica, la tectónica y la litología del substrato. Son consecuencia directa de la actividad endógena o derivadas del efecto de la erosión diferencial, en menor medida se tienen geoformas de carácter depositacional o agradacional (aquellos que se relacionan con los procesos denudativos, resaltando sobre todo las geoformas gravitacionales, fluviales y eólicas.

Para la elaboración de los mapas geomorfológicos se tomaron en cuenta las unidades litológicas de la Carta Geológica Nacional elaborado por INGEMMET, las cuales fueron modificadas a una escala de trabajo menor; imágenes satelitales anteriores y posteriores al evento de “El Niño Costero del 2017” y un modelo de elevación digital (DEM) Alos Palsar de 12.5 m/pxl y sobre todo la información geológica recopilada en campo.

A continuación, se describen las unidades geomorfológicas agrupadas según su origen (Figura 5), identificadas en el cartografiado geomorfológico y representadas en los mapas geomorfológicos para los poblados de Mandahuaz y Malvado.

Unidades geomorfológicas identificadas en los sectores de Mandahuaz y Malvado.				
GEOFORMAS	UNIDAD	SUBUNIDAD	CODIGO	PELIGROS ASOCIADOS
DE CARACTER TECTONICO, DEGRADACIONAL Y EROSIONAL	Montañas	Montaña en roca intrusiva	RM-ri	Asociadas con el Batolito de la Costa, produce caída de rocas, derrumbes y flujo de detritos
	Colinas y Lomadas	Colinas y lomadas en rocas intrusivas	RCL-ri	Asociadas con el Batolito de la Costa, produce caída de rocas, derrumbes.
DE CARACTER DEPOSITACIONAL Y AGRADACIONAL	Piedemonte	Vertiente o pie de monte coluvio-deluvial	V-cd	Puede generar flujo de detritos (Huaicos)
		Vertiente Coluvial de detritos	V-c	Genera caída de rocas
		Vertiente o pie de monte aluvial	V-al/P-al	Escenario probable a presentar huaicos
		Vertiente o pie de monte aluvio-torrencial	P-at	Presentan huaicos
	Planicies depresiones y otros	Terraza Aluvial	T-al	Se producen inundaciones
		Terraza Aluvial alta	Ta-al	Asociados a procesos de erosión e inundaciones menores.
		Deposito Aluvionico 2017 (Niño Costero)		Depositos aluvionicos de flujos concentrados que destruyeron áreas de cultivo y profujo inundaciones

Figura 5. Resumen de la leyenda de las unidades geomorfológicas identificadas en los poblados de Mandahuaz y Malvado, con el peligro geológico al cual están asociados.

Pendiente de los terrenos de Malvado y Mandahuaz

La evaluación previa de las pendientes ha sido un aspecto importante. Para la elaboración de los mapas geomorfológicos y de susceptibilidad a Inundación y erosión fluvial.

Para clasificar las pendientes se tomaron 6 rangos de clasificación (figuras 4 y 5)

- Terrenos llanos (<1°)
- Terrenos inclinados con pendientes suaves (1°-5°)
- Pendiente moderada (5-15°)
- Pendiente fuerte (15°-25°)
- Pendientes muy fuertes (25°-45°)
- Pendientes muy escarpadas (>45°)

Donde la prevalencia fue de pendientes muy fuertes (15° – 25°) donde se identificaron las zonas de caídas y derrumbes, seguido de pendientes moderadas, suaves y llanas con mayor susceptibilidad a sufrir inundaciones.

En ambas áreas de estudio se tienen laderas con pendientes muy escarpadas, donde se presentan procesos de erosión fluvial en las márgenes del río fortaleza.

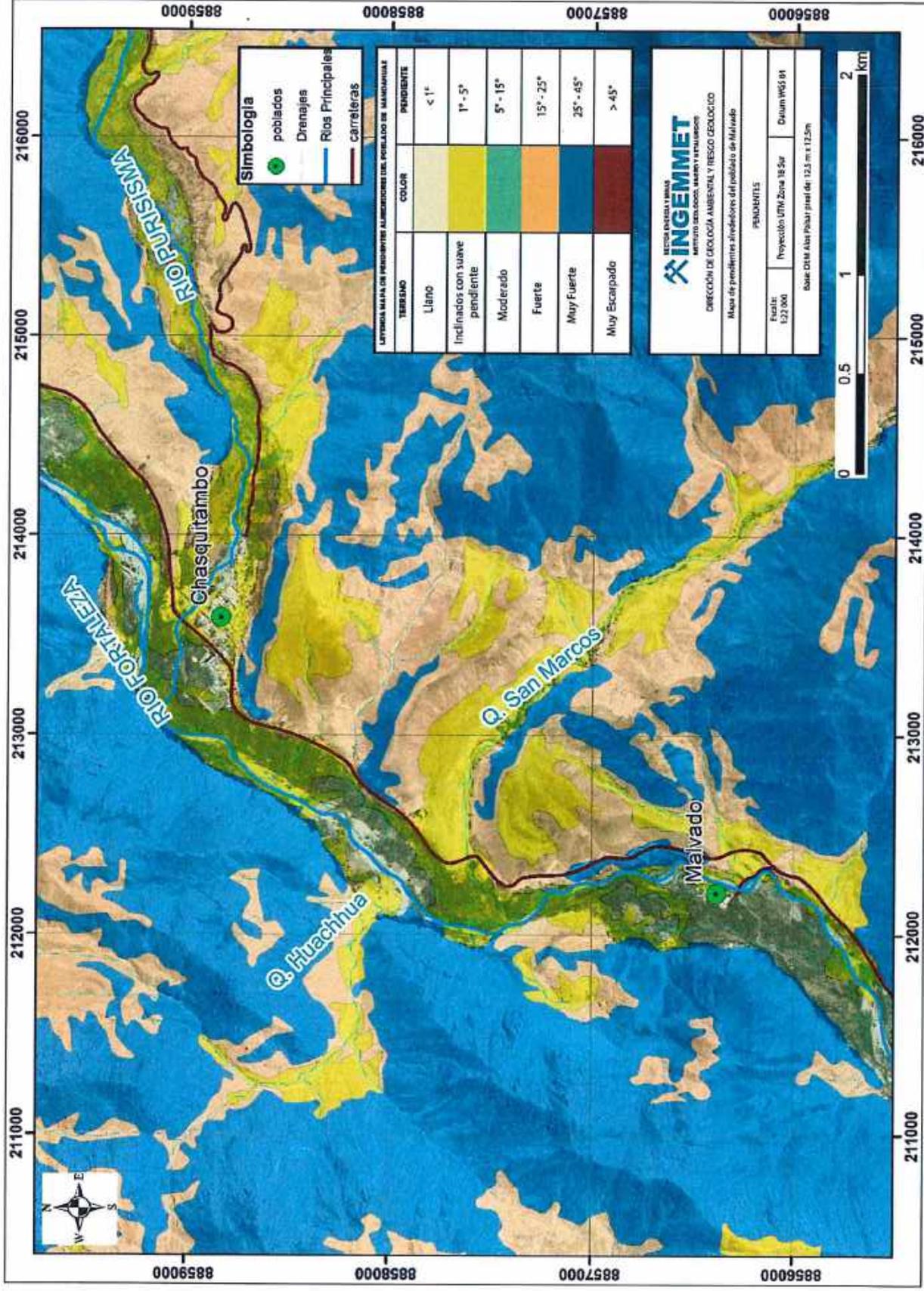


Figura 6. Mapa de pendientes de sector de Malvado (elaboración propia-reclasificado de un DEM Alos pasar de 12m/px)

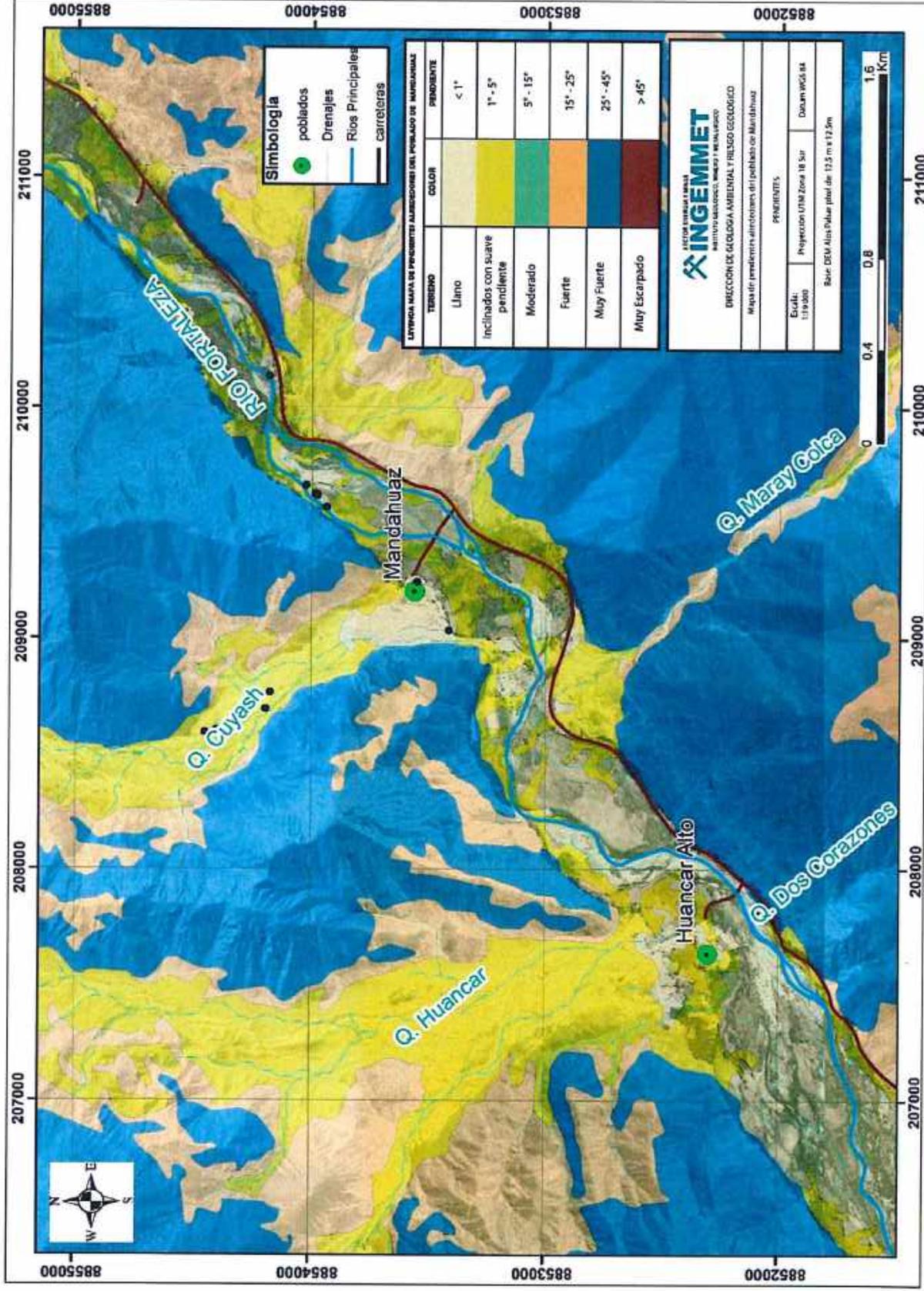


Figura 7. Mapa de pendientes de sector de Mandahuaz (elaboración propia-reclasificado de un DEM Alos pajar de 12m/px)

4.1 Geoformas de Carácter Tectónico degradacional y Denudacional – Erosional

4.1.1 Unidad de Montaña

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas con alturas mayores a los 300 m respecto al nivel de base local. Se reconocen como cimas o cumbres agudas, subagudas, semiredondeada, redondeada o tubular y estibaciones, producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza (levantamiento, glaciación, etc.). Sus laderas presentan una pendiente promedio superior al 30% (Villota, 2005).

Subunidad de Montañas en rocas intrusivas (RM-ri)

Son masas de roca ígneas constituidas por dioritas, tonalitas, gabros, granodioritas y monzogranitos, que corresponden a diferentes pulsaciones magmáticas que se disponen como diques, sills, lacolitos que configuran la súper unidad intrusiva denominada Batolito de la Costa de edad Cretácico superior – Paleógeno (Cobbing & Sánchez, 1996).

Esta subunidad está conformada por montañas con laderas abruptas (entre 30° y 50°) y altamente fracturadas por procesos tectónicos y meteorización física, alcanza elevaciones máximas de 1520 msnm (Figura N°8), se presenta tanto en las zonas de Malvado como en Mandahuaz, sus elevadas pendientes y altos grados de fracturamiento las hacen susceptibles a ocasionar caídas de Rocas.

4.1.2 Unidad de Colinas y Lomadas

Esta unidad geomorfológica es de menor altura que una montaña (menos de 300 m desde el nivel base local), las colinas presentan una inclinación promedio de 16% en sus laderas con cimas muy estrechas, mientras que las lomadas son de similar altura que las colinas, pero sus cimas con más amplias, redondeadas y alargadas con pendientes un poco menores (8% a 16%)

Subunidad de Colinas y lomadas en rocas intrusivas (RCL-ri)

Sus alturas son menores a 300 m, las colinas presentan drenajes dendríticos característicos de esta unidad geomorfológica, la mayoría presenta cimas redondeadas estrechas, están conformadas por rocas intrusivas del Batolito de la Costa (granodioritas, granitos, gabros, monzogranitos, tonalitas, etc.), todas tienen laderas cubiertas por bloques de roca producto del fracturamiento y la meteorización física. (Figura 8), de igual manera esta unidad geomorfológica está presente en ambas zonas de estudio (Mandahuaz y Malvado).

4.2. Geoformas de Carácter depositacional y agradacional

Son geoformas que comprenden el conjunto de procesos constructivos, determinados tanto por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía, glaciares, corrientes de deriva litoral y corrientes de marea, factores que tiende a nivelar de manera positiva la superficie terrestre (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2005)

4.2.1 Unidades de Piedemonte

Subunidad de vertiente o piedemonte aluvial (V-al/P-al)

Unidad genética correspondiente a una planicie inclinada con topografía de glacis se extiende al pie de sistemas montañosos, y escarpes de altiplanicies, ha sido formado por la sedimentación de las corrientes de agua estacionales. Está constituido por sucesiones de abanicos aluviales y aluvio-diluviales, incluidos algunos conos de deyección de igual o diferente composición granulométrica.

Se encuentran en su mayoría en las quebradas Huacchua, San Marcos y algunos sectores del río Fortaleza y Purísima (En la zona de malvado), forman conos de deyección y abanicos aluviales (Figura 09), en la zona de Mandahuaz se ubican este tipo de geoformas en su mayoría en las

quebradas Huancar, Maray Colca, Cuyash, y la parte alta del río fortaleza límite superior del sector de Malvado (Figura 12).

Subunidad de vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at)

Están conformadas por planicies inclinadas a ligeramente inclinadas, suelen ser amplias y se ubican al pie de las estibaciones andinas y sistemas montañosos. Está formado por la acumulación de sedimentos transportados por corrientes de agua de carácter excepcional provocadas por lluvias anómalas, usualmente asociadas al fenómeno de “El Niño” la pendiente de estos terrenos es suave a moderada (1°-15°) (figura 9)

Subunidad de vertiente coluvial de detritos (V-c)

Son depósitos de bloques de roca en la base de las laderas de montañosa, los bloques suelen ser de igual tamaño y misma litología, se producen por caídas, vuelcos y meteorización física, con carácter granodecreciente los bloques más angulosos suelen depositarse en la base.

Son geoformas que se encuentran en la zona de estudio (Malvado y Mandahuaz) se dan en laderas escarpadas. Se producen por efectos de la meteorización física de las rocas ígneas, y el fracturamiento tectónico que han sufrido. (Figura 13)

Subunidad de vertiente o pie de monte coluvio-deluvial (V-cd)

Se producen por el intercalamiento de depósitos coluviales y deluviales de manera interestratificada lo que hace difícil individualizarlas, se presentan en las laderas de montañas y colinas con pendientes moderadas en ambas zonas de estudio, y son producto de la meteorización de las rocas ígneas, los materiales deluviales son limoarcillos intercalados con gravas (Figura 14 y 15).

4.2.2 Unidades de Planicies.

Subunidad de terrazas aluviales (T-al)

Son remanentes de anteriores niveles de sedimentación, en las cuales se ha insinado la corriente como consecuencia de rejuvenecimiento del paisaje: Los niveles más altos son lo más antiguos.

Geodinámicamente, esta subunidad está asociada a procesos de erosión fluvial, cuando el río recupera cursos fluviales antiguos. (Vílchez et al.,2019) (Figura 10).

En las zonas de estudio se presentan el cauce principal del río Fortaleza y río Purísima, es en esta subunidad geomorfológica donde se acentúan los pueblos de Malvado y Mandahuaz además de sus áreas de cultivo.

Subunidad de terrazas aluviales altas (Ta-al)

Son los niveles más antiguos de deposición aluvial fueron disectados por los cauces de los ríos Purísima y Fortaleza también se les puede ubicar en las quebradas Cuyash, Huancar (Mandahuaz) (Figura 11) y San Marcos (Malvado).

Estas unidades geomorfológicas se representan en las figuras 16 y 17.

En el sector de Mandahuaz:

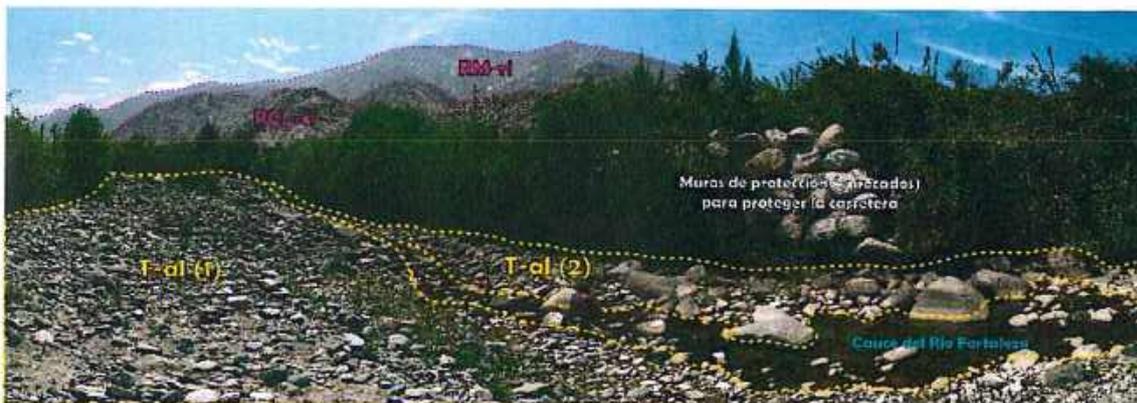


Figura 8. Obsérvese terrazas aluviales (T-al (1) y T-al (2)) en ambas márgenes del actual cauce del río Fortaleza en los alrededores del poblado de Mandahuaz, en el fondo de la imagen se distinguen las unidades de colina y lomada (< 300 m) y montañas (> 300 m) en rocas intrusivas.

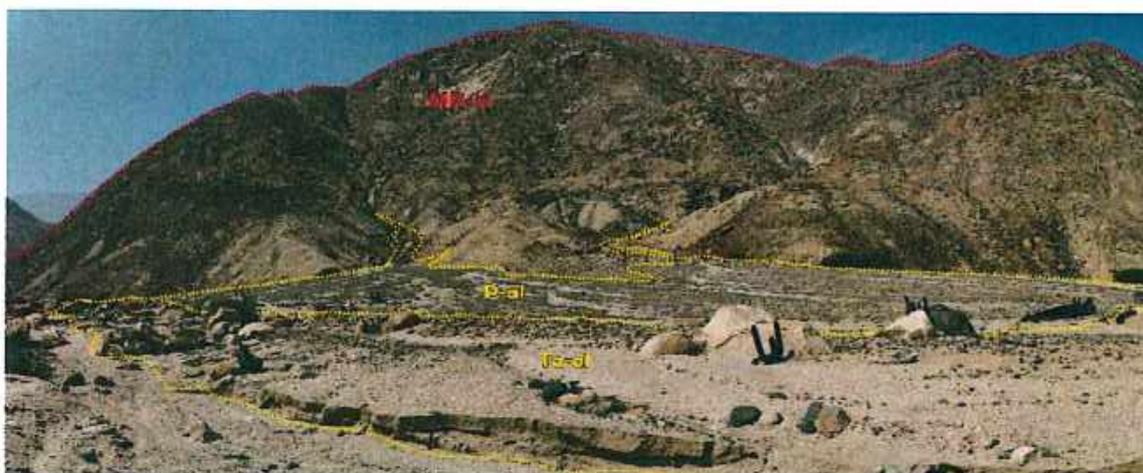


Figura 9. Se observan Abanicos aluviales (P-al) al pie de montañas en rocas intrusivas, también observa una terraza aluvial alta (Ta-al) por encima de un cauce estacional en la quebrada Cuyash (Mandahuaz).

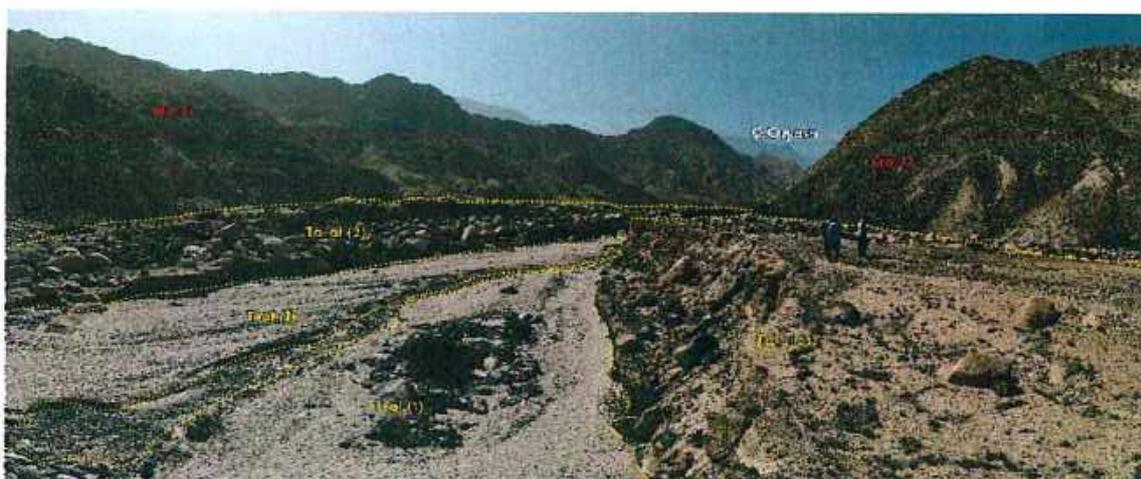


Figura 10. Se Identificaron Terrazas aluviales altas (T-al) en la quebrada Cuyash (Mandahuaz)



Figura 11. Se observa la secuencia de diferentes depósitos proluviales (Ta-al), cada nivel representa un evento diferente, siendo los más antiguos los de la base, obsérvese la presencia de fragmentos de troncos de árboles secos arrastrados por el flujo del año 2017, representado por flechas azules con bordes blancos.

Sector de Malvado:



Figura 12. Se puede apreciar un abanico aluvial (P-at) en la salida de la quebrada Huashua (Malvado) (línea de color rojo), que se formó en el año 2017, entre terrazas aluviales altas (Ta-al). Además, se observa las montañas en rocas intrusivas.



Figura 13. Se observa un depósito coluvial al pie de colinas y lomadas (Vertientes) escarpadas de origen intrusivo, generados por la combinación de meteorización y gravedad (En el sector de Malvado).

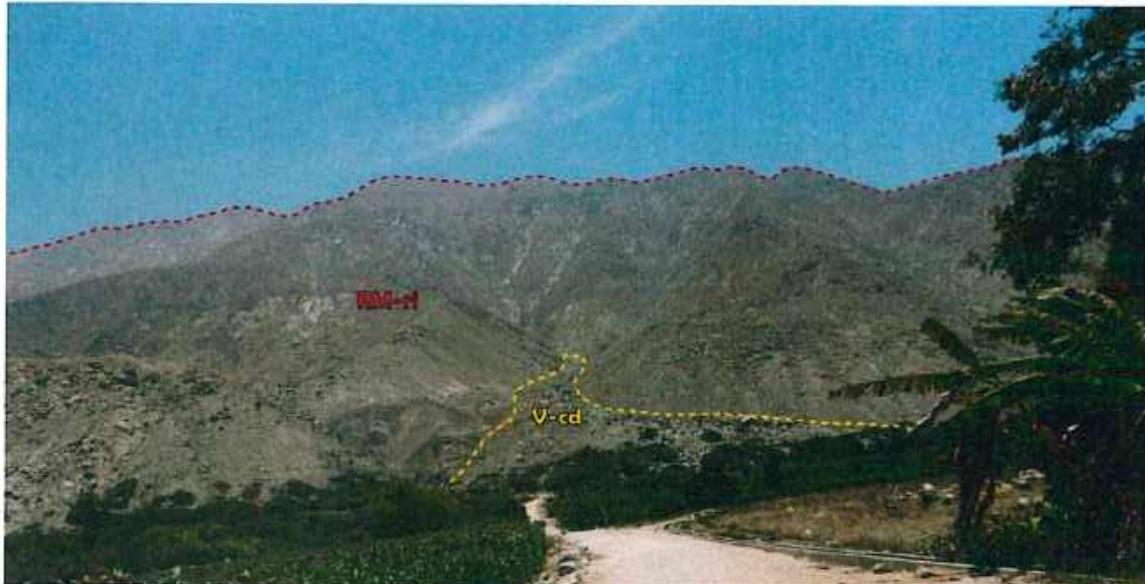


Figura 14. Obsérvese al depósito coluvio – deluvial en la ladera de una montaña intrusiva, ubicada en la entrada del poblado de Mandahuaz.



Figura 15. Obsérvese el depósito de vertiente coluvio – deluvial (V-cd), conformado por fragmentos de roca con diámetros de hasta 2.5 m englobados en una matriz areno limosa (sector de Malvado)

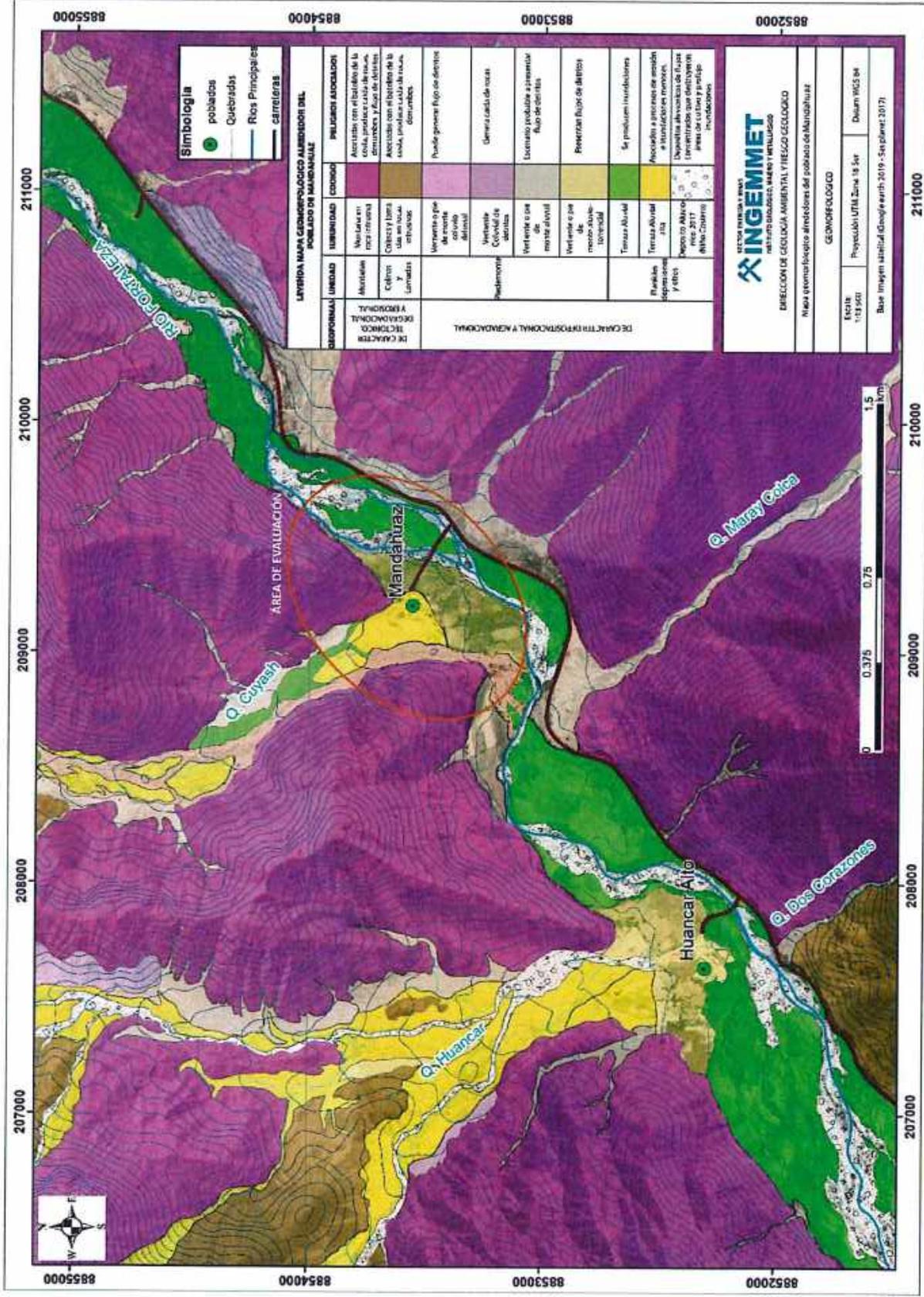


Figura 17. Mapa geomorfológico del sector de Mandahuaz (Elaboración Propia en base a imágenes satelitales y DEM Alos pasar 12px)-

5. PELIGROS GEOLÓGICOS y GEOHIDROLÓGICOS

En este apartado se identifican los peligros naturales cercanos a los poblados de Mandahuaz y Malvado, en este caso: peligros geológicos (Movimientos en masa) cartografiados en dos mapas (Figuras 28 y 29) e hidrometeorológicos (Inundaciones y erosión fluvial) (Figuras 30 y 31).

5.1 Peligros geológicos

Son de origen natural, Los movimientos en masa son parte de los procesos denudativos que modelan 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, 2007).

5.1.1 Caída 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 un desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido el material, cae desplazándose principalmente por el aire, y puede 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 & Varnes, 1996), es decir, con velocidades mayores a 5×10^1 mm/s.

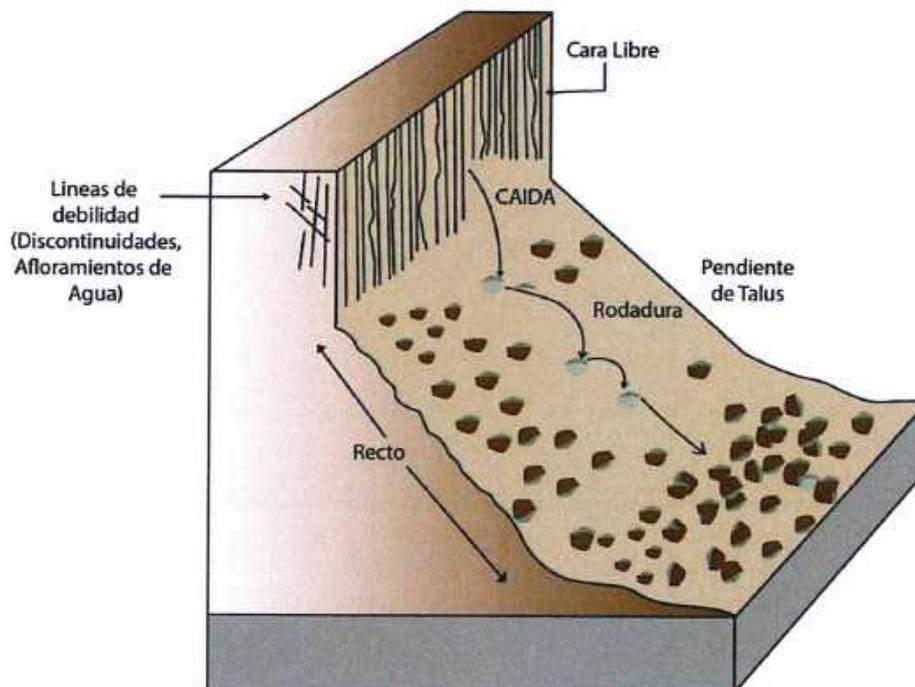


Figura 18. Movimientos seguidos por un bloque caído desde un Talud o ladera (Característico de una caída de rocas) (Modificado de Vílchez 2015)

Las zonas de evaluación (Malvado y Mandahuaz) presenta múltiples evidencias de caídas de roca, debido a la pronunciada pendiente de la ladera, fracturamiento y meteorización de las rocas ígneas.

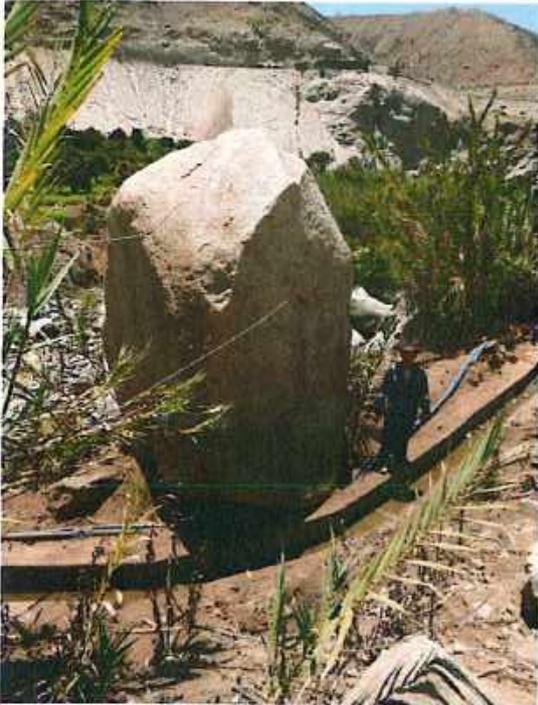
En la zona de estudio (Mandahuaz y Malvado) se observan rocas con fracturamiento abierto, esto se debe a la presencia de un sistema de diaclasas a favor de la pendiente que forman bloques por fracturamiento.



Figura 19. Se observa un bloque de roca (ancho: 4m aprox., longitud: 3m aprox., altura:3m aprox. propenso a caer en el sector de Malvado



Figura 20. Se observa una colina con pendiente fuerte, frentes rocosos escarpados, que muestra evidencia de caída de rocas en el sector de Mandahuaz (Y: 208803, X: 8854132)



Fotografía 8. Se observa un bloque caído de una ladera escarpada, que cayó sobre una manga de riego en el sector de Malvado (Y: 212033, X: 8856910).

5.1.2 Derrumbes.

Son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas, a lo largo de superficies irregulares de arranque o desplome como una sola unidad, desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros. Se presentan a lo largo de taludes de corte realizados en laderas de montaña de moderada a fuerte pendiente, con afloramientos fracturados y alterados de rocas sedimentarias, esquistos y depósitos poco consolidados. Sus volúmenes pueden ser considerables (varios m³) (Vílchez et al.,2019).

En Mandahuaz y Malvado se presentan como depósitos inconsolidados, conformados por bloques de formas angulares a subredondeados en una matriz areno-limosa, se encuentran en taludes de fuerte pendiente, considerados como zonas inestables



Figura 21. a) y b) Depósitos inconsolidados provenientes de derrumbes antiguos en los sectores de Malvado (a) y Mandahuaz (b).

5.1.3 Flujos

Flujo de detritos (huaico)

Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos (Varnes, 1978). Sus depósitos tienen rasgos característicos como albardones o diques longitudinales, canales en forma de “u”, trenes de bloques rocosos y grandes bloques individuales. Los flujos de detritos desarrollan pulsos usualmente con acumulación de bloques en el frente de onda. Como resultado del desarrollo de pulsos, los caudales pico de los flujos de detritos pueden exceder en varios niveles de magnitud a los caudales pico de inundaciones grandes. Esta característica hace que los flujos de detritos tengan un alto potencial destructivo. La mayoría de los flujos de detritos alcanzan velocidades en el rango de movimiento extremadamente rápido, y por naturaleza son capaces de producir la muerte de personas (Hungry, 2005).

Los flujos de detritos (Huaycos) del 2017 producto del fenómeno de “El Niño Costero” se originaron en la parte alta del río Fortaleza, se concentró en la intersección con el río Purísima y alimentó con el flujo que provinieron de las quebradas: San Marcos, Huacchua, Cuyash, Maray Colca y Huáncar, el huayco destruyó terrenos de cultivo, afectó obras de infraestructura hídrica (reservorios, canales, puentes), e inundó planicies con menos de 5°.



Fotografía N°9. Se observan depósitos provenientes del huaico que cubrió terrenos de cultivo (sector de Malvado) (X: 212144, Y: 8857620).

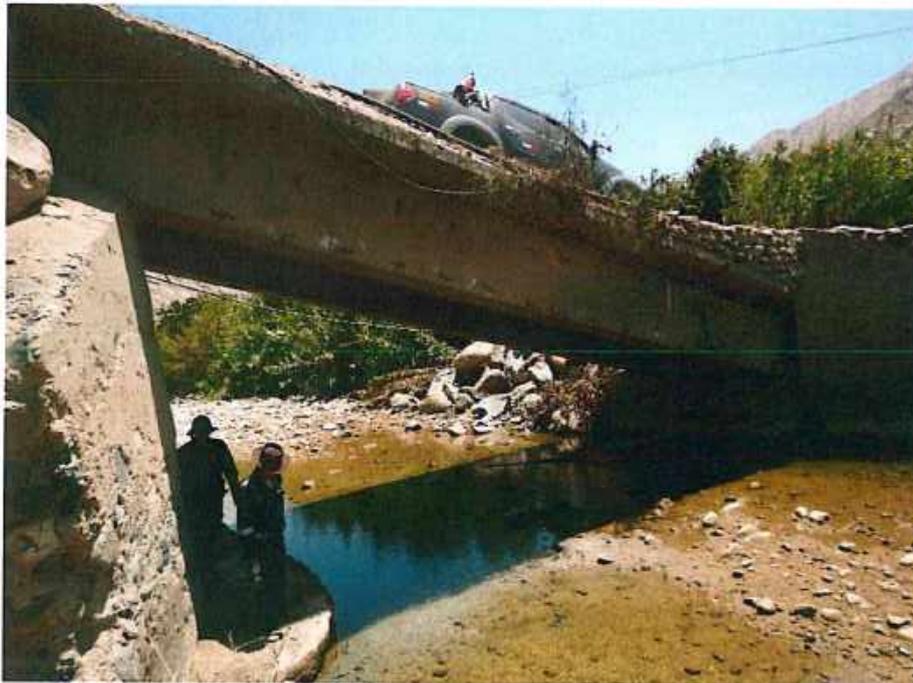


Fotografía N°10. Evidencias de árboles caídos, arrastrados, transportados y depositados junto con material aluvionico en el sector de Malvado (X: 212236, Y: 8857163).



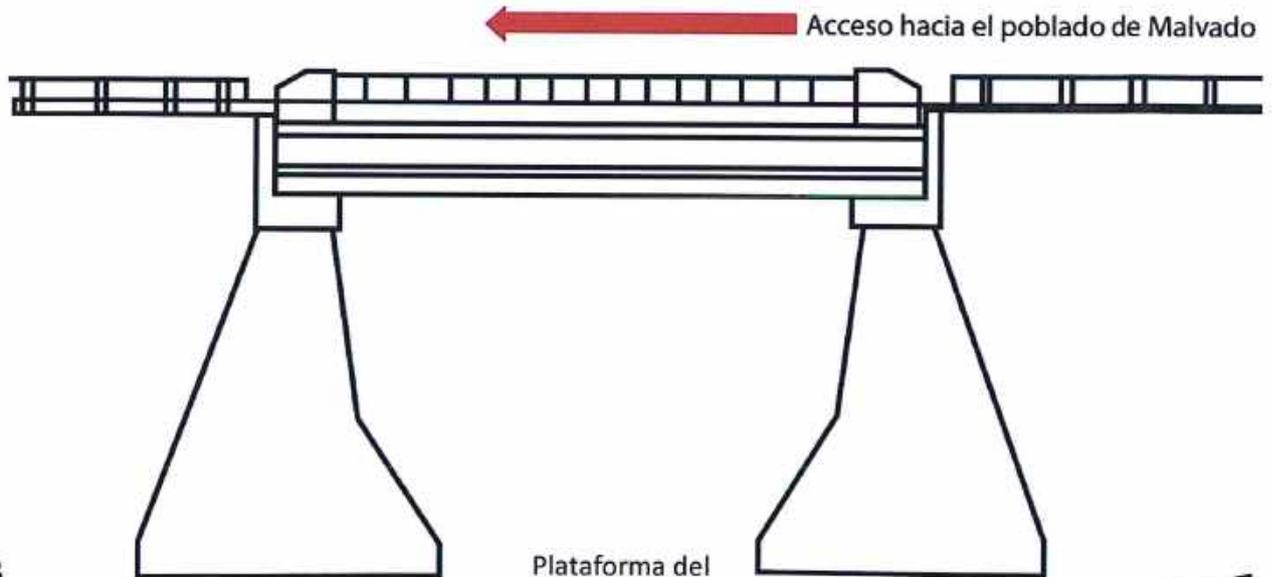
Fotografía N°11. Lado derecho del puente de acceso al poblado de Mandahuaz, donde se observa una antigua estación meteorológica del SENAMHI completamente destruida por el huaico del 2017, los equipos fueron retirados y actualmente se encuentran inoperativa.

Cabe resaltar que uno de los efectos de mayor relevancia producidos por el huaico, fue la destrucción parcial del estribo derecho del puente del poblado de Malvado y debilitamiento del estribo izquierdo.



Fotografía 12. Muestra el estado actual del puente de Malvado (Única vía de acceso), obsérvese el estribo destruido (derecho) por el impacto del huaico del 2017.

A



B

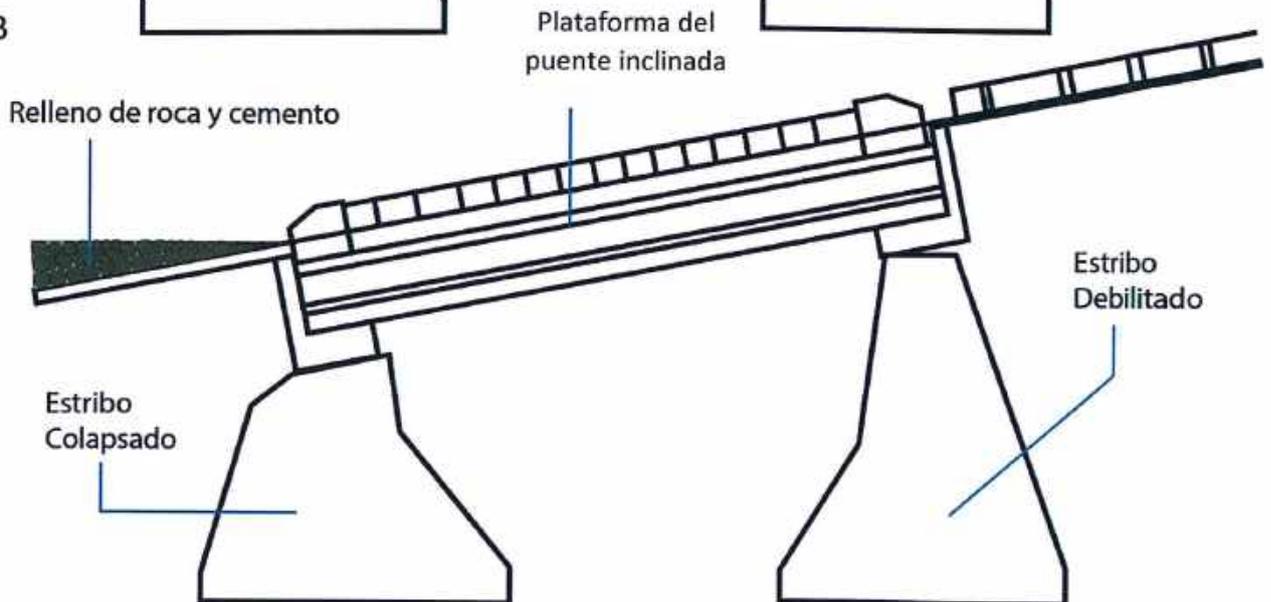


Figura 22. Esquema gráfico del puente de Malvado (antes y después del huaico del 2017) **A)** muestra la integridad de los estribos. **B)** muestra el colapso del estribo de la margen derecha del puente de Malvado y como la tabla del puente quedo simplemente apoyada en lo remanente del estribo. Para evitar el aislamiento del poblado los lugareños rellenaron la loza de aproximación de la margen derecha con cemento y roca (logrando nuevamente el tránsito de camionetas y vehículos livianos).

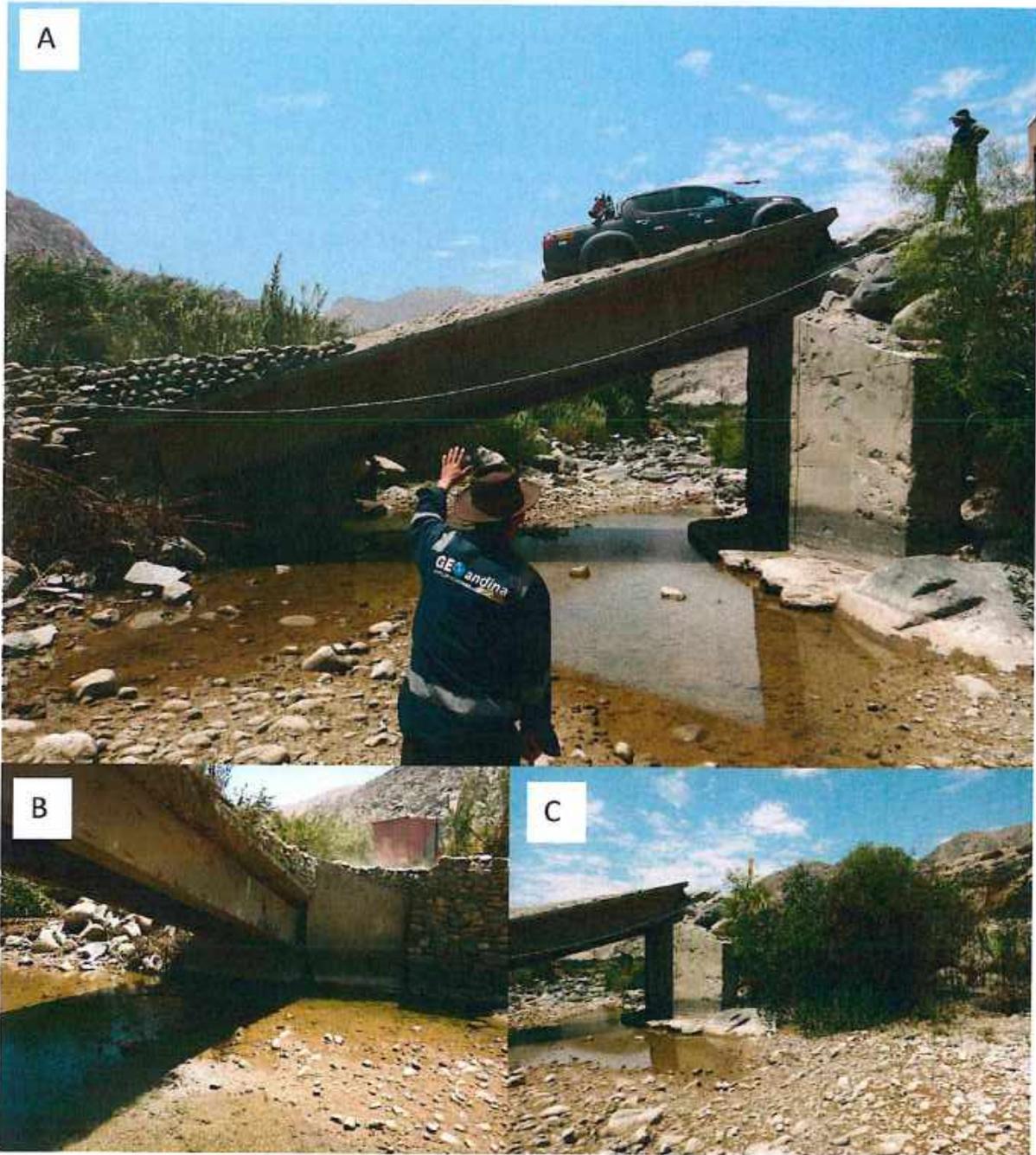


Figura 23. A) Estado actual del puente Mandahuaz, B) estribo de la margen izquierda y C) estribo de la margen derecha, Nótese el grado de daño fracturas y aberturas en ambos estribos que evidencian la inestabilidad del mismo.

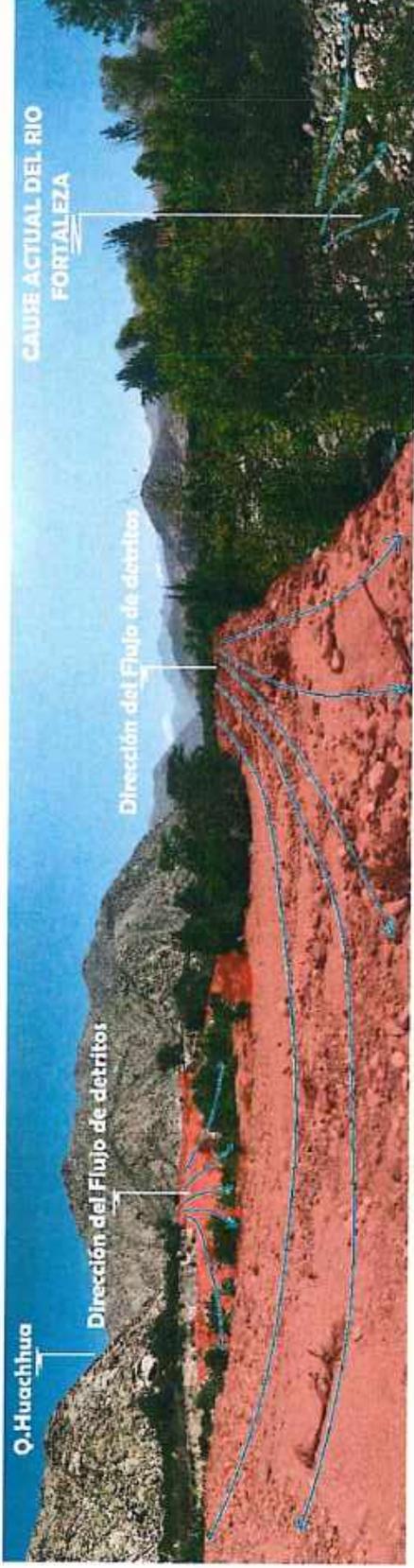


Figura 24. Se representan evidencias del huaico del 2017 provenientes de la parte superior del río Fortaleza alimentados por flujos provenientes de la quebrada Huachhua, que destruyeron zonas de cultivo en el sector Malvado.

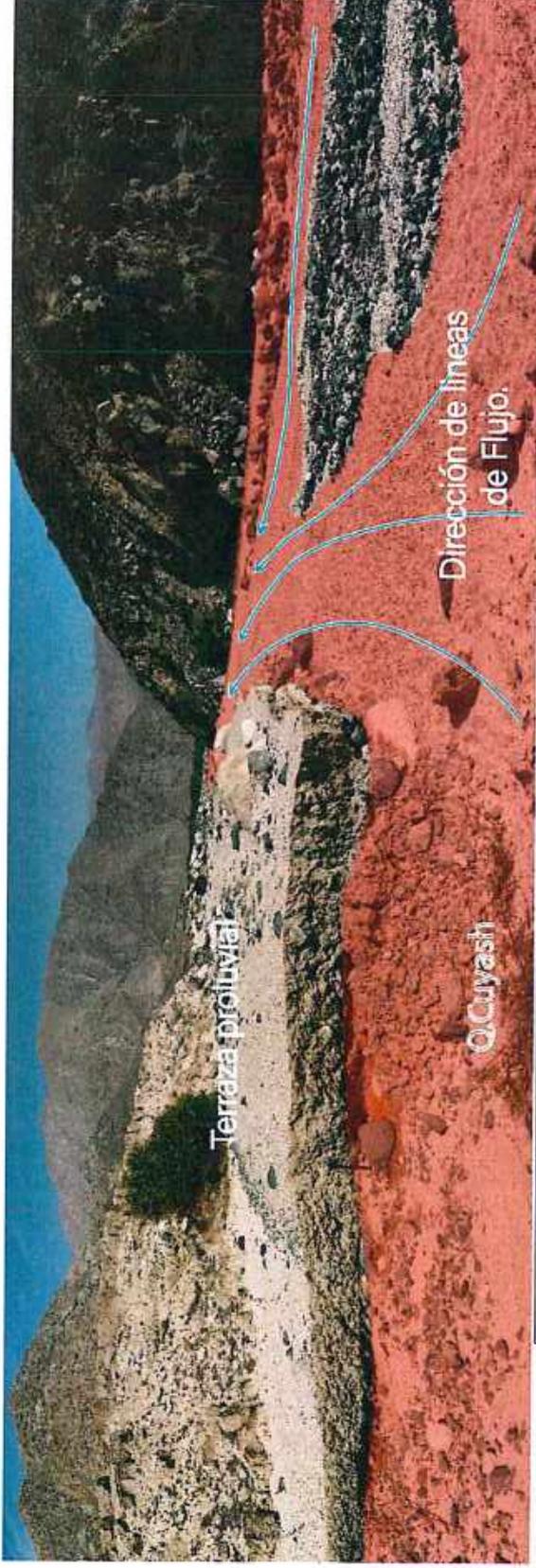


Figura 25. Evidencias de huaico 2017 proveniente de la quebrada Cuyash. (Mandahuaz).

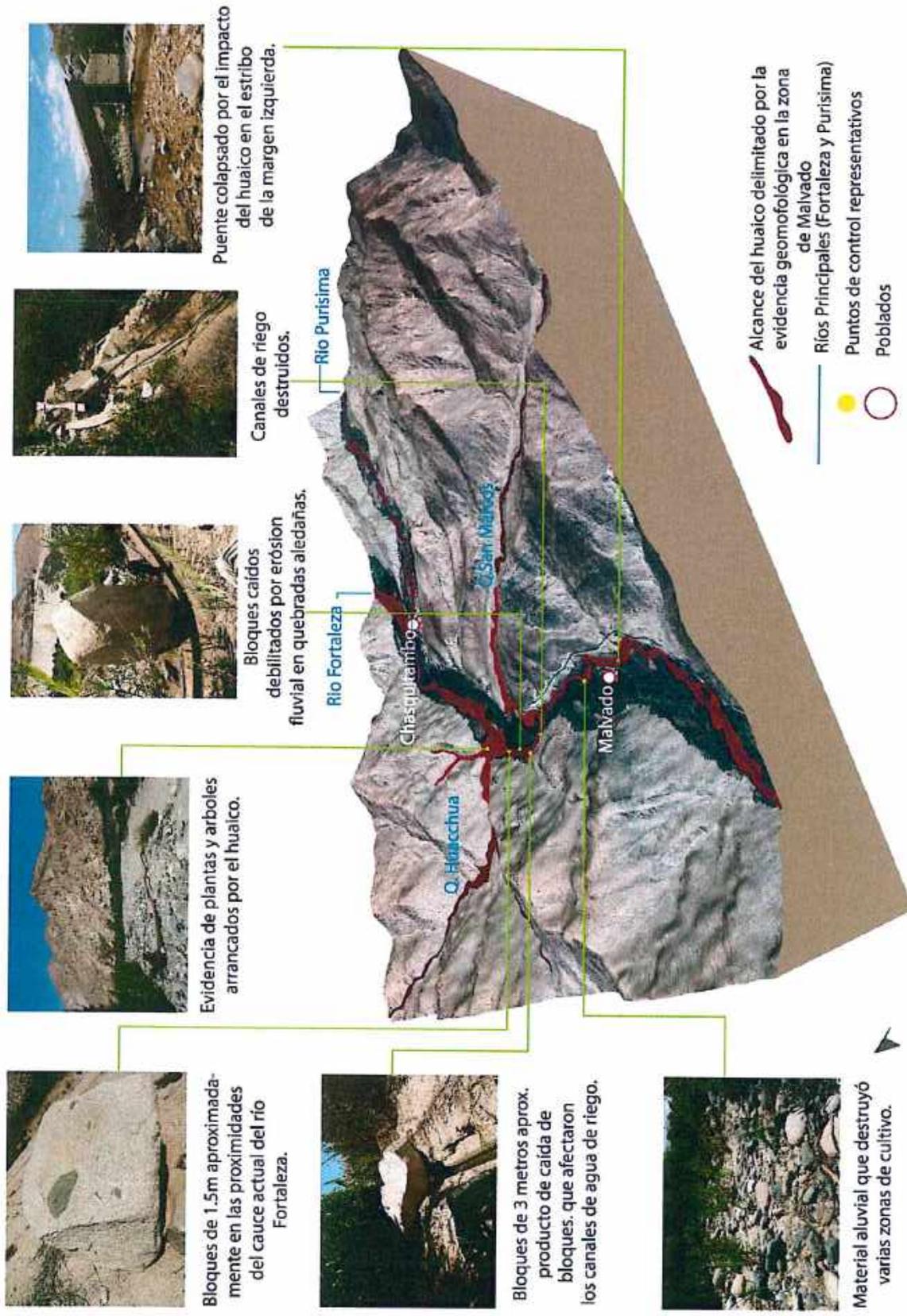


Figura 26: Modelo 3D del evento de flujo aluvial del año 2017 en el poblado de Malvado, los límites fueron digitalizados en base a la evidencia geomorfológica hallada en la zona de estudio

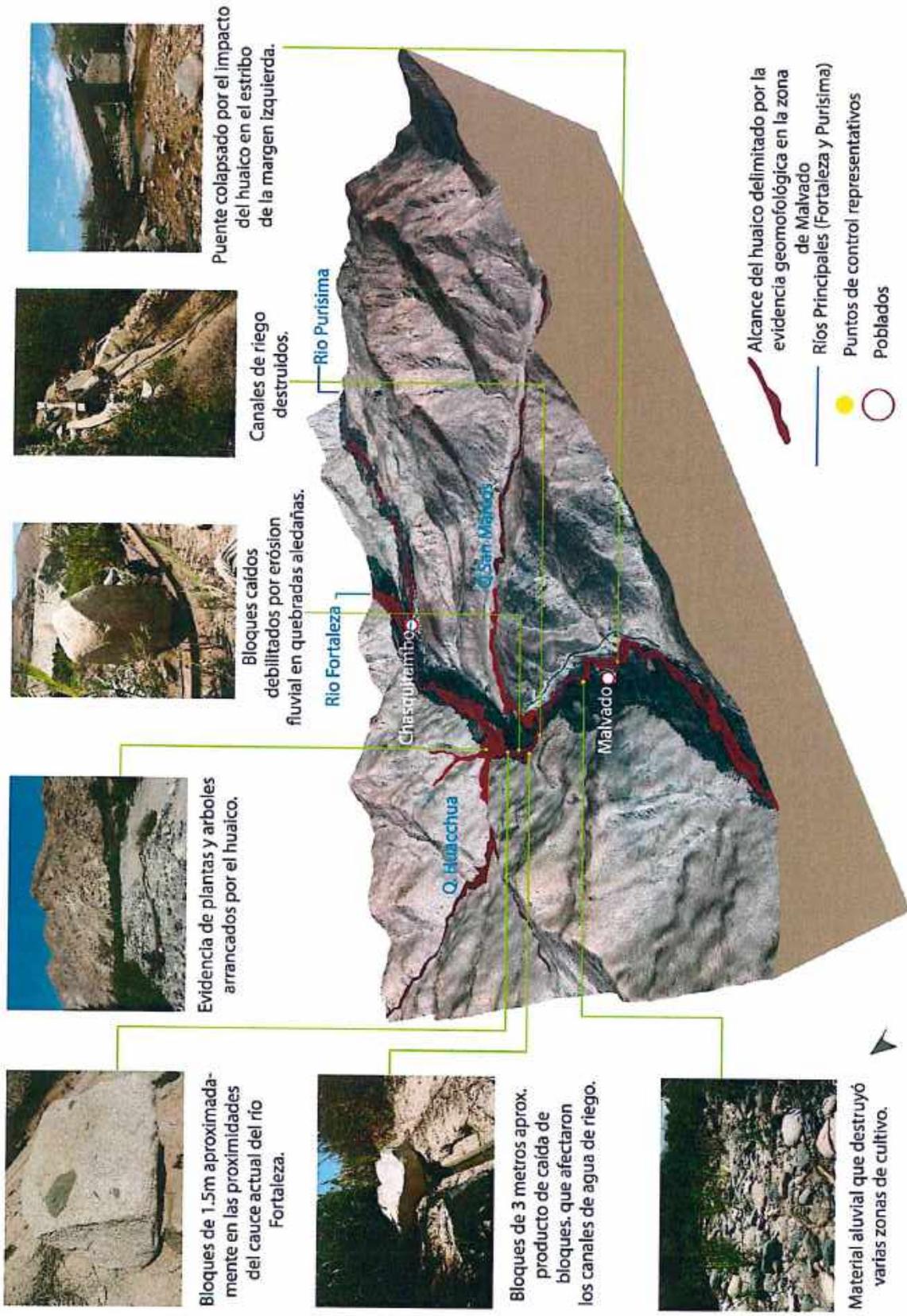
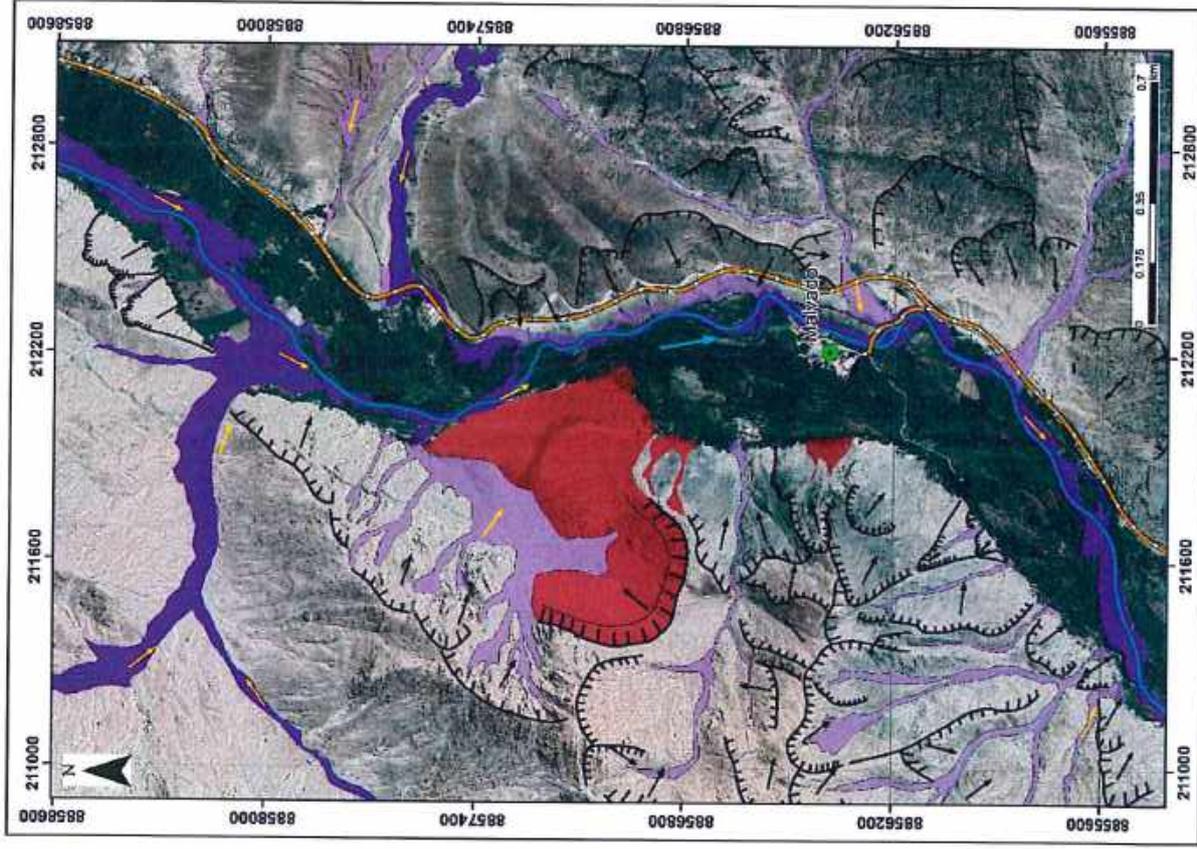


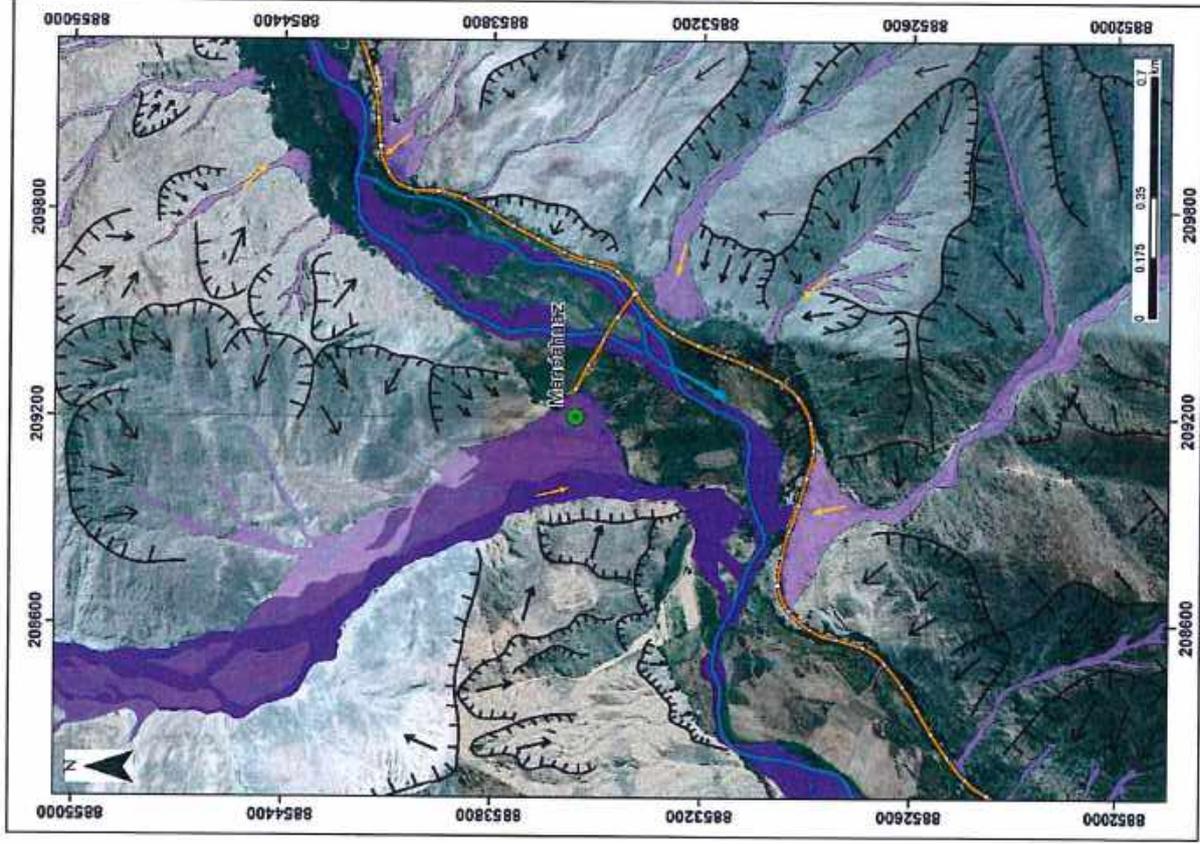
Figura 27: Modelo 3D del evento de flujo aluvial del año 2017 en el poblado de Mandahuaz, los límites fueron digitalizados en base a la evidencia geomorfológica hallada en la zona de estudio



- LEYENDA**
- FLUJO DE DETRITOS (HUAICOS) RECIENTES
 - FLUJO DE DETRITOS (HUAICOS) ANTIGUOS 1
 - FLUJO DE DETRITOS (HUAICOS) ANTIGUOS 2
 - COLAPSO O DERRUMBIE
 - ESCARPE DE CAIDA DE ROCAS
 - DIRECCIÓN DEL RÍO FORTALEZA
 - RÍO PRINCIPAL (FORTALEZA)
 - DRENAJES
 - VIAS
 - POBLADO DE MALVADO

<p>SECTOR ENERGÍA Y MINAS INGEMMET INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico</p>	
ACT-07: Evaluación de Peligros Geológicos a Nivel Nacional	
MAPA DE PELIGROS POR MOVIMIENTOS EN MASA ALREDEDORES DE MALVADO	FIGURA 28
Escala: 1:11 500 DATUM: UTM WGS 84 Zona: 18 Sur Versión digital, Año 2019	

Figura 28: Mapa de movimientos en masa alrededores del poblado de Malvado



LEYENDA

-  FLUJO DE DETRITOS (HUAICOS) RECIENTES
-  FLUJO DE DETRITOS (HUAICOS) ANTIGUOS 1
-  FLUJO DE DETRITOS (HUAICOS) ANTIGUOS 2
-  COLAPSO O DERRUMBIE
-  ESCARPE DE CAIDA DE ROCAS
-  DIRECCIÓN DEL RÍO FORTALEZA
-  RÍO PRINCIPAL (FORTALEZA)
-  DRENAJES
-  VIAS
-  POBLADO DE MANDAHUAZ

 INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico	
ACT-07: Evaluación de Peligros Geológicos a Nivel Nacional	
MAPA DE PELIGROS POR MOVIMIENTOS EN MASA ALREDEDORES DE MANDAHUAZ	FIGURA 29
Escala: 1:11 500 DATUM: UTM WGS 84 Zona: 18 Sur Versión digital, Año 2019	

Figura 29: Mapa de peligros geológicos alrededores del poblado de Mandahuaz.

5.2 Peligros Geohidrológicos.

Los poblados de Mandahuaz y Malvado se encuentran en las márgenes del Río Fortaleza, además de ello, Mandahuaz se ubica en la saliente de quebrada Cuyash, sobre un abanico aluvial antiguo, a esto se debe añadir que las áreas correspondientes a zonas de agricultura se encuentran en terrazas bajas de valle, haciéndoles susceptibles a sufrir daños por las crecidas de ríos (Avenidas), procesos de inundación y erosión fluvial

Las avenidas se caracterizan por su frecuencia probable de ocurrencia o período de retorno, definiendo así la avenida en mensual, anual, decenal, centenaria, milenaria, etc., a cada una de las cuales corresponderán mayores valores de caudal y nivel de aguas a alcanzar, inundando superficies crecientes en las márgenes. (Núñez, 2012).

Se ha elaborado un mapa para evaluar la susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial (figuras 28 y 29), en los sectores de Mandahuaz y Malvado, mediante la sobreposición de mapas con la herramienta Raster Calculator del SIG "ArcGis", para ello se han utilizado los mapas geomorfológicos (elaborados) y los mapas de pendiente con un peso de 60 y 40%,

Los resultados muestran que tanto los Poblados de Mandahuaz como Malvado se encuentran en zonas de susceptibilidad alta a fenómenos de inundación, usualmente estos terrenos presentan pendientes menores a 5°, clasificándose como terrazas bajas, las inundaciones en estas zonas se pueden producir después de un debris flow (Huayco), por lluvias estacionales y sobre todo por precipitaciones extraordinarias (caso del Niño Costero del 2017).

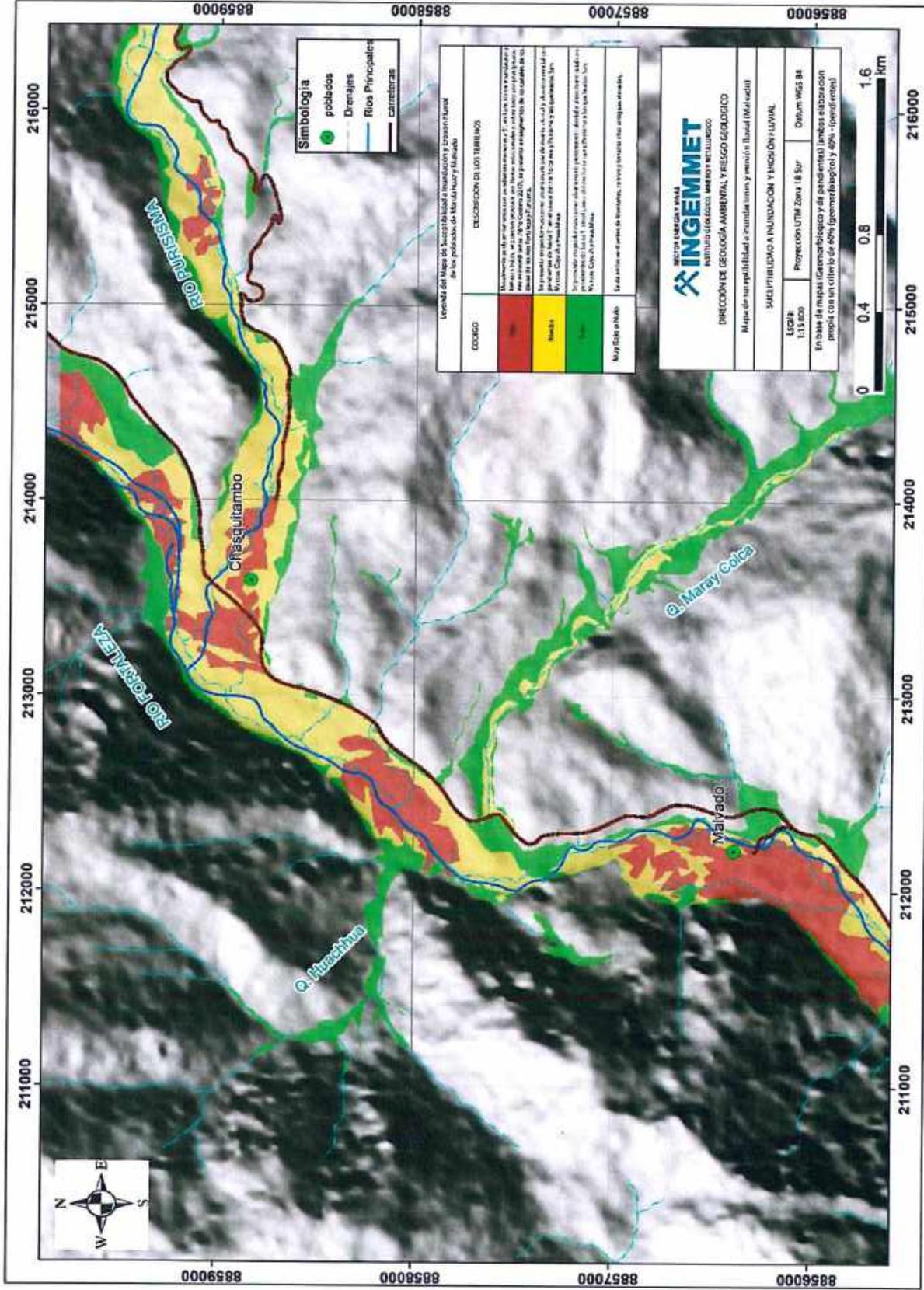


Figura 30: Mapa de susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial en el sector de Malvado.

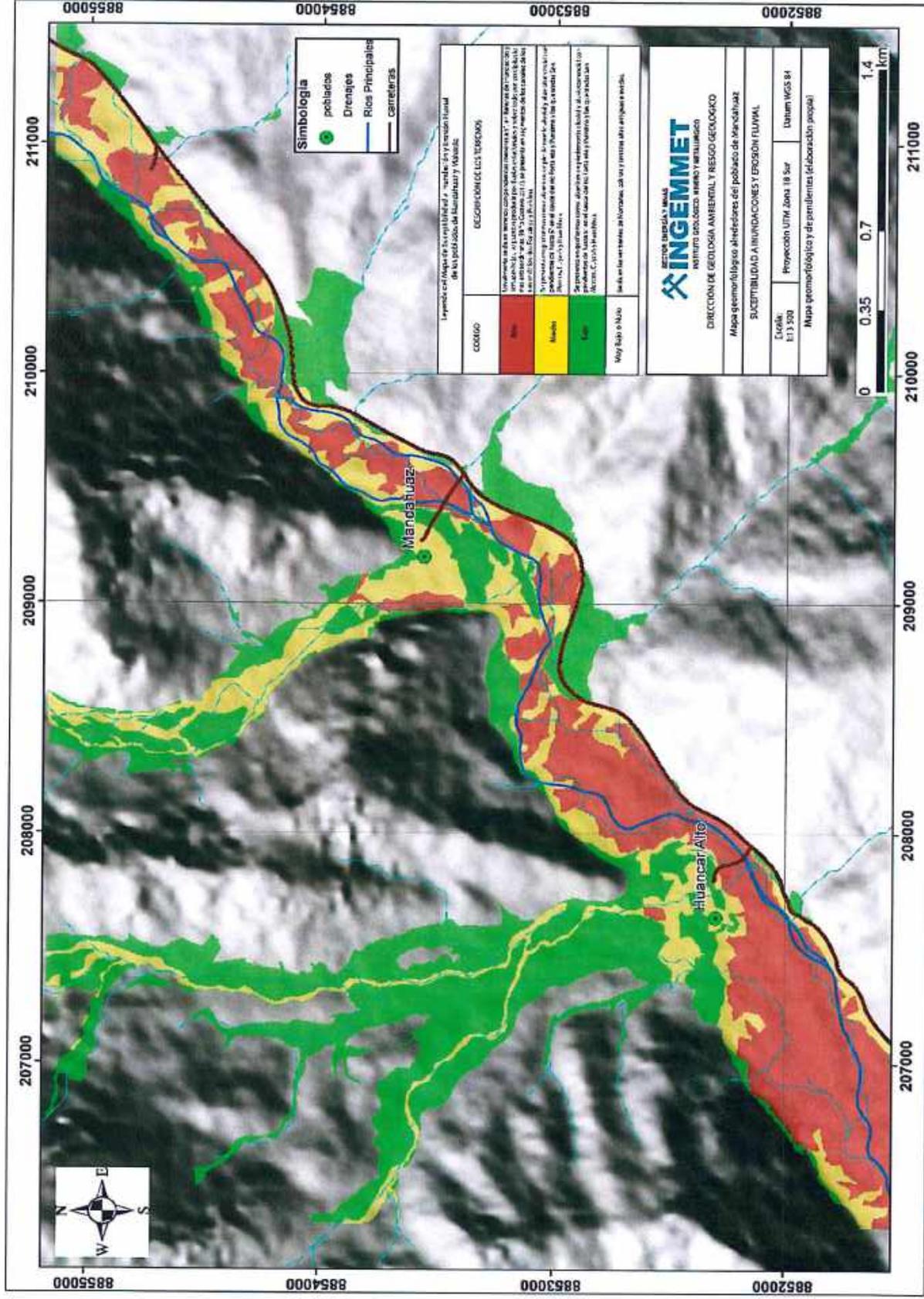


Figura 31: Mapa de susceptibilidad a inundaciones y erosión fluvial en el sector de Mandahuaz

CONCLUSIONES

- a) Los sectores de Mandahuaz y Malvado se encuentran rodeados de Montañas y Lomadas de origen volcánico (Batolito de la Costa), las cuales se encuentran altamente fracturadas, estas rocas son altamente propensas a ceder y pueden seguir afectando las obras hídricas destruyendo obras de carácter hídrico como (Canales, canaletas y reservorios).
- b) El poblado de Mandahuaz se encuentra sobre una terraza aluvial alta, con evidencias de flujos de detritos (huaicos) provenientes de la quebrada Cuyash y del cauce del río Fortaleza, que presenta peligros de huaicos y avenidas (o crecidas de ríos), cuando se vuelvan a producir precipitaciones extraordinarias.
- c) El poblado de Malvado se encuentra sobre terrazas aluviales bajas de pendientes llanas (<1°) y pendientes suaves (1 a 5°), este poblado se encuentra más cerca al cauce principal del río Fortaleza, reduciendo el peligro de caída de bloques a las viviendas, pero aumentando su exposición a peligro de flujo de detritos (huaicos), inundaciones y erosión fluvial producidos por lluvias estacionales o extraordinarias que ya se han dado y volverán a repetirse.
- d) De acuerdo a los registros y evidencias mostradas en campo y la comparativa de imágenes satelitales (anteriores y posteriores al 2017), se deduce que el ultimo evento que afecto a los poblados de Malvado y Mandahuaz fue el del año 2017, producido por las precipitaciones extraordinarias del fenómeno de "El Niño Costero", ocasionó inundaciones y destruyo zonas de cultivo en ambos sectores.
- e) El evento de "El Niño Costero", en las zonas de Malvado y Mandahuaz desencadeno flujos de detritos (huaicos) que destruyo terrenos de cultivo, afectó importantes obras de infraestructura (puente de Malvado y saneamiento en Mandahuaz), además provocó inundaciones en ambos poblados.
- f) Los sectores de Mandahuaz y Malvado (zonas urbanas y de agricultura) se encuentran en zonas de susceptibilidad alta a peligros hidrometeorológicos (avenidas, inundación y erosión fluvial).


Ing. NORMA LUZ SOBA SENTICALA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET

RECOMENDACIONES

- Las autoridades en funciones deben preparar a las poblaciones para reaccionar de manera oportuna frente a fenómenos naturales (huaicos e inundaciones) recurrentes y extraordinarios (fenómeno de “El Niño”), para evitar pérdidas humanas y tomar conciencia de los peligros geológicos que presentan sus poblados.
- No se debe considerar como áreas de expansión urbana las cercanías a los cauces del río Fortaleza, y los poblados de Mandahuaz y Malvado deberían ser reubicados en forma paulatina.
- Construir barreras dinámicas de protección contra caídas de rocas (mallas de cable de acero entrelazado, soportadas por postes de acero debidamente cementados y anclados a la ladera y unidos entre sí por cables), en los segmentos más transitados (zonas urbanas, agrícolas y por donde pasen los canales de agua y reservorios)
- En las quebradas afluentes (Huachhua, Moray Colca, Cuyash, Huancar, Dos Corazones y San Marcos) construir muros disipadores de energía, con el propósito de disminuir la carga de sedimentos. Los cuales desembocan en el cauce del río Fortaleza.
- Se recomienda descolmatar el cauce del río Fortaleza.
- Construir un nuevo puente, que permita el acceso seguro al poblado de Malvado, para ello se debe de considerar un estudio a detalle que contemple un rediseño del mismo, esta obra debe ser complementada con un sistema de defensa ribereña.


.....
Ing. CÉSAR A. CHACALTANA BUDIEL
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET


.....
Ing. NORMA LUZ SOSA SENTICALA
Especialista en Peligros
Geológicos
INGEMMET

BIBLIOGRAFIA

- Cobbing & Sánchez (1996). Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca 20-h, 20-i, 20-j, 21-i, 21-j – [Boletín A 76]
- Concha, et al., (2017). Evaluación Geológica de las zonas afectadas por el Niño Costero 2017 en la región Ancash, 45 p.
- Cruden, D. M., Varnes, D.J., (1996). Landslides types and processes, en Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washintong D. C, National Academy Press, Transportati3n researchs board Special Report 247, p. 36-75.
- Fidel, L., Zavala, B., Núñez, S. y Valenzuela, G. (2006). Estudio de Riesgos Geológicos del Perú – Franja N° 4. INGEMMET, Serie C: Geología e Ingeniería Geológica, Boletín N° 31, Lima.
- Hungr, O., (2005). Classification and terminology, en Jakob, M., y Hungr, O., ed., Debris flow hazard and related phenomena: Chichester, Springer-Praxis, p. 9–23.
- Hungr, O., Evans, S.G., Bovis, M., y Hutchinson, J.N. (2001). Review of the classification of landslides of the flow type: Environmental and Engineering Geoscience, v. 7, p. 22–238.
- Hoek, E., & Bray, J. W. (1981). Rock slope engineering. Institution of Mining and Metallurgy, 358 p. ENFEN (2017). Informe técnico extraordinario N° 001-2017/ENFEM-El Niño Costero 2017. (consulta: 26 de julio de 2017). Disponible en: http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_infteo_informe__tecnico_extraordinario_001_2017.pdf
- 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.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides analysis and control: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 176.
- Vilchez, M; Ochoa, M; Pinto, W (2019) Peligro Geológico en la región Ica, INGEMMET, Serie C: Geodinámica e ingeniería geológica. Boletín N° 67.