

Informe Técnico N° A6660

# Peligros Geológicos en la comunidad campesina Jarahuaña

Región Puno, Provincia Sandia,  
Distrito Patambuco, Paraje Jarahuaña



POR:  
LUCIO MEDINA ALLCCA

SETIEMBRE 2014

## **CONTENIDO**

- 1.0 INTRODUCCIÓN
- 2.0 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA
- 3.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS
- 4.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS
  - 4.1 PENDIENTE DE LOS TERRENOS
  - 4.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS
- 5.0 PELIGROS GEOLÓGICOS IDENTIFICADOS
- 6.0 SUSCEPTIBILIDAD A LA OCURRECIA DE DESLIZAMIENTOS
- 7.0 PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS
- CONCLUSIONES
- RECOMENDACIONES
- REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA
- ANEXO I: MAPAS

## “PELIGROS GEOLOGICOS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA JARAHUAÑA”

DISTRITO PATAMBUCO – PROVINCIA SANDIA – REGIÓN PUNO

### 1.0 INTRODUCCIÓN

El Presidente del Gobierno Regional de Puno, mediante Oficios **N° 594-2014-GR. PUNO/PR**, de fecha 16 de mayo 2014, se dirige a la Presidenta del Consejo Directivo del Ingemmet para reiterar solicitud de evaluación por PELIGRO INMINENTE por deslizamiento de tierra y derrumbe de roca en los distritos de San Pedro de Putina Punco y Patambuco. Así mismo, sobre el mismo asunto, el responsable de la Secretaría de Gestión del Riesgo de Desastres de la Presidencia del Consejo de Ministros, mediante Oficio N° 280-2014-PCM/SGRD, de fecha 20 agosto 2014, dirigida a la Presidenta del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (Ingemmet), remite solicitud de validación de estudio en localidades de la Región Puno.

Atendiendo a los documentos antes mencionados y por encargo del Presidente del Consejo Directivo del Ingemmet, el Director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico del Ingemmet, designó al Ing. Lucio Medina Allcca para realizar la inspección técnica de peligros geológicos ubicados en el Barrio Selva Alegre, distrito de San Pedro de Putina Punco y en la comunidad campesina de Jarahuaña, distrito Patambuco, provincia de Sandia, Departamento de Puno entre los días 24 al 30 de setiembre.

Previo a los trabajos de campo, en la ciudad de Puno, el Responsable de la Oficina Desconcentrada (OD-Puno) del Ingemmet realizó coordinaciones ante la Presidencia del Gobierno Regional de Puno para que brinde las facilidades con movilidad para el desplazamiento del experto en evaluación de Peligros Geológico.

Los trabajos de inspección se realizó con la presencia, autoridades locales del Distrito de Patambuco (Regidores de la Municipalidad, Gobernador de Distrital, Agente Municipal y Presidente de la Comunidad) y un profesional representante de la Sub Gerencia de Defensa Civil del Gobierno Regional de Puno.

En el presente informe de inspección, contiene datos de observaciones realizadas en campo y la información disponible de trabajos anteriores realizados en el área. Incluye texto, ilustraciones y fotografías del área, así como conclusiones y recomendaciones.

## 2.0 CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

El área de estudio abarca la zona poblada de la Comunidad Campesina de Jarahuaña y alrededores donde habitan aproximadamente más de 111 familias.

La Comunidad Campesina de Jarahuaña pertenece al distrito de Patambuco, provincia de Sandia, Departamento Puno, a una altitud promedio de 3650 m s.n.m.

El área evaluada está comprendida entre las coordenadas UTM: 8410200 – 8411200 Norte y 434600 – 435800 Este. Figura 1.

Se accede al área desde Lima, por vía aérea hasta Juliaca. De Juliaca se viaja por vía terrestre pasando por los poblados de Putina, Patambuco, hasta la Comunidad Campesina de Patambuco.

Según el SENAMHI (2003.), las precipitaciones pluviales durante el periodo lluvioso normal (mayo-Septiembre) se encuentra entre el rango de 800 a 1200 mm, y durante el fenómeno El Niño entre 800 a 1000 mm.

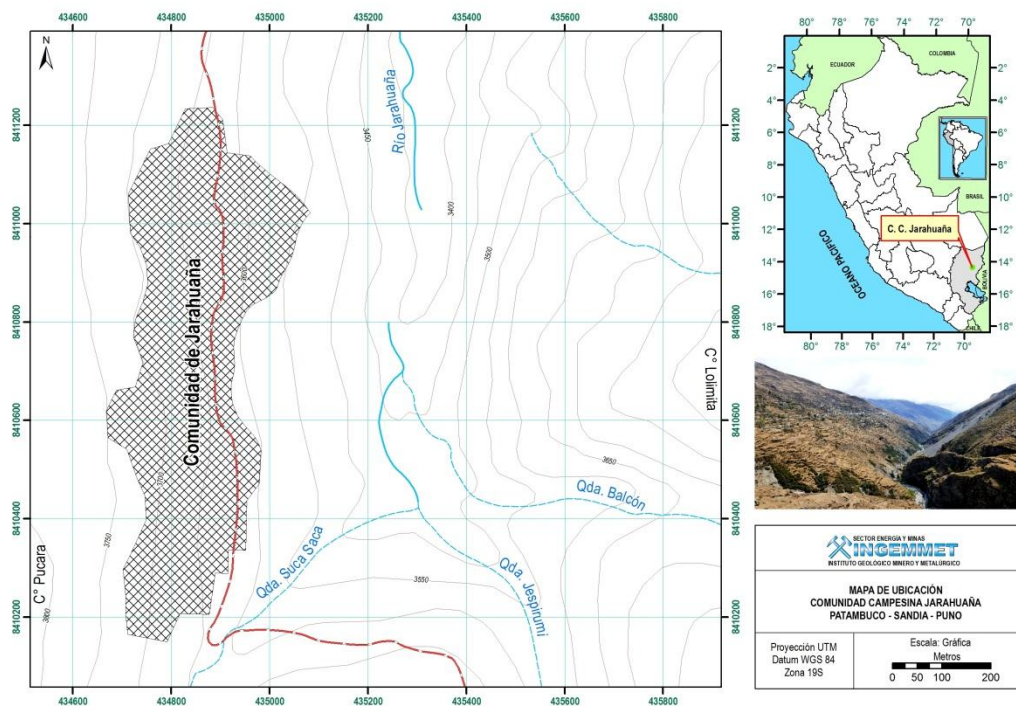


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

La mayoría de viviendas de la comunidad de Jarahuaña están construidas en base a piedras y adobe, cuyas paredes de encuentran fisuradas. Ver Foto 1.



Foto 1. Viviendas con paredes fisuradas.

### 3.0 ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio, se desarrolló teniendo como base la Cartas Geológicas del Perú: Mapa Geológico del Cuadrángulo de Limbani, Hoja 29-x, escala 1:100 000 (Sánchez & Zapata, 2001). Publicado por Ingemmet. También se trabajó en base a la interpretación de fotografías aéreas, imágenes de satélite (disponibles en ArcGIS Online) y observaciones de campo.

#### 3.1 ESTRATIGRAFÍA

Las unidades geológicas que afloran en el área de estudio, corresponden a rocas metamórficas muy antiguas del Ordovícico, Silúrico y depósitos cuaternarios (Mapa 1), diferenciándose las siguientes formaciones:

##### **Formación Sandia (Os-s)**

Nombre dado por Laubacher (1973) para una secuencia de cuarcitas y rocas pelíticas pizarrosas, regionalmente se extiende a lo largo del flanco este del valle del río Sandia y en la cordillera Oriental. En general el ángulo de buzamiento de la secuencia tiene una orientación predominante hacia el noreste.

Estructuralmente se halla bastante fracturado y plegado formando pliegues incluso invertidos o echados, en algunos casos fallados.

Por su competencia esta unidad presenta morfología abruptas, generando, valles profundos y encañonados.

En la zona de estudio, los afloramientos rocosos de la Formación Sandia son observables en la cumbre del cerro Lolimita. Se encuentra infrayaciendo a una secuencia de pizarras gris oscuras, azuladas que constituyen la Formación Ananea en un contacto fallado inversamente.

### **Formación Ananea (SD-a)**

Nombre asignado por Laubacher (1973) a una gruesa secuencia de pizarras gris oscuras, azuladas, laminares y foliadas, con niveles micáceos y cuarcitas lenticulares ocasionalmente.

Regionalmente su morfología se caracteriza por relieves suaves, sin embargo, para la zona de estudio se presenta muy deformado y con morfología abrupta (Foto 2), formando valles angostos.

En la zona de estudio, los afloramientos rocosos de la Formación Ananea suprayace a la Formación Sandia en un contacto fallado inversamente como producto de una tectónica comprensiva. Además, el macizo rocoso ubicado en la margen izquierda se encuentra intensamente deformado, fracturado y cubierto por depósitos coluviales y antropogénicos (Foto 3).



Foto 2. Afloramiento rocoso de la Formación Ananea ubicada en la margen derecha del río Jarahuaña.



Foto 3. Afloramiento rocoso fracturado de la Formación Ananea ubicada en la margen izquierda del río Jarahuaña.

#### **Depósito glaciar (Q-gl)**

Se ha identificado restos de depósitos glaciares al noroeste y al sur oeste de la zona poblada de la comunidad de Jarahuaña.

#### **Depósito coluvial (Q-co)**

A los coluviales se les reconoce por su geometría y deben su origen a movimientos en masa como deslizamientos, derrumbes, caída de rocas, entre otros, con fuente de origen cercana. Están formados por material grueso de naturaleza homogénea, heterométricos, mezclados con materiales finos como arena, limo y arcilla en menor proporción. Se presentan conolidados a no consolidados. Depósitos antiguos pueden presentar algo de consolidación. Su distribución es caótica constituyendo talus de escombros, detritos de ladera y piedemonte.

Los depósitos coluviales han sido aprovechados por los pobladores de la comunidad de Jarahuaña para preparar tierras de cultivo tal como se puede apreciar en la Foto 4.

#### **Depósito fluvial (Q-fl)**

Caracterizado por presentarse en el curso del río. Litológicamente está compuesto por fragmentos rocosos heterogéneos (bolos, cantos gravas,

arenas, etc.) transportados por la corriente del río Jarahuaña y sus tributarios a grandes distancias y depositados en forma de terrazas, removibles por el curso actual del río.

### Depósito Antropógeno (Q-an)

Se considera dentro de esta unidad, a los depósitos de material coluvial modificado por el hombre para terrenos de cultivo y construcción de sus viviendas (rellenos). Foto 4.

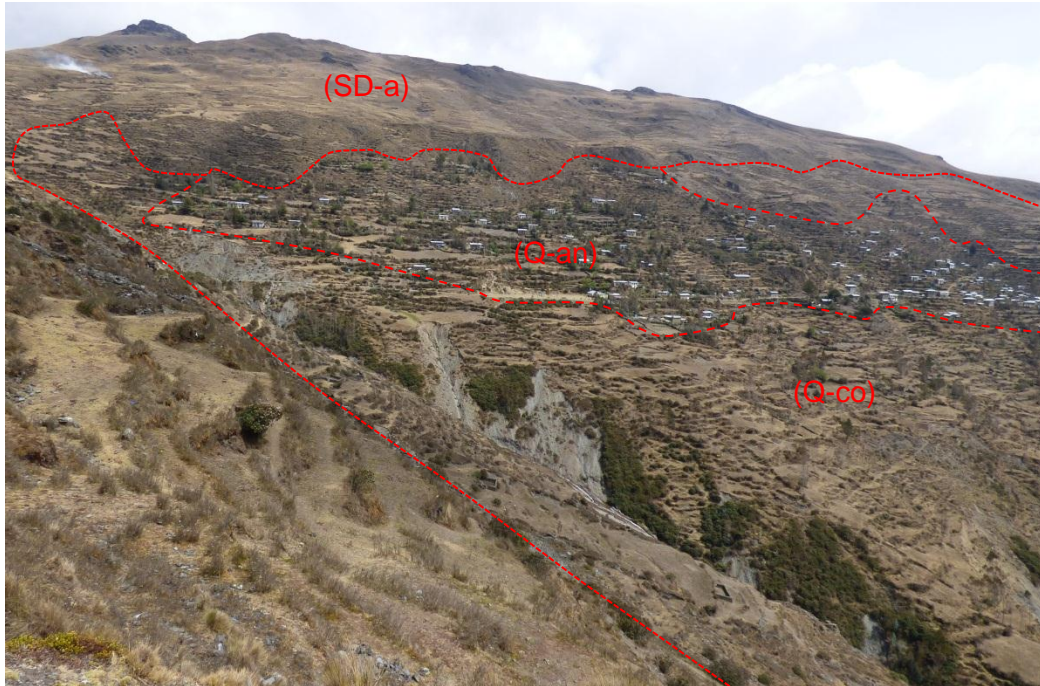


Foto 4. Vista panorámica del afloramiento rocoso de la Formación Ananea (SD-a); Depósitos antropógenos (Q-an) y coluviales (Q-co). Ubicados en la margen izquierda del río Jarahuaña.

## 4.0 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

En general, desde el punto de vista morfoestructural regional, el área de estudio se ubica en la Cordillera Oriental del Perú disectada por varios cursos de ríos y quebradas.

En la zona, se exhiben valles con vertientes escarpadas o pendientes muy fuertes modeladas en rocas metamórficas (Foto 5); los cauces de los ríos descienden con pendiente fuerte y escarpada hacia la vertiente del atlántico.





Foto 5. Valles con vertientes escarpadas y pendientes muy fuertes (Río Jarahuaña).

#### 4.1 PENDIENTE DE LOS TERRENOS

Uno de los aspectos importantes para la descripción de las unidades geomorfológicas aparte del relieve, es la pendiente de los terrenos (laderas).

La pendiente, es uno de los principales factores dinámicos y particularmente de los movimientos en masa, ya que determinan la cantidad de energía cinética y potencial de una masa inestable (SÁNCHEZ, 2002), 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 masa, en laderas y cauces cuya pendiente principal varía entre media a fuerte ( $> 30^\circ$ ), también es más alta la erosión de laderas (laminar, surcos y cárcavas) en colinas o montañas, ya que a mayor pendiente se facilita el escurrimiento superficial y por ende la erosión hídrica o pluvial. Vilchez et al., 2013.

Sin embargo, algunos procesos lentos como la reptación de suelos y ocasionales deslizamientos, ocurren con un mínimo de pendiente. En el caso de las inundaciones y erosión fluvial, además de influir otros factores netamente geomorfológicos y dinámicos, también es usual en terrenos de suave pendiente. Vilchez et al., 2013.

El mapa de pendientes para el área de estudio (Mapa 2) se ha elaborado utilizando las hojas fotogramétricas del Instituto Geográfico Nacional del Perú (mapa a escala 1:100,000, con espaciamiento de curvas de nivel cada 50 m), las cuales fueron procesadas en el software ArcGis.

Se tomaron en consideración seis rangos o grados de pendiente: terrenos llanos ( $<1^\circ$ , muy baja), inclinados con pendiente suave ( $1^\circ$ - $5^\circ$ , baja), pendiente moderada ( $5^\circ$ - $15^\circ$ , media), pendiente fuerte ( $15^\circ$ - $25^\circ$ ), pendiente muy fuerte ( $25^\circ$ - $45^\circ$ ) y pendiente muy escarpada ( $>45^\circ$ , abrupta); estas se describen en el cuadro 1 y de presentan en el mapa 3.

Cuadro 1. Rango de pendientes del terreno

Rango de pendiente	Superficie topográfica	Descripción
$0^\circ - 1^\circ$	Terreno llano a algo inclinado	Se ubican principalmente en el fondo del valle y en la cima de las montañas.
$1^\circ - 5^\circ$	Terreno inclinado con pendiente suave	
$5^\circ - 15^\circ$	Pendiente moderada	
$15^\circ - 25^\circ$	Pendiente fuerte	Se ubica en las laderas superiores de las montañas, principalmente en el lado oeste del área de estudio.
$25^\circ - 45^\circ$	Pendiente muy fuerte o escarpada	Ocupa gran parte del área de estudio, se ubica en ambas vertientes del río Jarahuaña
Mayor a $45^\circ$	Pendiente muy escarpada	Superficie muy limitada en el área de estudio.

## 4.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Para la caracterización de las unidades geomorfológicas de la zona de estudio, se consideran criterios de control como: la homogeneidad litológica y la caracterización conceptual en base a aspectos del relieve en relación a la erosión o denudación y sedimentación o acumulación. Las geoformas particulares individualizadas se agrupan en tres tipos generales del relieve en función a su altura relativa, donde se diferencian: 1) montañas, 2) piedemontes y 3) planicies. Ver cuadro 2.

Además, se tomó en cuenta para la clasificación de las unidades geomorfológicas, la publicación de Villota (2005).

Cuadro 2. Unidades geomorfológicas identificadas.

<b>UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL</b>		
<b>Unidad</b>	<b>Sub unidad</b>	
Montañas	Laderas de montañas en rocas metamórficas	LM-rm
<b>UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE CARÁCTER DEPOSICIONAL O AGRADACIONAL</b>		
<b>Unidad</b>	<b>Sub unidad</b>	
Piedemonte	Morrena	Mo
	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial	V-cd
Planicie	Terraza fluvial	T-fl

A continuación se describen las principales unidades geomorfológicas diferenciadas, detallando su ubicación y distribución geográfica (ver mapa 3) y también se muestran algunas fotografías e imágenes de satélite ilustrativas de las geoformas características:

### **2.2.1 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 tienen las siguientes unidades:

#### **UNIDAD DE MONTAÑAS**

Se considera dentro de esta unidad a las geoformas que alcanzan alturas mayores que los 300 m respecto al nivel de base local, se reconocen como cumbres y estribaciones producto de las deformaciones sufridas por la erosión y la influencia de otros eventos de diferente naturaleza.

En el contexto general se encuentran conformadas por alineamientos alargados, constituidos principalmente de rocas metamórficas.

Dentro de esta unidad se tienen la siguiente subunidad:

### Ladera de montañas en roca metamórfica. (LM-rm)

Están conformadas por laderas de montañas que han sido modeladas en rocas metamórficas.

La altitud de las montañas desde el fondo de valle hasta la cima corresponde a 3400 m s.n.m. hasta 4400 m s.n.m respectivamente.

Debido a la forma del terreno mixto (cóncavo y convexo) las pendientes de la ladera de las montañas varían principalmente de  $25^\circ$  a  $45^\circ$  considerada como pendiente muy fuerte, dentro de este rango de pendientes también se puede encontrar pequeña áreas que tienen pendiente muy escarpas ( $>45^\circ$ ) y pendiente moderada a fuerte ( $5^\circ$  a  $25^\circ$ ). Foto 6 y 7.



Foto 6. Ladera de montañas modelada en roca metamórfica con pendiente entre  $30^\circ$  y mayores a  $45^\circ$ .

En esta unidad se producen derrumbes y desprendimientos de rocas debido a la alteración e intenso fracturamiento de las rocas.



Foto 7. Ladera de montañas modelada en roca metamórfica, cubierto por depósitos cuaternarios pertenecientes a antiguos deslizamiento. Pendiente entre  $25^\circ$  y  $45^\circ$ .

## 2.2.2 GEOFORMAS DE CARÁCTER DEPOSICIONAL O AGRADACIONAL

Estas geoformas son resultado del conjunto de procesos geomorfológicos a los que se puede denominar constructivos, determinados por fuerzas de desplazamiento, como por agentes móviles, tales como: el agua de escorrentía y los vientos; los cuales tienden a nivelar hacia arriba la superficie de la tierra, mediante el depósito de materiales sólidos resultantes de la denudación de terrenos más elevados.

### Morrenas (Mo)

Esta unidad comprende a geoformas convexas suaves y alargadas producidas por la acumulación de materiales depositados por acción glacial durante el Plesitoceno-Holoceno.

### Vertiente o piedemonte coluvio – deluvial (V-cd)

Agrupación de depósitos de piedemonte de origen gravitacional y fluvio-gravitacional, acumulado en las vertientes o márgenes del valle; en muchos casos, son resultado de una mezcla de ambos, constituyendo escombros de laderas que cubren parcialmente los afloramientos metamórficos de la Formación Ananea.

En la zona del estudio, a los depósitos coluviales se les reconoce por su geometría y deben su origen a eventos de movimientos en masa, su fuente de origen es cercana. Ver Foto 8.

Los depósitos deluviales están referidos a acumulaciones de depósitos de vertiente con taludes de pendiente entre 5° y 25°, su origen está asociado a flujos no canalizados. Se les encuentra como capas de suelo fino y arcillas arenosas con inclusiones de fragmentos rocosos pequeños y angulosos. Debido a su naturaleza se pueden formar cárcavas. Se aprecian cicatrices de antiguos deslizamientos.

Sobre esta unidad geomorfológica, los pobladores de la Comunidad Campesina de Jarahuaña han construido sus viviendas y también desarrollan sus actividades agrícolas. Foto 9.



Foto 8. Depósitos coluvial ubicado frente al derrumbe del 14 de marzo, margen izquierda de río Jarahuaña.



Foto 9. Se observa las viviendas y la actividad agrícola desarrolladas en la vertiente conformada por depósitos coluvio-deluales.

#### Terraza fluvial (T-fl)

Se caracterizan por presentarse dentro del curso de los ríos, sobre todo tienen su mayor extensión en los ríos estacionarios. Litológicamente está compuesto por fragmentos rocosos heterogéneos (bolos, cantos gravas, arenas, etc.), que son transportados por la corriente del río Jarahuaña a grandes distancias, se depositan formando terrazas bajas, también conformando la llanura de inundación o el lecho de los ríos (Foto 10) y quebradas.



Foto 10. Terrazas fluviales ubicadas en el fondo de valle del río Jarahuaña.

## 5.0 PELIGROS GEOLÓGICOS IDENTIFICADOS

Los peligros geológicos identificados en el área de estudio, está asociada principalmente a los movimientos en masa.

El termino movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991 en PMA: GCA, 2007). Los movimientos en masa representan procesos geológicos superficiales, que involucran la remoción de masas rocosas con características inestables, depósitos inconsolidados de diferente origen, competencia y grado de cohesión, o la combinación de ambos, por efecto de la gravedad. Su ocurrencia en la zona está estrechamente ligada a factores detonantes como lluvias de gran intensidad o gran duración asociadas a eventos excepcionales; en menor porcentaje se asocian a sismicidad, así como a las modificaciones en los taludes naturales realizadas al construir obras de infraestructura vial, agrícola, etc. Como factores condicionantes o intrínsecos destacan la litología (calidad de la roca y permeabilidad en algunas formaciones geológicas), morfología y pendiente de los terrenos, tipos de cobertura vegetal existentes, entre otros.

Los movimientos en masa identificados dentro del área de estudio corresponden a derrumbe, deslizamiento y erosión en cárcava. Foto 11 y Mapa 4.



Foto 11. Vista panorámica de deslizamientos (DE) y del derrumbe (D), ubicados dentro del área de estudio.

### Derrumbe.

Son desprendimientos de masas de roca, suelo, detritos o combinaciones de estos materiales. Se originan a lo largo de varias superficies irregulares o anisotropías (discontinuidades o fracturas). Se generan en zonas de arranque irregulares, con desplome visible de material como una sola unidad, alcanzando dimensiones y longitudes variables desde pocos metros hasta decenas y centenas de metros (Fotos 12).

En el área de estudio se ha identificado tres lugares principales afectados por derrumbes, dos ellos son antiguos y uno reciente (derrumbe que ocurrió el 14 de marzo de 2014, Foto 12).

#### Derrumbe del 14 de marzo

Según la Carta Topográfica Nacional el **derrumbe del 14 de marzo** se ubica en el flanco oeste del cerro Lolimita, margen derecha del río Jarahuaña. Lugar conocido por los pobladores de la zona como cerro Suchupata.

Características morfométricas del derrumbe:

1. El derrumbe alcanzó aproximadamente 396 m de longitud, 270 m de ancho y entre 10 a 20 m de espesor en el pie, entre las cotas 3350 y 3700 m s.n.m., formando un área inestable de 81,916 m<sup>2</sup> (8 ha). El volumen aproximado de la masa rocosa derrumbada fue de 409,580 m<sup>3</sup>. Foto 12.
2. La masa movilizada, formó una presa natural de 300 m de longitud a lo largo del río Jarahuaña, con 60 m de ancho y 20 m de alto. (Foto 13 y 14).

Causas del movimiento

Según las observaciones geológicas in situ, permiten afirmar como causas del derrumbe lo siguiente:

- Substrato de mala calidad. El talud rocoso del cerro Lolimita, se encuentra muy fracturado, meteorizado y cubierto por depósitos coluviales procedentes de antiguos derrumbes y posibles deslizamientos.
- Presencia de depósitos coluviales de antiguos derrumbes.
- Pendiente muy escarpada del terreno. La pendiente en el área donde ocurrió el derrumbe es de 50°.
- Uno de los factores detonantes, se presume que son las precipitaciones pluviales intensas e infiltración de agua hacia el terreno produjeron una sobrecarga a los materiales de la ladera que posteriormente colapsaron.





Foto 12. Con líneas continuas se delimitó el derrumbe que ocurrió el 14 de marzo del presente año y con líneas discontinuas la escarpa de derrumbe antiguo.



Foto 13. Vista aguas debajo. Presa natural formada por el derrumbe del 14 de marzo, 2014.

*Fuente: Sub Gerencia de Defensa Civil del Gobierno Regional de Puno.*



Foto 14. Vista mirando aguas arriba. Presa natural formada por el derrumbe del 14 de marzo, 2014.

#### Daños ocasionados

El derrumbe represó temporalmente las aguas del río Jarahuaña (Foto 15) y provocó la reactivación de pequeños deslizamientos en su frente (margen izquierda del río Jarahuaña).

Durante la inspección técnica, se observó que las aguas represadas durante el derrumbe del 14 de marzo, filtraron en forma natural por debajo del material de derrumbe (Foto 16), tal como sucede en la actualidad con las aguas del río Jarahuaña (Foto 17).

El derrumbe, provocó la desestabilización de la ladera del Cerro Lolimita (cerro conocido por los lugares con el nombre de Suchupata).

En la actualidad, en la ladera donde ocurrió el derrumbe, se aprecian depósitos coluviales, también se observan agrietamientos retrogresivos en la cabecera del derrumbe (Foto 18).



Foto 15. Se observa el área ocupada por el agua represada del río Jarahuaña. Foto tomada días después de la ocurrencia derrumbe, marzo 2014. Vista aguas abajo.

Fuente: Sub Gerencia de Defensa Civil del Gobierno Regional de Puno.



Foto 16. Delimitada con línea roja discontinua, se observa el área que fue ocupada por agua represada del río Jarahuaña a causa del derrumbe. Vista aguas arriba. Foto setiembre 2014.



Foto 17. Filtración del agua del río Jarahuaña por debajo del derrumbe. Vista aguas arriba.



Foto 18. Escarpe del deslizamiento – derrumbe y agrietamientos en la cabecera del derrumbe.

### **Deslizamiento.**

Un deslizamiento se define como un movimiento de ladera que involucra una masa de suelo o roca, con la particularidad de que su desplazamiento se realiza a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada (traslacional), o curva y cóncava (rotacional).

Dentro del área de estudio, por las características morfológicas de la ladera se ha evidenciado varias escarpas de antiguos deslizamientos.

Las escarpas de los deslizamientos antiguos se ubican en el talud inferior de la zona poblada de la comunidad campesina de Jarahuaña (margen izquierda de río Jarahuaña).

Dentro del área de deslizamientos antiguos, se ha identificado deslizamiento activo de escarpas múltiples, cuya geometría de la corona principal tiene una forma irregular. El escape principal con una altura de 5 a 10 m, tiene una pendiente entre 45 y 50°, con varios escarpes secundarios escalonados.

La pendiente promedio del área afectada por el deslizamiento activo esta dentro el rango de 25 a 45° (este rango es considera como pendiente muy fuerte), con un desnivel de 100 m entre la zona de arranque (cota 3450) y el pie (3550).

#### Causas del deslizamiento activo

De acuerdo a las características del movimiento, se puede inferir que éste fue causado por los siguientes factores:

- Ladera con pendiente muy fuerte (25° a 45°) afectada por procesos de movimientos en masa antiguos susceptible a reactivaciones.
- Suelos o depósitos coluviales pertenecientes a antiguos deslizamientos saturados de agua por efecto de capilaridad, incrementándose en el periodo lluvioso, ayudaron a la desestabilización la ladera provocando la pérdida de la cohesión y presión de poros de los suelos limoarcillosos.
- Durante la inspección técnica, no se ha identificado el factor detonante principal para la ocurrencia de deslizamiento en la zona.

#### Daños ocasionados o probables

- Durante la evaluación técnica *in-situ* se comprobó que los daños ocasionados por el deslizamiento corresponden a terrenos de cultivo ubicados en el talud inferior de la zona poblada por la comunidad de Jarahuaña.

Adicional al deslizamiento ubicado en la margen derecha del río Jarahuaña, se ha identificado un pequeño deslizamiento activo en talud superior del área poblada por la comunidad de Jarahuaña (Foto 18). El deslizamiento alcanzó aproximadamente 25 m de longitud, 19 m de ancho, formando un área inestable de 602 m<sup>2</sup> y podría afectar directamente a una vivienda. Ver mapa 4.



Foto 18. Escarpa de pequeño deslizamiento ubicado en talud superior del área poblada por la comunidad de Jarahuaña.

### **Erosión en cárcava.**

Proceso intenso de erosión hídrica causado por escurrimiento superficial concentrado, capaz de remover material de suelo hasta profundidades considerables.

La intensidad y la amplitud de la formación de cárcavas guardan una íntima relación con la cantidad de agua de escurrimiento y la velocidad de esta. Además, están reguladas por las características del suelo (permeabilidad y cohesión), del relieve (la pendiente), del clima y de la cobertura vegetal protectora. Las cárcavas pueden incrementar sus dimensiones en profundidad, amplitud y longitud, gracias a diversos procesos que pueden ocurrir aislada o simultáneamente. El perfil transversal de las cárcavas puede ser en V o en U, esto dependerá del tipo de material existente. En la actualidad su avance se acelera con una serie de pequeños derrumbes

Dentro del área del estudio, los procesos de erosión en cárcava ocurren en la Quebrada Suca Saca. Foto 19.

Causas:

Naturaleza del suelo incompetente.

Pendiente del terreno.

Socavamiento del pie del talud (Erosión en el pie del talud).

Precipitaciones pluviales

Daños ocasionados o probables:

Afecta tierras de cultivo y pastos naturales.

La erosión puede agrandarse y profundizarse, y se convertiría en un peligro muy alto para los animales que circula por la zona.



Foto 19. Inicio de erosión en cárcava en la margen izquierda de la quebrada Suca Saca.

## 6.0 SUSCEPTIBILIDAD A LA OCURRENCIA DE DESLIZAMIENTOS

Las condiciones intrínsecas del terreno: morfología, pendiente, naturaleza de los materiales, presencia de filtraciones de aguas pluviales, condicionan al área como de alta susceptibilidad a los movimientos en masa.

Por la presencia de fisuras y grietas en las paredes de las viviendas, así como árboles inclinado a favor y contra de la pendiente del terreno que se observan en el talud superior del deslizamiento (activo y antiguo) y área ocupada por la población de la comunidad campesina de Jarahuña, es posible que el área este afectada por un movimiento complejo deslizamiento – reptación de suelos.

## 7.0 PROPUESTA DE MEDIDAS PREVENTIVAS

### 7.1 Realizar estudios geofísicos e hidrogeológicos en área poblada de la comunidad campesina de Jarahuña.

Estudios que permitirán obtener información sobre la masa en movimiento, y las causas del deslizamiento ubicado en la margen izquierda del río Jarahuña. Trabajos que deben ser realizados por especialistas.

## 7.2 Monitoreo permanente de la zona durante el periodo lluvioso

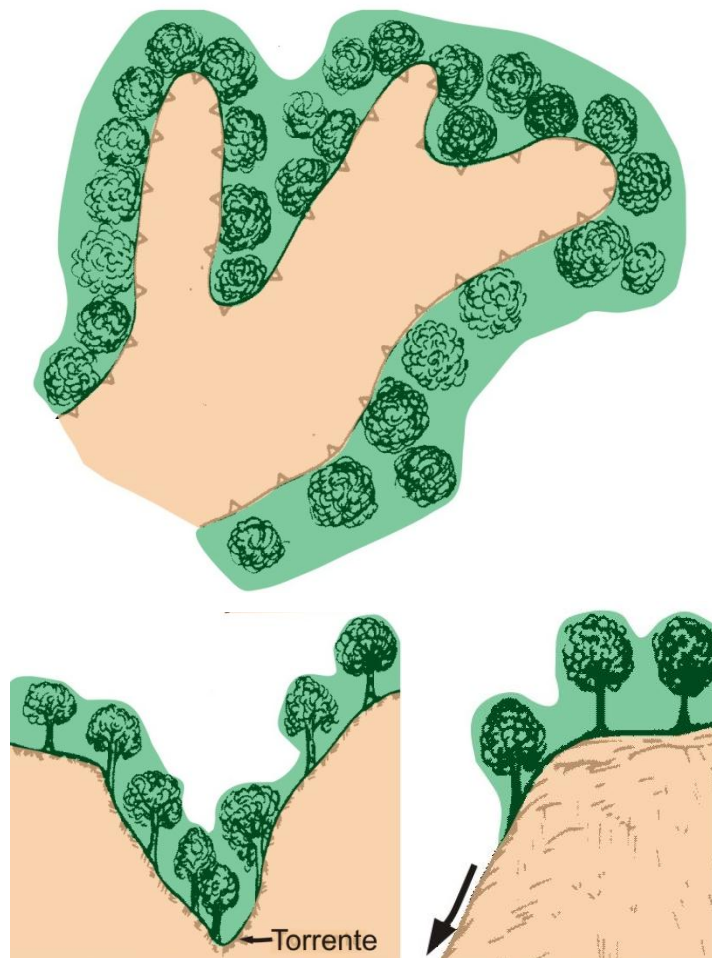
La zona afectada por el deslizamiento y la zona poblada por la comunidad campesina de Jarahuaña, deben ser monitoreadas permanentemente con equipos de precisión (Estación total o GPS Diferencial) e imágenes de satélite. Es importante realizar el monitoreo, ya que determinará la actividad del deslizamiento y su aceleración.

## 7.3 Prohibir la construcción de viviendas en la zona afectada por el deslizamiento.

Debido a que la condición de inestabilidad de la ladera, se debe de prohibir la construcción de viviendas en la zona afectada por deslizamientos, porque nuevas reactivaciones pueden poner en riesgo su seguridad física.

## 7.4 Reforestar las áreas afectadas por los deslizamientos y la erosión en cárcava.

Para realizar los trabajos de reforestación, se debe consultar a un especialista de la materia (Agrónomo o Forestal) y esta debe ser realizada con plantas nativas. Figura 2.



Figuras 2. Obras de forestación en zonas de carcavamiento.



### 7.5 Construcción de barrera, rellenos y cortacorrientes en las zonas afectadas por la erosión cárcava.

Adicional a la reforestación, para evitar el ensanchamiento y el avance retrogresivo de la cárcava, se debe construir obras complementarias hidráulicas y control, mediante diques transversales como trinchos de madera, de enrocado o gaviones. Figura 3.

El objetivo de esta medida, es disminuir la energía del agua, retener sedimentos para estabilizar la cárcava y proceder a sembrar vegetación.

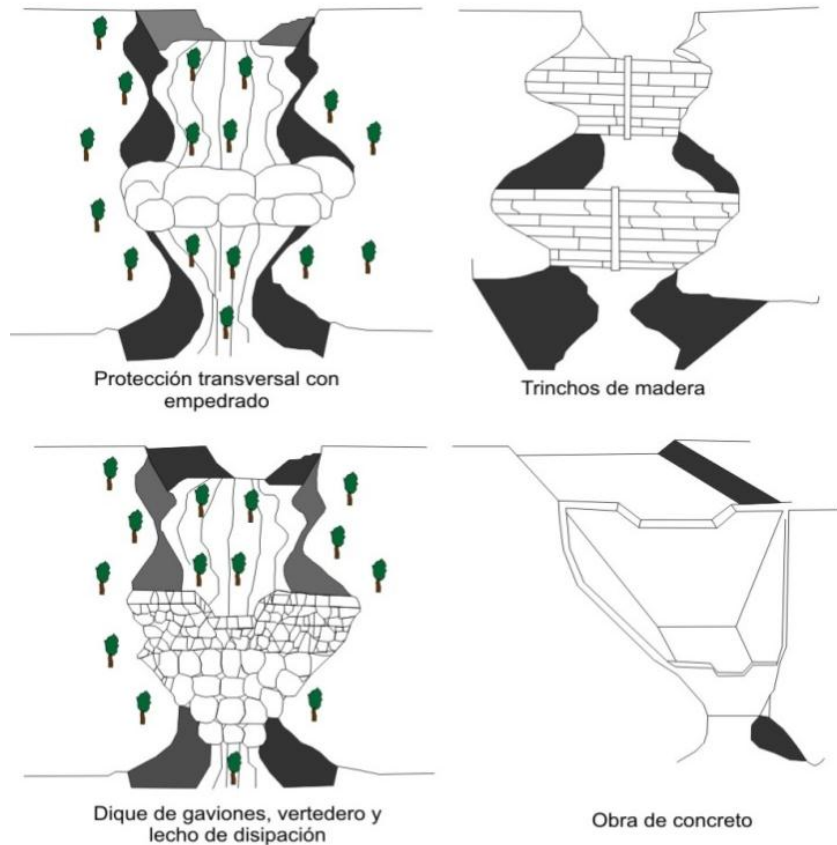


Figura 3. Obras hidráulicas transversales para cárcavas, fijación de sedimentos y protección de desaguaderos naturales (Tomado de Instituto Nacional de Vías-Colombia-1998).

## CONCLUSIONES

1. Los peligros geológicos identificados en la comunidad campesina de Jarahuaña, corresponden a proceso de movimientos en masa de tipo: derrumbe, deslizamiento – reptación de suelos y erosión en cárcava.
2. En el área de estudio se ha identificado tres lugares principales afectados por derrumbes, dos ellos son antiguos y uno reciente que ocurrió el 14 de marzo de 2014.
3. El derrumbe que ocurrió el 14 de marzo se ubica en el flanco oeste del cerro Lolimita, margen derecha del río Jarahuaña. Lugar conocido por los pobladores de la zona como cerro Suchupata. El derrumbe alcanzó aproximadamente 396 m de longitud, 270 m de ancho y entre 10 a 20 m de espesor en el pie, entre las cotas 3350 y 3700 m s.n.m., formando un área inestable de 81,916 m<sup>2</sup> (8 ha). El volumen aproximado de la masa rocosa derrumbada fue de 409,580 m<sup>3</sup>. La masa movida o derrumbada formó una presa natural de 300 m de longitud a lo largo del río Jarahuaña, con 60 m de ancho y 20 m de alto en talud aguas abajo.
4. El derrumbe represó temporalmente las aguas del río Jarahuaña y provocó la reactivación de pequeños deslizamiento en su frente (margen izquierda del río Jarahuaña). Además, provocó la desestabilización de la ladera del Cerro Lolimita, cerro conocido por los lugares con el nombre de Suchupata. En la actualidad el represamiento se esta desaguando naturalmente debido a la porosidad y permeabilidad del material.
5. En el área de estudio, por las características morfológicas de la ladera se ha evidenciado varias escarpas de antiguos deslizamientos. Dentro del área de deslizamientos antiguos, se ha identificado deslizamiento activo de escarpas múltiples, cuya geometría de la corona principal tiene una forma irregular. El escape principal con una altura de 5 a 10 m, tiene una pendiente entre 45 y 50°, con varios escarpes secundarios escalonados.
6. Adicional al deslizamiento ubicado en la margen derecha del río Jarahuaña, se ha identificado un pequeño deslizamiento activo en talud superior del área poblada por la comunidad de Jarahuaña. El deslizamiento alcanzó aproximadamente 25 m de longitud, 19 m de ancho, formando un área inestable de 602 m<sup>2</sup> y podría afectar directamente a una vivienda. Este deslizamiento se debe principalmente al movimiento lento de la ladera.
7. Dentro del área del estudio, los procesos de erosión en cárcava ocurren en la Quebrada Suca Saca y afecta tierras de cultivo y pastos naturales. Además por las condiciones intrínsecas del terreno (morfología, pendiente, naturaleza del suelo, presencia de filtraciones de aguas pluviales, etc.) condicionan al área como de **alta susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa.**

## RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios geofísicos e hidrogeológicos en área poblada de la comunidad campesina de Jarahuaña. Estudios que permitirán obtener información precisa sobre la masa en movimiento y las causas del deslizamiento ubicado en la margen izquierda del río Jarahuaña.
2. Monitoreo permanente de la zona durante el periodo lluvioso y seco, con equipos de estación total o GPS Diferencial.
3. Prohibir la construcción de viviendas en la zona afectada por el deslizamiento y área adyacentes a las escarpas.
4. Reforestar con plantas nativas las áreas afectadas por el deslizamiento y la erosión en cárcava.
5. Construcción de barrera, rellenos y cortacorrientes en las zonas afectadas por la erosión cárcava.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

PROYECTO MULTINACIONAL ANDINO: GEOCIENCIAS PARA LAS COMUNIDADES ANDINAS – PMA: GCA (2007). Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago, Chile. Publicación Multinacional N° 4, 432p.

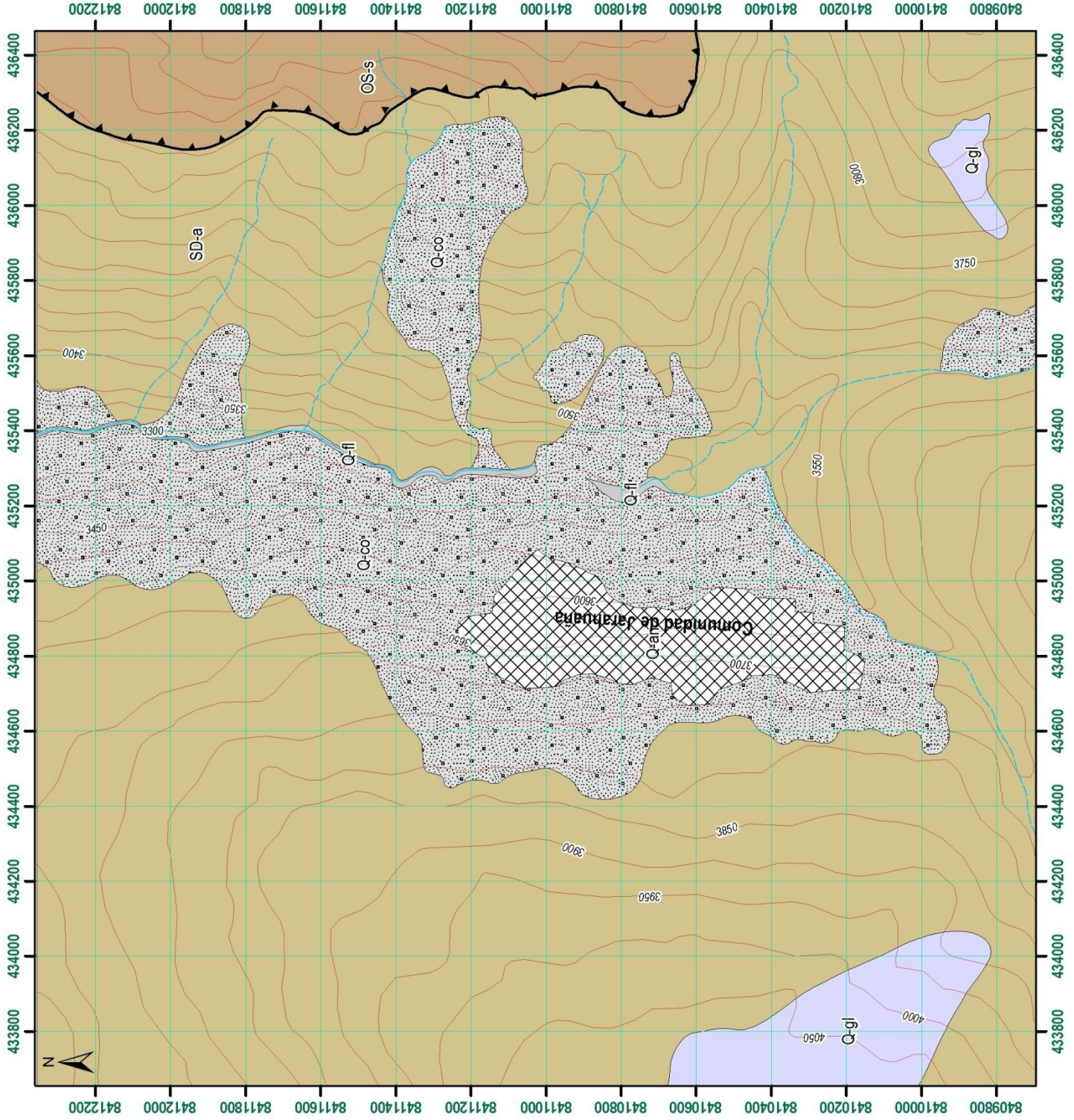
SÁNCHEZ, A. & ZAPATA, A. (2001) - Mapa Geológico del Cuadrángulo de Limbani, Hoja 29-x, escala 1:100 000. *INGEMMET. Carta Geológica Nacional.*

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ-SENAMHI (2003) - Mapa de Precipitación Anual-Periodo Normal (Septiembre-Mayo). En INDECI, Atlas de Peligros Naturales. Lima. Págs. 310-311.

VILCHEZ, M., LUQUE, G. & ROSADO, M. (2013) – Estudio de riesgo geológico en la región Piura. *INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, n. 52, 250p., 9mapas

VILLOTA, H. (2005) Geomorfología Aplicada A Levantamientos Edafológicos Y Zonificación De Tierras. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Bogotá, Colombia.

## **ANEXO I: MAPAS**



### SIMBOLOGÍA

	Quebrada
	Río
	Curva de nivel principal
	Curva de nivel secundario

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA		
CENOZOICO	CUATERNARIO	Holoceno		Depósito antropógeno	
				Q-fl	Depósito fluvial
				Q-co	Depósito coluvial
				Q-gl	Depósito glacial
MESOZOICO					
PALEOZOICO	Silúrico			Formación Ananea	
	Ordovícico	Superior		Formación Sandía	

SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

**MAPA 1. GEOLOGÍA**  
**COMUNIDAD JARAHUÑA**  
**PATAMBUCO - SANDIA - PUNO**

Proyección UTM  
Datum WGS 84  
Zona 19S

Escala: 1/15,000

Metros

**SIMBOLOGIA**

	Quebrada
	Río
	Curva de nivel principal
	Curva de nivel secundario
	Área poblada

**LEYENDA**

Rango de pendiente	Color	Superficie topográfica
0° - 2°		Terreno llano a algo inclinado
2° - 5°		Terreno inclinado con pendiente suave
5° - 15°		Pendiente moderada
15° - 25°		Pendiente fuerte
25° - 45°		Pendiente muy fuerte o escarpada
> 45°		Pendiente muy escarpada

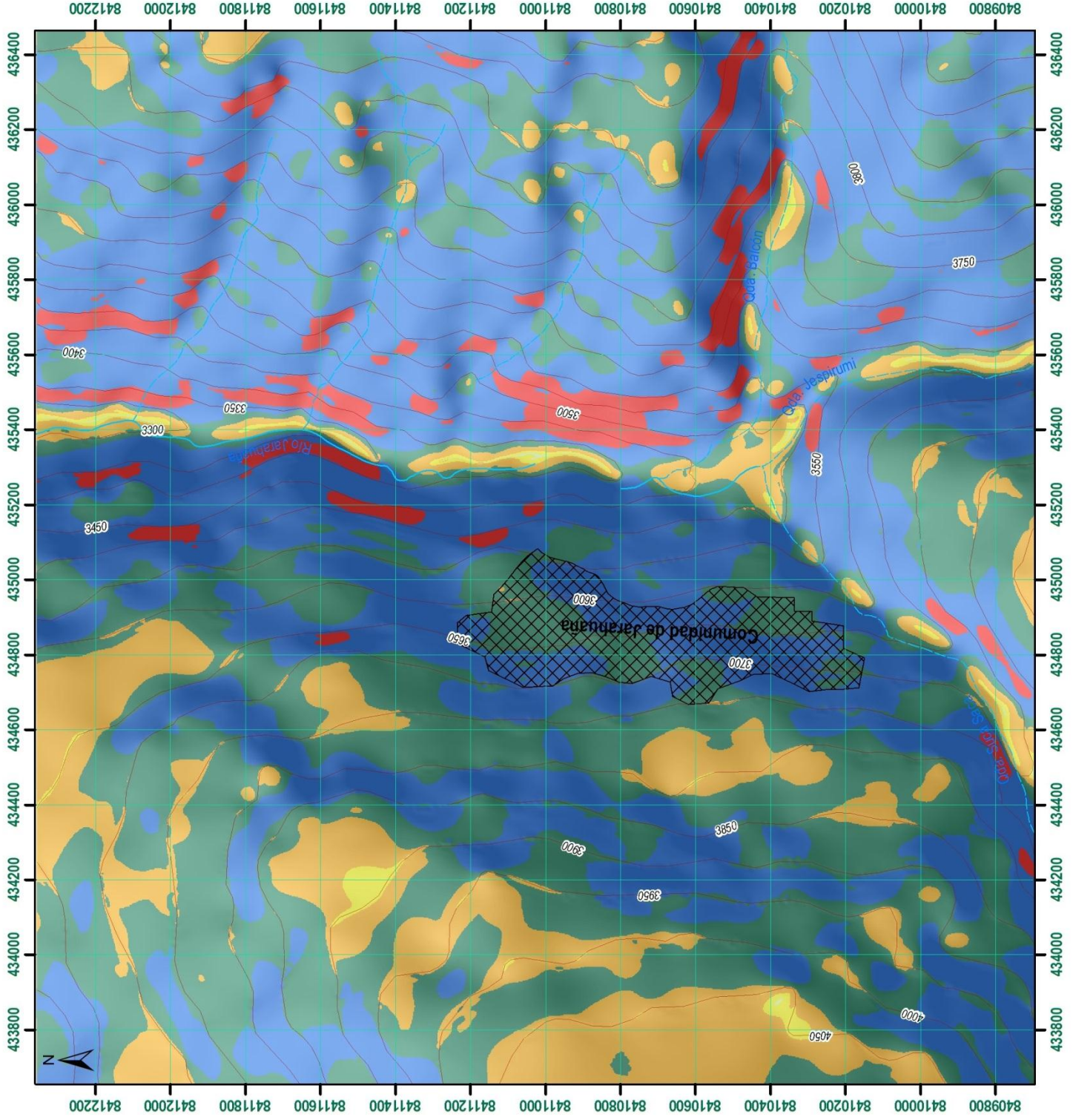
SECTOR ENERGIA Y MINAS  
INGEMMET  
INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

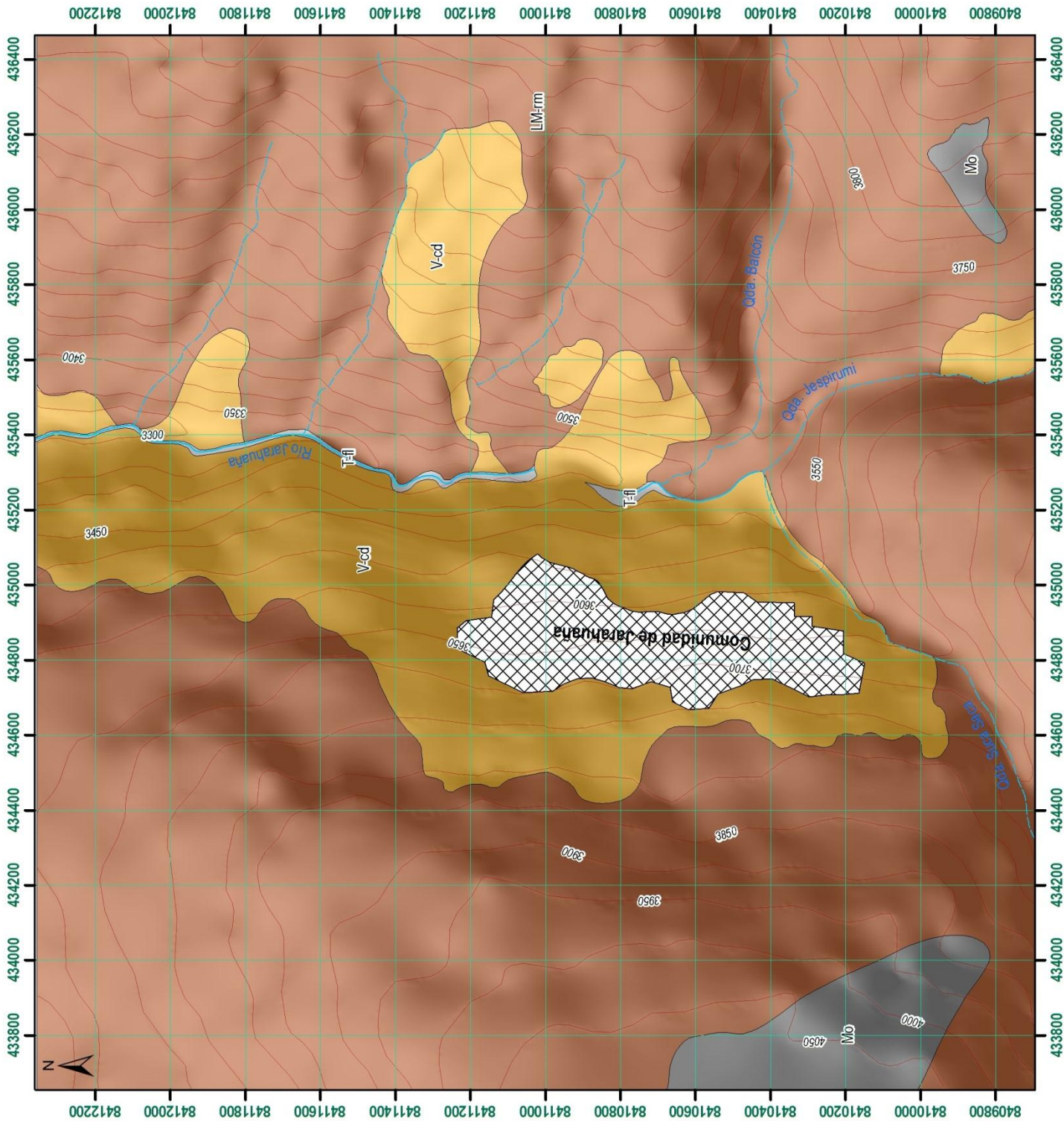
**MAPA 2. PENDIENTE DEL TERRENO  
COMUNIDAD JARAHAÑA  
PATAMBUCO - SANDIA - PUNO**

Proyección UTM  
Datum WGS 84  
Zona 19S

Escala: 1/15,000

0 100 200 400  
Metros





### SIMBOLOGÍA

	Quebrada
	Río
	Curva de nivel principal
	Curva de nivel secundario
	Área poblada

### LEYENDA

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE CARÁCTER TECTÓNICO DEGRADACIONAL Y EROSIONAL	
Unidad	Sub unidad
Montañas	Laderas de montañas en rocas metamórficas LM-rm
UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE CARÁCTER DEPOSICIONAL O AGRADACIONAL	
Unidad	Sub unidad
Piedemonte	Morrena Mo
	Vertiente o piedemonte coluvio-deluvial V-cd
Planicie	Terraza fluvial T-fi



SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

MAPA 3. GEOMORFOLÓGICO  
COMUNIDAD JARAHUANA  
PATAMBUCO - SANDIA - PUNO

Proyección UTM  
Datum WGS 84  
Zona 19S





**SIMBOLOGÍA**

- Quebrada
- Río
- Curva de nivel principal
- Curva de nivel secundario
- Área poblada por la C. C. Jarahuana

**LEYENDA**

- Escarpa de derrumbe actual
- Escarpa de derrumbes antiguos
- Escarpa de deslizamiento traslacional activo
- Escarpa de deslizamientos antiguos
- Derrumbe actual
- Derrumbes antiguos
- Deslizamiento traslacional activo
- Deslizamientos antiguos
- Erosión en cárcava
- Terraza

SECTOR ENERGÍA Y MINAS  
**INGEMMET**  
 INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

**MAPA 4. PELIGROS GEOLOGICOS  
 COMUNIDAD JARAHUANA  
 PATAMBUCO - SANDIA - PUNO**

Proyección UTM  
 Datum WGS 84  
 Zona 19S

Escala: 1:7,500  
 Metros  
 0 50 100 200

