



**DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA  
AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**

**INFORME TÉCNICO N° A6751**

**EVALUACIÓN GEOLÓGICA-GEODINÁMICA  
EN EL CERRO INTIORKO Y LA QUEBRADA  
DEL RÍO SECO CARAMOLLE**

**Distrito Ciudad Nueva, provincia y departamento Tacna**

**Por:**

**Griselda Luque Poma**

**Abril 2017**

**EVALUACIÓN GEOLÓGICA-GEODINÁMICA EN EL CERRO INTIORKO Y  
LA QUEBRADA DEL RÍO SECO CARAMOLLE  
(DISTRITO CIUDAD NUEVA, PROVINCIA TACNA, DEPARTAMENTO TACNA)**

**ÍNDICE**

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ÁREAS EVALUADAS .....	2
2.1	UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD .....	2
2.2	CLIMA Y PRECIPITACIONES PLUVIALES .....	2
III.	ASPECTOS GEOLÓGICOS, GEOMORFOLÓGICOS E INGENIERO GEOLÓGICOS .....	3
3.1	ASPECTOS GEOLÓGICOS .....	4
3.2	ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	9
3.3	CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS .....	10
IV.	PELIGROS GEOLÓGICOS .....	12
V.	SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA .....	15
	CONCLUSIONES.....	17
	RECOMENDACIONES .....	17

# EVALUACIÓN GEOLÓGICA-GEODINÁMICA EN EL CERRO INTIORKO Y LA QUEBRADA DEL RÍO SECO CARAMOLLE (DISTRITO CIUDAD NUEVA, PROVINCIA TACNA, DEPARTAMENTO TACNA)

## I. INTRODUCCIÓN

El alcalde de la municipalidad distrital Ciudad Nueva, Tacna, mediante los oficios N° 020 y 021-2017-A-MDCN-T de fecha 12 de enero, dirigidos al presidente del Consejo Directivo del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), solicitó un estudio técnico de evaluación de peligros geológicos en el cerro Intiorko y la quebrada del Río Seco Caramolle.

Atendiendo a esta solicitud, el Director de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (DGAR) de INGEMMET, designó a la ingeniera Griselda Luque para la elaboración del informe técnico respectivo.

El presente informe, contiene una interpretación de los procesos geológicos y geohidrológicos (recientes y antiguos) identificados en las zonas evaluadas y área de influencia; datos de las observaciones geológicas realizadas en campo del proyecto GA45A: Riesgo Geológico en la región Tacna (2015) y la información disponible de trabajos anteriores realizados en el área. Incluye texto, ilustraciones y fotografías del área. En este documento se emiten las conclusiones y recomendaciones pertinentes, que las autoridades del CENEPRED, autoridades regionales y locales con injerencia en el ámbito de la municipalidad distrital Ciudad Nueva, deben tomar en cuenta para la prevención y mitigación de los procesos geológicos ocurridos, para así evitar desastres futuros en las poblaciones evaluadas e infraestructura.

De la información disponible en los trabajos realizados anteriormente en el área de estudio son:

- a) Estudio de Riesgos Geológicos del Perú Franja N° 1 (INGEMMET, 2000), donde se identifica y registra los peligros geológicos como huaicos, derrumbes, caídas, arenamientos, entre otros, que ocurren en la región Tacna.
- b) Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca (Wilson & García, 1962), en el cual describe las unidades geológicas (tipos de rocas) y aspectos estructurales en la zona.
- c) El Mapa de susceptibilidad a movimientos en masa del Perú, escala 1:1000 000 (INGEMMET, 2010), donde el área objetivo de esta evaluación se encuentra ubicada en una zona de baja a moderada susceptibilidad a movimientos en masa.
- d) Estudio geológico-geotécnico de la región Suroccidental del Perú (Zavala y Núñez, 1998) donde se describen perfiles o cortes naturales, cortes artificiales, calicatas y trincheras, substrato de la ciudad de Tacna,



## II. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ÁREAS EVALUADAS

### 2.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

Los sectores Intiorko y quebrada del río Seco Caramolle políticamente pertenecen al distrito Ciudad Nueva, provincia Tacna (figura 1); sus coordenadas UTM (WGS-84) son: 365995, 8009632, a una altitud de 626 m s.n.m.

El acceso al área de estudio se realiza por vía aérea y terrestre. La distancia desde la ciudad de Lima hasta la ciudad de Tacna es 1293 km por la carretera Panamericana Sur. Desde el ingreso a la ciudad de Tacna hasta las zonas de evaluación, en ambos casos se acceden mediante la Av. Circunvalación Norte para luego tomar las Av. El Sol e Internacional hasta los sectores 5 y 10 del distrito Ciudad Nueva. Para el acceso al cerro Intiorko, de la Av. Circunvalación Norte se desvía hacia la Av. Internacional y tomando hacia la izquierda por la calle Haití para luego seguir por la Av. G. Albarracín que luego cambia de nombre a Mariano Necochea hasta subir a los sectores 1, 11, 14 y 15 (figura 1).

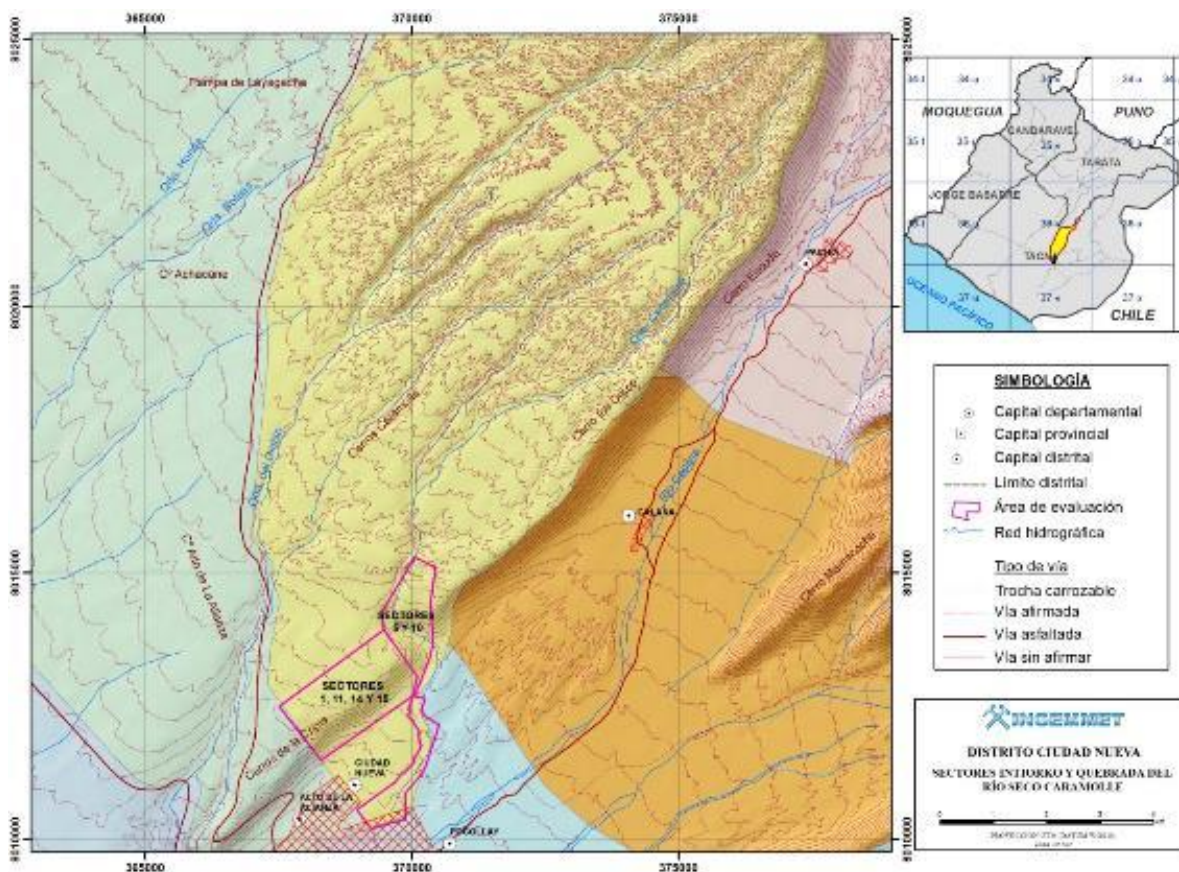


Figura 1. Ubicación de las zonas evaluadas.

### 2.2 CLIMA Y PRECIPITACIONES PLUVIALES

La provincia de Tacna, tomando como referencia el mapa de Clasificación Climática del Perú (SENAMHI, 1988), corresponde a una zona de clima tipo árido, semicálido y húmedo, con carencia de lluvias en todas las estaciones del año como las localidades de La Yarada, Tacna, Sama Grande, entre otras.

Las precipitaciones en las localidades costeras son por lo general del tipo llovizna, persistentes en los meses de agosto a setiembre. Las localidades más expuestas a la brisa marina son propicias para la ocurrencia de lloviznas, las mismas que favorecen el crecimiento de plantas herbáceas (vegetación de lomas).

Las zonas evaluadas, de acuerdo al mapa de Isoyetas para el período lluvioso normal setiembre-Mayo (SENAMHI, 2002) presenta una precipitación entre 5 a 10 mm (figura 2).

En épocas normales, la temperatura media mensual es de 23°C. Las temperaturas máximas promedio mensual fluctúan entre los 19°C y los 27°C, y las mínimas entre los 9°C y los 17°C.

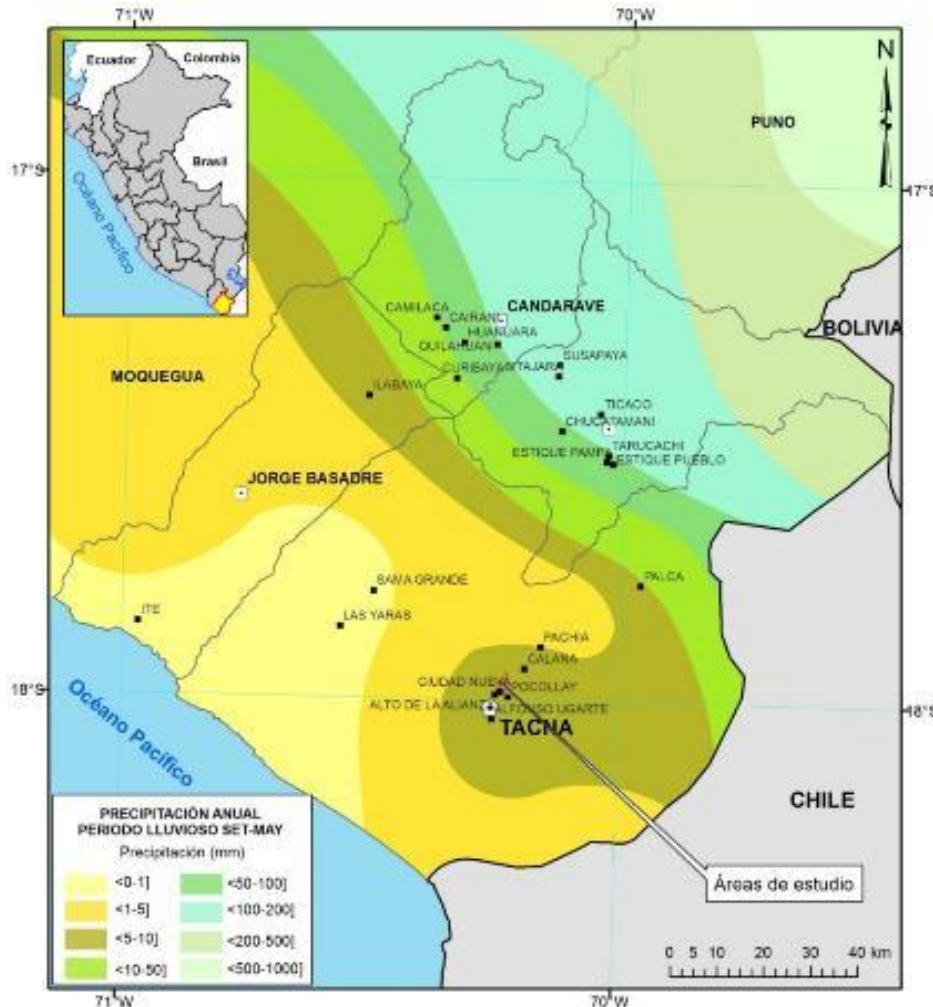


Figura 2. Isoyetas de precipitación para el período lluvioso normal setiembre-mayo. Fuente: SENAMHI, 2002.

### III. ASPECTOS GEOLÓGICOS, GEOMORFOLÓGICOS E INGENIERO GEOLÓGICOS

### 3.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS

El análisis geológico del área de estudio, se desarrolló teniendo como referencia la Carta Geológica de los cuadrángulos Pachía y Palca (Wilson & García, 1962) y Pachía, Hoja 36-v, Cuadrante II-III, escala 1:50 000 (Acosta *et al*, 2011). De acuerdo a estos mapas, el substrato rocoso que predomina en el área corresponde a rocas volcánicas de las formaciones Huaylillas y Millo (figura 3), así como depósitos cuaternarios.

#### a) ESTRATIGRAFÍA

Las unidades geológicas que afloran en el área de estudio, corresponden a rocas volcánicas del Paleógeno-Neógeno y depósitos cuaternarios, diferenciándose las siguientes formaciones:

##### **Formación Huaylillas (Nm-hu\_s)**

Los afloramientos de la Formación Huaylillas (Wilson & García, 1962) se hallan cubriendo gran parte de los cuadrángulos de Pachía y Palca. El espesor de estos depósitos es variable, desde unas decenas de metros hasta 250 m aproximadamente, del Mioceno inferior (15 a 23 millones de años).

La mayor exposición de estos afloramientos en el área de estudio se presenta en ambas márgenes de la quebrada Caramolle y en los cerros Caramolle e Intiorko. Está constituido de tobas riolíticas a riolíticas, rocas volcánicas de color rosado, con niveles friables y macizos no estratificados poco fracturado, con presencia en algunos niveles de pómez. Se encuentra suprayaciendo a la Formación Moquegua Superior (PN-mo\_s) en discordancia paralela (foto 1). Gran parte de las viviendas de los sectores 1, 5, 10, 11, 14 y 15 se ubican sobre estos afloramientos.



Foto 1. Ignimbritas de color rosado en el cerro Intiorko (tomada de Google Earth).

##### **Depósitos de cenizas volcánicas (Qh-vI)**



Depósitos de cenizas y tufo volcánico del Huaynaputina que forman un manto delgado discontinuo, encima de las terrazas y depósitos de piedemonte cuaternarios. A lo largo del valle a aproximadamente a 50 m sobre el nivel del río Caplina con espesor menor a 40 m. Litológicamente la ceniza volcánica consiste en polvo suelto de color blanco o rosado con fragmentos de pómez blanca y cristalitas de cuarzo bipiramidal (fotos 2 y 3).



Foto 2. Vista de depósitos de ceniza en la Av. Circunvalación Norte, sector Parque Industrial (tomada de Google Earth).



Fotos 3. Vistas de depósitos de ceniza en el cruce de la Av. Circunvalación Norte y Circunvalación Este, sector Parque Industrial (tomada de Google Earth).

### Depósitos aluviales (Qh-al2)

Litológicamente está compuesto por conglomerados, arenas y arcillas inconsolidadas que se intercalan entre ellas irregularmente, cubren indistintamente a diversos afloramientos. Por lo general estos depósitos se han formado por el transporte de material a través de las quebradas, depositándose temporalmente en las márgenes de los ríos en forma de terrazas, removibles por el curso actual del río.

Los aportes de material aluvial provienen generalmente desde el este o de las partes altas o estribaciones de la Cordillera Occidental. Estos depósitos conforman paquetes sedimentarios con dimensiones variables, cuyo espesor varía desde algunos metros hasta decenas de metros. En el valle del río Caplina están compuestos por horizontes de arenas con limos de color marrón claro más o menos compactadas. Estos depósitos se encuentran formando pequeñas terrazas las cuales son utilizadas como terrenos para la agricultura y en algunos casos asentamientos de viviendas.

### **Depósitos residuales (Qh-re)**

Los depósitos residuales son los derivados de la descomposición física y química de la roca in situ (proceso de meteorización intensa). No son suelos transportados en parte conservan la estructura de la roca original. Generalmente se trata de una cobertura superficial asociada a la meteorización fisicoquímica de las tobas de la Formación Huaylillas en las faldas de los Cerros de la Cripia e Intiorko, donde se ubican algunas viviendas de los sectores 1, 11, 14 y 15.

### **Depósitos antropogénicos (Q-an)**

Dentro de este tipo de depósito están incluidos aquellos generados por el hombre conformados por desmonte (escombros de viviendas y canteras abandonadas) y basurales. Cabe mencionar que algunas viviendas se encuentran asentadas sobre depósitos de desmonte, los cuales han rellenado parcialmente (foto 4).



Foto 4. Desmontes de escombros arrojados para rellenar quebradas antiguas (tomada de Google Earth).



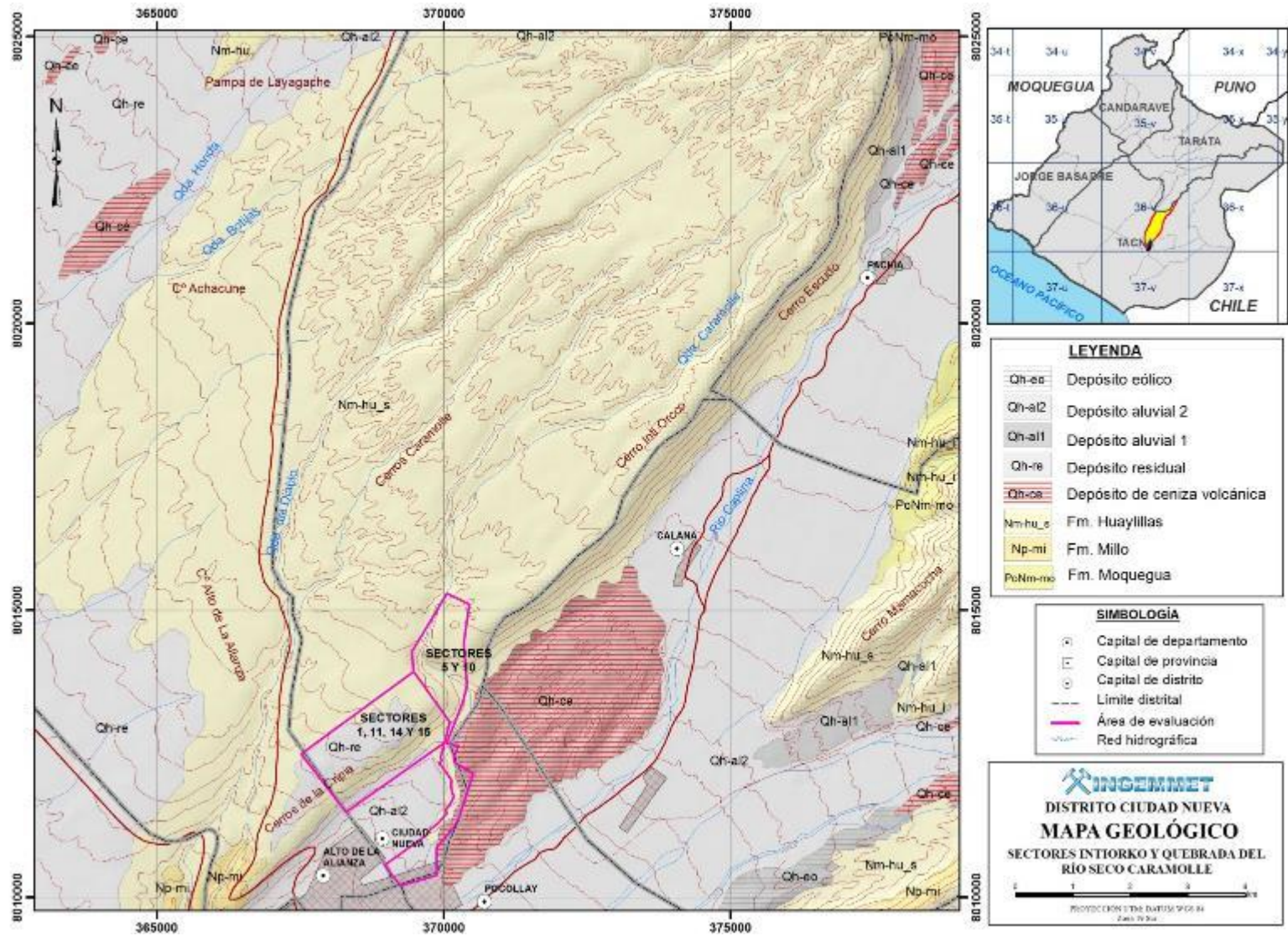


Figura 3. Unidades geológicas en el área evaluada (Fuente: INGEMMET, 2011).

### 3.2 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

La configuración geomorfológica de la región Tacna está relacionada con los procesos geológicos, el relieve y la variedad de micro-climas asociados a su territorio. En general, corresponde a la superficie Huaylillas, una importante unidad geomorfológica en el área de estudio, cuyas superficies se encuentran ligera a moderadamente inclinadas hacia el oeste, muy disectadas por su naturaleza litológica al estar constituida por tobas de la Formación Huaylillas, formando lomadas de suaves pendientes muy denudadas y drenadas por quebradas que siguen una dirección noroeste a suroeste como las quebradas Del Diablo, Caramolle, entre otras.

Todas estas geoformas diferenciadas en la región se han producido por agentes tectónicos, erosionales y depositacionales, ocurridos a lo largo de su historia geológica. El origen de estos ambientes geomorfológicos está muy ligado al proceso del levantamiento andino (profundización y ensanchamiento de valles), procesos de movimientos en masa, etc. Se tomó como base el mapa geomorfológico del Perú (Medina *et al.*, 2016), donde se utilizó la información litológica de la Carta Geológica Nacional, donde se ha tenido en cuenta los límites de las unidades geológicas (substrato rocoso y depósitos superficiales); fotografías aéreas; imágenes satelitales Landsat TM5 y datos geomorfológicos recopilados en campo.

Localmente en las áreas evaluadas se identificaron las siguientes unidades geomorfológicas (figura 4):

Colina o lomada en rocas piroclásticas (CL-p): geoformas convexas de material volcánico piroclástico con erosión diferencial con laderas de moderada pendiente (5° a 25°); estos materiales en general son deleznable y son propensos a generar movimientos en masa. La litología de estas geoformas son tufo de la Formación Huaylillas y depósitos de cenizas del Holoceno. Se localizan estas subunidades en los cerros Cripia e Intiorko en los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva.

Superficie con flujo piroclástico disectado (Sfp-d): conformada por material piroclástico de la Formación Huaylillas de composición dacítica y riolítica. La acumulación sucesiva de importantes espesores de tobas y flujos piroclásticos, disectados por varios cursos de ríos y quebradas ha originado un relieve ondulado y rugoso con pendientes que varían entre 7 y 10% con tendencia al suroeste. Además presentan áreas extensas con cárcavas producto de la erosión desarrollados sobre los depósitos de flujos piroclásticos. Representa una importante unidad, por ejemplo en los cerros Caramolle.

Vertiente o piedemonte aluvial (V-al): Superficies inclinadas entre suave y moderada pendiente (1° - 5°) cubiertas por material aluvial acarreado por corrientes de aguas superficiales. Este material es de constitución detrítica de edad cuaternaria. Suelen presentarse tanto en los flancos de quebradas o valles y terrenos inclinados como rampas. Se tiene ejemplos en los tramos bajos de las quebradas Caramolle.

Vertiente o piedemonte aluvio-torrencial (P-at): Se considera a una planicie inclinada a ligeramente inclinada y extendida, posicionadas al pie de las estribaciones andinas o los sistemas montañosos, formadas por la acumulación de sedimentos acarreados por corrientes de agua estacionales, muchos de estos asociados a cursos individuales de quebradas secas. Ejemplos de estas





Tufo riolítico a dacítico, asociado a la Formación Huaylillas, de color blanco-rosado con abundantes pómez y líticos, variable en compacidad. Son cortados en taludes casi verticales en los cortes de la carretera Panamericana Sur y cubiertos superficialmente por un manto eólico. Superficies planas a onduladas. Capacidad de carga >4kg/cm<sup>2</sup>, en roca inalterada. Constituye el substrato rocoso de la ciudad, cuyos afloramientos pueden apreciarse en los cerros de la Cripia y Caramolle, Piedra Blanca que rodean la ciudad.

Tufos recientes Pocollay, son depósitos de tufos de color blanco-rosado pulverulentos, con fragmentos de pómez, cuarzo y líticos masivos, superficialmente sueltos a compactos en profundidad. Sobreyacen a los depósitos aluviales; constituyen los terrenos de fundación del área NE de Tacna.

Aluvial Caplina, son depósitos estratificados de grosores variables que se presentan en forma subhorizontal con una leve inclinación hacia el suroeste.

Deluvial Alto Alianza, son aquellos suelos observados en los sectores Caramolle, distrito Ciudad Nueva, materiales retrabajados de la Formación Huaylillas, conformados por mezclas de suelos arenosos finos, algo limosos, secos de color beige-rosado.

Cuadro 1: Características ingeniero-geológicas de los suelos alrededores del área de estudio

PERFIL O CALICATA	CÓDIGO DE MUESTRA	COORDENADA UTM		CLASIFICACIÓN S.U.C.S.	DESCRIPCIÓN
		NORTE	ESTE		
C-5	S/M	370221	8011528	SM	Arena limosa, plástica, compacta; debajo grava medianamente suelta, con bolones de 15 a 20 cm de diámetro.
C-6	TAC-11	370765	8011016		Tufo rosado, con pómez y líticos de formas redondeadas, masivo, poco fracturado (F2), resistente (R4).

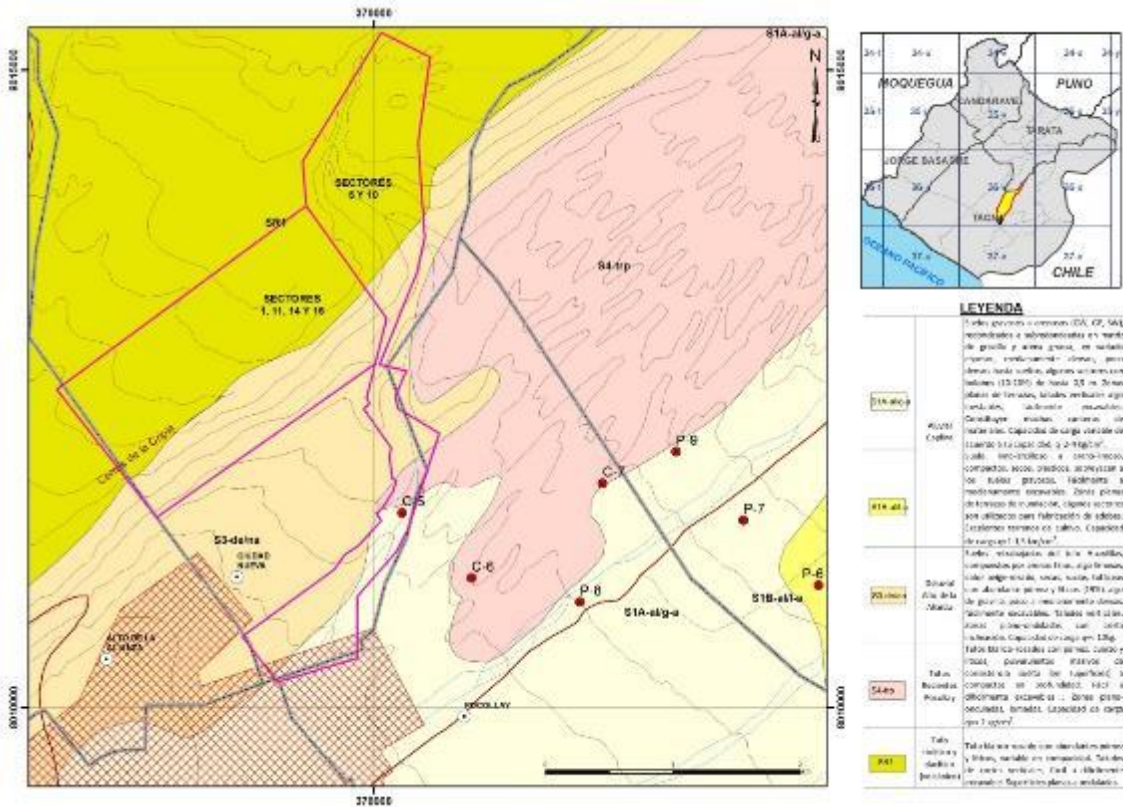


Figura 5. Mapa de zonificación de suelos de fundación en el área evaluada (Zavala y Nuñez, 1998).

#### IV. PELIGROS GEOLÓGICOS

Durante los trabajos de campo para el “Estudio de peligros geológicos en la región Tacna” (Luque & Gómez, 2015), se identificaron movimientos en masa antiguos y activos. Los principales peligros geológicos inventariados en el área de evaluación son flujos, caídas y derrumbes (figura 6).

Es poco probable que en la actualidad, se generen flujos de detritos o flujos de lodo, pues en la zona son escasas las lluvias. Sin embargo se tienen evidencias de flujos de lodo que discurrieron por la quebrada Caramolle, tal como lo muestra los depósitos encontrados en su cauce; de presentarse afectarían a las viviendas y granjas de aves y cerdos que se encuentran dentro del cauce. Hay que tener en cuenta eventos excepcionales de intensas precipitaciones pluviales asociados al fenómeno El Niño o Niño Costero, cuyos efectos han sido de gran magnitud en el norte de Chile.

Por otra parte los sismos serían los procesos más destructivos que afectarían la zona de estudio. El sismo del 2001 afectó viviendas precarias en los poblados Alto de la Alianza y Ciudad Nueva; en el distrito Alto de la Alianza, 1626 viviendas quedaron afectadas seriamente, mientras que 484 fueron destruidas. En peores condiciones, en el distrito Ciudad Nueva se contabilizó 1753 viviendas afectadas y 889 destruidas por aquel terremoto debido a las malas técnicas constructivas en sus viviendas (autoconstrucción) sin dirección técnica y mala calidad del suelo (INDECI, 2001). También se tiene edificaciones sobre rellenos las cuales no han debido construirse. En caso de sismos en la zona de estudio se pueden generar caídas y derrumbes de las laderas inestables en los cerros Cripta e Intiorko, que afectarían viviendas ubicadas debajo de depósitos coluviales.

En la parte inferior del cerro Intiorko se tienen antiguas caídas de rocas, donde también se han edificado viviendas. En las laderas se observan bloques suspendidos que pueden ceder ante un movimiento sísmico, por ello los moradores, han construido muros de contención y otras estructuras (pircas artesanales sin asesoramiento), que pueden ceder y caer cuesta abajo, lo cual afectaría las viviendas ubicadas en la parte inferior (foto 5). Estos últimos representan riesgos “construidos” por la misma población.

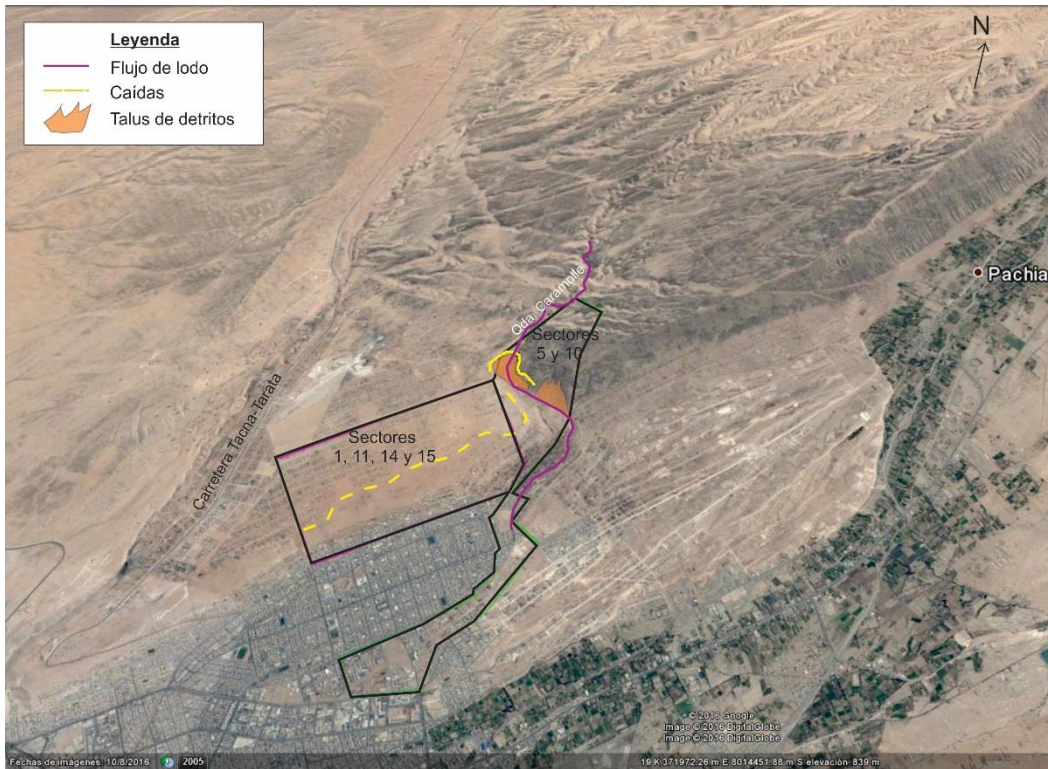


Figura 6. Peligros geológicos identificados en el área evaluada.



Foto 5. Viviendas de material precario ubicadas en las faldas del cerro Intiorko (tomada de Google Earth).



Entre los diferentes movimientos en masa identificados en la zona evaluada, predominan los flujos de detritos (huaicos), flujos de lodo, derrumbes y caída de rocas:

#### Flujos antiguos en la quebrada Río Seco Caramolle

Cubren el fondo del valle en la quebrada Río Seco Caramolle, compuesta por arenas con matriz limosa. Se les denomina flujos porque durante su desplazamiento presentan un comportamiento semejante al de un fluido. Pueden ser rápidos o lentos, saturados o secos (Varnes, 1978).

Normalmente los flujos canalizados buscan retomar su lecho natural. El potencial destructivo de estos procesos está dominado por su velocidad y la altura alcanzada por el material arrastrado. Por ello estos eventos son muy violentos y tienen una gran cantidad de energía que destruye todo lo que encuentran a su paso. Por tanto es muy importante una caracterización geológica detallada de los eventos, asociada al grado de peligro al que está expuesta un área determinada.

Si bien es cierto, las precipitaciones pluviales se presentan de carácter excepcional en estos sectores, su recurrencia no es frecuente, pero se tienen evidencias de reactivación en los depósitos acumulados en el cauce de la quebrada producto de antiguos flujos. El cauce actual de la quebrada se encuentra obstruido por la ocupación de granjas y viviendas del distrito Ciudad Nueva (foto 6). Las laderas de la quebrada son inestables porque contiene material suelto. Todo ello compromete la seguridad física en el sector.

Debido a la ausencia de obras que minimicen el efecto de un flujo de lodo o detritos, ante un posible evento o avenida extrema que se podría desplazar por la quebrada Caramolle, se incrementa el grado de vulnerabilidad en la zona.

Es importante tener en consideración los eventos extraordinarios (fenómeno El Niño y Niño costero) que podrían cambiar el régimen de precipitaciones en esta zona del país; como lo sucedido en el norte de Chile.



Foto 6. Vista aguas arriba de la quebrada Río Seco Caramolle obstruida por la construcción de viviendas y granjas de cerdo y aves; las vertientes en ambas márgenes de la quebrada presentan depósitos de caída de rocas que aportan material al cauce de la quebrada (tomada del Google Earth).

#### Derrumbes y caída de rocas en el cerro Intiorko



Corresponden a 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 (Varnes, 1978).

Por las condiciones intrínsecas de los materiales presentes en el área; como rocas fracturadas, con diaclasamiento a favor de la pendiente, así como material suelto en la ladera (inestable), el área de estudio es de alta susceptibilidad a los movimientos en masa: derrumbes y caída de rocas. Estas condiciones se aprecian en las laderas de los cerros La Cripia y Caramolle, en ambas márgenes de la quebrada Caramolle. La ocurrencia de estos eventos podría afectar a las viviendas y granjas ubicadas al pie de los canchales de detritos (fotos 7 y 8).



Foto 7. Derrumbe en forma de canchales de detritos en el talud natural en ambas márgenes de la quebrada Río Seco Caramolle.



Foto 8. Viviendas ubicadas en la ladera del cerro Intiorko (tomada de Google Earth). En caso de sismos las pircas y los bloques suspendidos en las laderas del cerro Intiorko pueden ceder y afectar a las viviendas que se encuentran en la parte inferior. Si a esto le sumamos la mala calidad de suelo, pueden colapsar algunas viviendas.

## V. SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA

El mapa de susceptibilidad a los movimientos del Perú (Fidel *et al*, 2010), elaborado en base a la superposición de factores intrínsecos (características de las rocas, pendiente y formas del relieve; cobertura vegetal y uso de suelo; y características de retención o flujo de agua subterráneas en las rocas), revela que el área en las cabeceras de la quebrada Caramolle se encuentra en una zona de moderada susceptibilidad a la generación de movimientos en masa (figura 7). Se describen como laderas con algunas zonas inestables, con pendientes medias, rocas fracturadas a muy fracturadas, donde han ocurrido o existen una alta posibilidad de que ocurran estos fenómenos.

Las laderas, dentro de esta área están cerca de sus límites de estabilidad debido a la combinación de materiales de baja calidad y laderas escarpadas (mayores a 25°). Aunque la mayoría de las laderas no presentan actualmente evidencias de movimientos en masa, puede que fallen localmente cuando estas sean modificadas o intervenidas. Localmente se pueden presentar derrumbes, desprendimientos de rocas y flujos (con lluvias excepcionales).

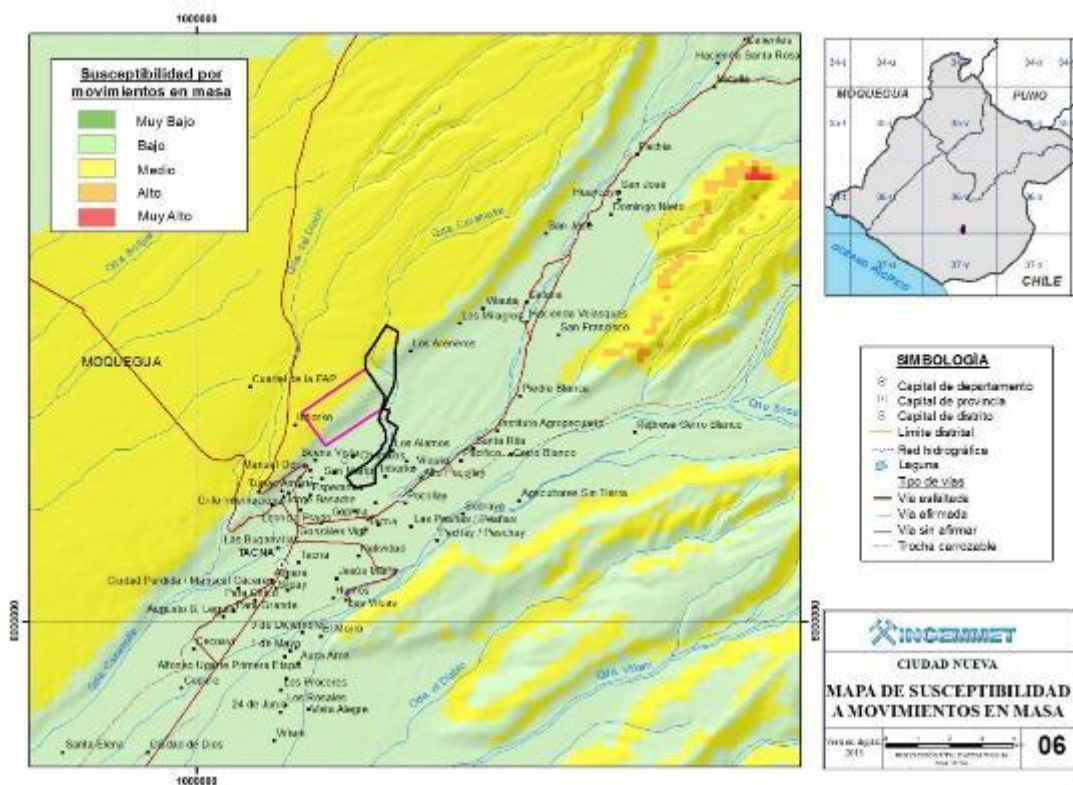


Figura 7. Mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa del Perú, escala 1:1000 000 (INGEMMET, 2010).

## CONCLUSIONES

- Los sectores 5 y 10 (A) de Ciudad Nueva, se encuentran asentados sobre el cauce de la quebrada Río Seco Caramolle, por donde se tiene evidencias que discurrieron flujos de lodo y detritos antiguos con lluvias excepcionales en el pasado geológico reciente. De presentarse un flujo de lodo excepcional pueden verse afectadas viviendas y granjas de cerdos y aves. Se han identificado además derrumbes en forma de canchales de detritos y caída de rocas en ambas márgenes de la quebrada Caramolle. Los sectores 1, 11, 14 y 15 (B) se encuentran en las faldas y cima de los cerros de La Cripia e Intiorko; las viviendas que se encuentran sobre las laderas del flanco de este último pueden verse afectadas por derrumbes y caída de rocas.
- Litológicamente, ambos sectores se encuentran asentados sobre depósitos aluviales compuestos por arenas de limos de color marrón claro, moderadamente compactas. El origen de los depósitos corresponde a antiguas ocurrencias de flujos de lodo provenientes de la pampa Huaylillas. La pendiente del terreno es suave, menor a 5°. Es notable la presencia de niveles potentes de tobas de la Formación Huaylillas en ambas márgenes de la quebrada Caramolle.
- En caso de sismo, las viviendas que se encuentran al pie de las laderas de los cerros La Cripia e Intiorko pueden ser afectadas por desprendimiento de rocas. Así como pueden colapsar por estar edificadas sobre depósitos de relleno (poco o nada compactados) o suelos de mala calidad como arenas limosas.
- El área es considerada de alto riesgo, por el elevado porcentaje de edificaciones sobre terrenos con mala calidad del suelo y construidas sin dirección técnica (autoconstrucción). El problema en la actualidad es más serio que en el 2001, y es que la población migrante ha comenzado a ocupar los terrenos arenosos del cerro Intiorko, estableciendo asentamientos humanos y centros de crianza de cerdos y aves, los cuales se ubican en una de las zonas más peligrosas para levantar construcciones.
- Ambos sectores del distrito Ciudad Nueva se encuentran en una zona de susceptibilidad de baja a media a los movimientos en masa, según el mapa de susceptibilidad del Perú (INGEMMET, 2010), donde han ocurrido o existe la posibilidad de que ocurran estos fenómenos principalmente flujos de lodo, caída de rocas y derrumbes.
- Por las condiciones geodinámicas y geotécnicas que se presentan en la zona, se pueden generar asentamientos, derrumbes y caídas en caso de sismo; y probables flujos de lodo en caso de lluvias excepcionales. Ambas zonas (A y B) son consideradas como de PELIGRO ALTO.

## RECOMENDACIONES

Para los sectores 5 y 10:

- Es necesario reubicar las viviendas y granjas ubicadas en el cauce de la quebrada Río Seco Caramolle en peligro por la probabilidad de ocurrencia de flujos de lodo en caso de lluvias excepcionales.
- Realizar trabajos que propicien el crecimiento de áreas en las partes altas de la quebrada Río Seco Caramolle y no en el cauce.
- Colocar alcantarillas en las trochas que cortan la quebrada Río Seco Caramolle, las que actualmente no permiten el desfogue o escurrimiento natural en caso de lluvias excepcionales.
- Colocar disipadores de energía en el cauce de la quebrada, mediante diques transversales (enrocado) y canalización del cauce con muros escalonados utilizando bloques de rocas para mitigar los efectos ante la ocurrencia de un flujo de lodos excepcional. Esto requiere adicionalmente de un levantamiento topográfico de detalle en la zona para la ubicación de: estructuras de disipación (espaciamiento) y canalización de la quebrada (ancho y longitud estimados).
- Realizar limpieza del cauce de la quebrada Río Seco Caramolle y prohibir el arrojo de desmonte y basura.

Para los sectores 1, 11, 14 y 15:

- Se recomienda realizar un estudio de suelos para temas de cimentación.
- Por su alta susceptibilidad a generar caídas de rocas en caso de sismos; las autoridades deben emitir ordenanzas prohibiendo que se construyan viviendas en zonas de alto peligro por movimientos en masa y suelos de mala calidad.
- Realizar bancadas y colocar muros de contención, con supervisión técnica, en laderas del cerro Intiorko.
- Mantenimiento y en algunos casos la instalación del sistema de agua potable y la red de desagüe para evitar posibles fugas que puedan acelerar procesos como derrumbes.
- Desarrollar campañas de forestación (plantas nativas) en laderas del cerro Intiorko.
- Implementar y promover una cultura de prevención de desastres (señalización de rutas de escape y zonas seguras, simulacros con la población, etc.), mediante charlas y talleres de sensibilización ante peligros geológicos, en los diferentes niveles de la población de los sectores 1, 5, 10, 11, 14, 15 y poblaciones vecinas del distrito Ciudad Nueva.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



- Acosta, H.; Mamani, M.; Alván, A.; Oviedo, M. & Rodríguez, J. (2011). Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca (36-v y 36-x), escala 1:50 000. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 139, 96 p.
- Acosta, H.; Mamani, M.; Alván, A.; Rodríguez, J. & Cutipa, M. (2012). Geología de los cuadrángulos de La Yarada, Tacna y Huaylillas (37-u, 37-v y 37-x), escala 1:50 000. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 145, 108 p.
- Cruden, D.M. y Varnes, D.J. (1966). Landslide types and process, Turner, K., y Schuster, R.L., ed., Landslides investigation and mitigation: Washington D. C., National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247, 36-75 p.
- Dirección de Geotecnia (1981). Condiciones de Seguridad de las Principales Obras de Ingeniería. INGEMMET, 118 p.
- Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (2000). Estudio de Riesgo Geológico del Perú, Franja N°1. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 23, 290 p.
- Instituto Nacional de Defensa Civil-INDECI (2001). Informes de los principales desastres ocurridos en el Perú, 41 p.
- 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.
- Wilson, J.; García, W. (1962). Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca (36-v y 36-x), escala 1:50 000. INGEMMET. Boletín. Serie A: Carta Geológica Nacional, n. 4, 82 p.
- Zavala, B.; Núñez, S. (1998). Estudio Geológico Geotécnico de la región Suroccidental del Perú. INGEMMET. Boletín. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 22 , 259 p