

Informe Técnico N° A6460

# Evaluación de peligros geológicos en la microcuenca de Ccochoc

Provincia de Calca - Región Cusco

POR:  
MSC. CARLOS LENIN BENAVENTE ESCÓBAR  
BACH. FABRIZIO DELGADO MADERA

MAYO 2011

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



## **EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA MICROCUENCA DE CCOCHOC, PROVINCIA DE CALCA - REGIÓN CUSCO**

### **CONTENIDO**

#### Lista de Figuras

#### Contenido

1. Introducción	6
2. Aspectos geomorfológicos	6
2.1. Altiplanicies	6
2.2. Cordillera Oriental	8
2.3. Valle del Vilcanota-Urubamba	10
3. Aspectos geológicos	10
3.1. Formación Zapla	10
3.2. Formación Paucartambo	12
3.3. Grupo Mitu	12
3.4. Formación Huancane	12
3.5. Grupo Yuncaypata	12
3.6. Formación Paucarbamba	13
3.7. Formación Maras	13
3.8. Depósitos cuaternarios	13
A. Depósitos glaciares	13
B. Depósitos aluvio - proluviales	13
C. Depósitos fluviales	14
4. Movimientos en masa en la microcuenca de Ccochoc	14
4.1. Antecedentes de movimientos en masa y estudios realizados	14
4.2. Peligros geológicos	16

4.3.	Inventario de procesos geológicos	16
4.4.	Estadísticas y características de peligros	17
5.	Zonas críticas	17
5.1.	Zona 1: Tramo quebrada Pallqay- Quellopuito	18
5.2.	Zona 2: Pampacocha	19
5.3.	Zona 3: Quebrada Totorá	20
5.4.	Zona 4: Quebrada Huamanchoque	20
5.5.	Zona 5: Accha baja	22
5.6.	Zona 6: La ciudad de Calca	24
6.	Peligro sísmico	27
6.1.	Sistema de fallas Calca	28
6.2.	Falla Qoricocha	29
6.3.	Falla Tambomachay	29
6.4.	Falla Pisac	30
6.5.	Falla Pachatusan	30
6.6.	Falla Qolquepata	31
	Conclusiones	35
	Recomendaciones	35
	Referencias	

**Lista de figuras:**

Figura 1: Fotografía mostrando las altiplanicies y montañas del Cusco.

Figura 2: Vista del nevado Pitusiray y del valle glaciar.

Figura 3: Vista del Valle Sagrado de los Incas – Cusco.

Figura 4: Inventario de peligros geológicos en la microcuenca de Ccochoc.

Figura 5: Formación de deslizamientos debido al corte de talud y ampliación de la carretera Calca-Lares

Figura 6: Base del botadero de la carretera Calca-Lares (Km 21), este genera flujos de lodo, ya que el material no tiene un tratamiento y se sobresatura con las precipitaciones pluviales.

Figura 7: Vista panorámica de la laguna de Pampacocha.

Figura 8: Material excedente del corte de talud arrojado hacia el río Ccochoc, quebrada Totorá

Figura 9: Vista del Nevado Colque Cruz, en la cabecera de la quebrada Huamanchoque.

Figura 10: Falla geológica afectando depósitos fluvio glaciares cuaternarios. (Ver fecha roja)

Figura 11: Escarpe de deslizamiento de Accha baja, este asentamiento afectó varias viviendas y terrenos de cultivo.

Figura 12: Deslizamientos a partir del corte de talud efectuado con la finalidad de ampliar la carretera Calca – Machacancha – Lares.

Figura 13: Vista aérea de la ciudad de Calca emplazada sobre el abanico aluvial. El polígono azul representa las zonas inundadas con las lluvias de febrero del 2011. Google Earth

Figura 14: Vista de la quebrada Ccochoc y la ciudad de Calca.

Figura 15: Defensa ribereña en el río Urubamba. En febrero del 2010 las fuertes lluvias incrementaron el nivel del río, llegando a sobrepasar el nivel del enrocado e inundar todas las viviendas y áreas de cultivo.

Figura 16: Mapa de ubicación de las fallas geológicas activas en la región del Cusco, las líneas rojas gruesas indican las fallas potencialmente activas. Tomado de Benavente et al., 2010.

Figura 17: Escarpe de falla del sistema de falla de Calca, el escarpe de falla tiene 15 m de desnivel de la superficie. Ver flechas rojas.

Figura 18: Fotografía tomada en Huancarcocha donde se muestra uno de los segmentos del sistema de falla de Calca.

Figura 19: Falla activa Qoricocha, ubicada al norte de la ciudad del Cusco.

Figura 20: Falla Tambochay, vista al norte. En la fotografía se puede observar el escarpe de falla y como la dirección de los drenajes son alterados por la actividad de rumbo de la falla.

Figura 21: Segmento de falla del Sistema Pachatusan, esta falla afecta morrenas glaciares y a los volcánicos cuaternarios Rumicolca.

Figura 22: Segmento de la falla Qolquetapa, el desnivel de la superficie es de 5 m.

Figura 23: Segmento de la falla Qolquepata.

Figura. 24: Curvas de intensidades máximas de Escala de Mercalli modificada.

Figura 25: Mapa de Zonificación Sísmica del Perú.

#### **Lista de mapas:**

Mapa 1: Mapa de Ubicación.

Mapa 2: Mapa geomorfológico.

Mapa 3: Mapa geológico.

Mapa 4: Mapa de peligros geológicos

#### **Lista de cuadros:**

Cuadro N° 01: Peligros geológicos en el área evaluada – datos históricos

## INTRODUCCIÓN

La ciudad de Calca se ubica en la parte central del Valle Sagrado de los Incas, es la capital de la provincia del mismo nombre y pertenece a la región Cusco (Mapa 1); esta ciudad se encuentra emplazado sobre conos de deyección formado por flujos de detritos (huaycos y aluviones) antiguos que descendieron por la quebrada Ccochocc.

La microcuenca Ccochoc viene a ser calificada como “geodinámicamente activa”, evidenciándose varios tipos de procesos de movimientos en masa.

Con oficio N° 0465-2010/A-MPC, la Municipalidad Provincial de Calca de la región Cusco, solicita la evaluación de peligro geológico e inundaciones en la Provincia de Calca - Región Cusco. El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) por intermedio de la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico, comisiona a los profesionales Carlos Benavente y Fabrizio Delgado.

Los trabajos de campo se realizaron entre del 6 al 9 de diciembre del 2010 previa coordinación con el Sr. alcalde Ciriaco Condori Cruz y los señores Julio Villavicencio y Beni Céspedes, responsables del Comité Provincial de Defensa Civil - Calca. Vale la pena resaltar que en dicha reunión coincidimos que por tratarse de un área extensa y por los pocos días de campaña de campo, iniciar la evaluación geodinámica de la microcuenca Ccochoc e influencia en la ciudad de Calca, quedando pendiente el resto del área, previa planificación y coordinación entre las autoridades de las dos instituciones.

En consecuencia, el presente informe contiene documentación obtenida en campo sobre la evaluación geodinámica de la microcuenca Ccochoc e influencia en la ciudad de Calca.

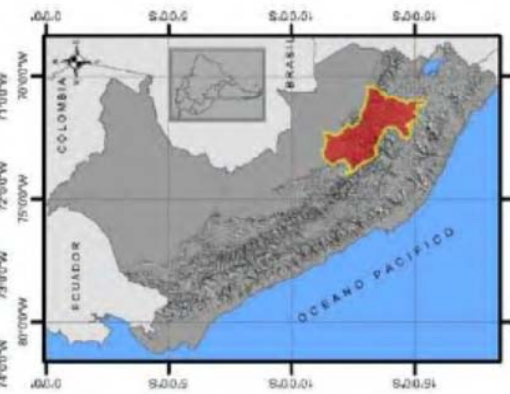
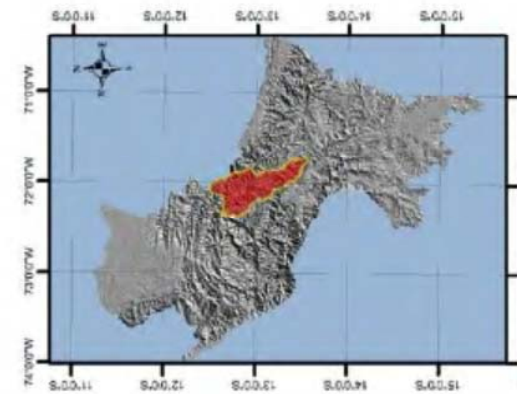
### 1. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

Entre Cusco y el área de estudio se reconocen las siguientes Unidades Geomorfológicas: Altiplanicies, Cordillera (Occidental) y Valle (Vilcanota – Urubamba), además de unidades locales que se ubican dentro de estas (ver Mapa 2).

#### 2.1. ALTIPLANICIES

Esta unidad corresponde a zonas con relieves planos con altitudes que varían entre 4200 y 4300 msnm. En esta unidad se han diferenciado las siguientes geoformas: la **Pampa** de Maras y las **Montañas del Cusco** (Figura 1), dentro de ellas también se encuentra la **Meseta** de Sacsayhuaman. Estas geoformas están separadas en algunos casos por fallas de dirección NO-SE.

“Evaluación de peligros geológicos en la Microcuenca de Ccochoc, Provincia de Calca – Región Cusco”



EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA MICROCUENCA DE CCOCHOC  
 PROVINCIA CALCA-REGIÓN CUSCO

**XINGEMMET**  
**UBICACIÓN**

0 90 180 360 540 Km

WGS\_1984\_UTM Zona 19 Sur Mapa 01

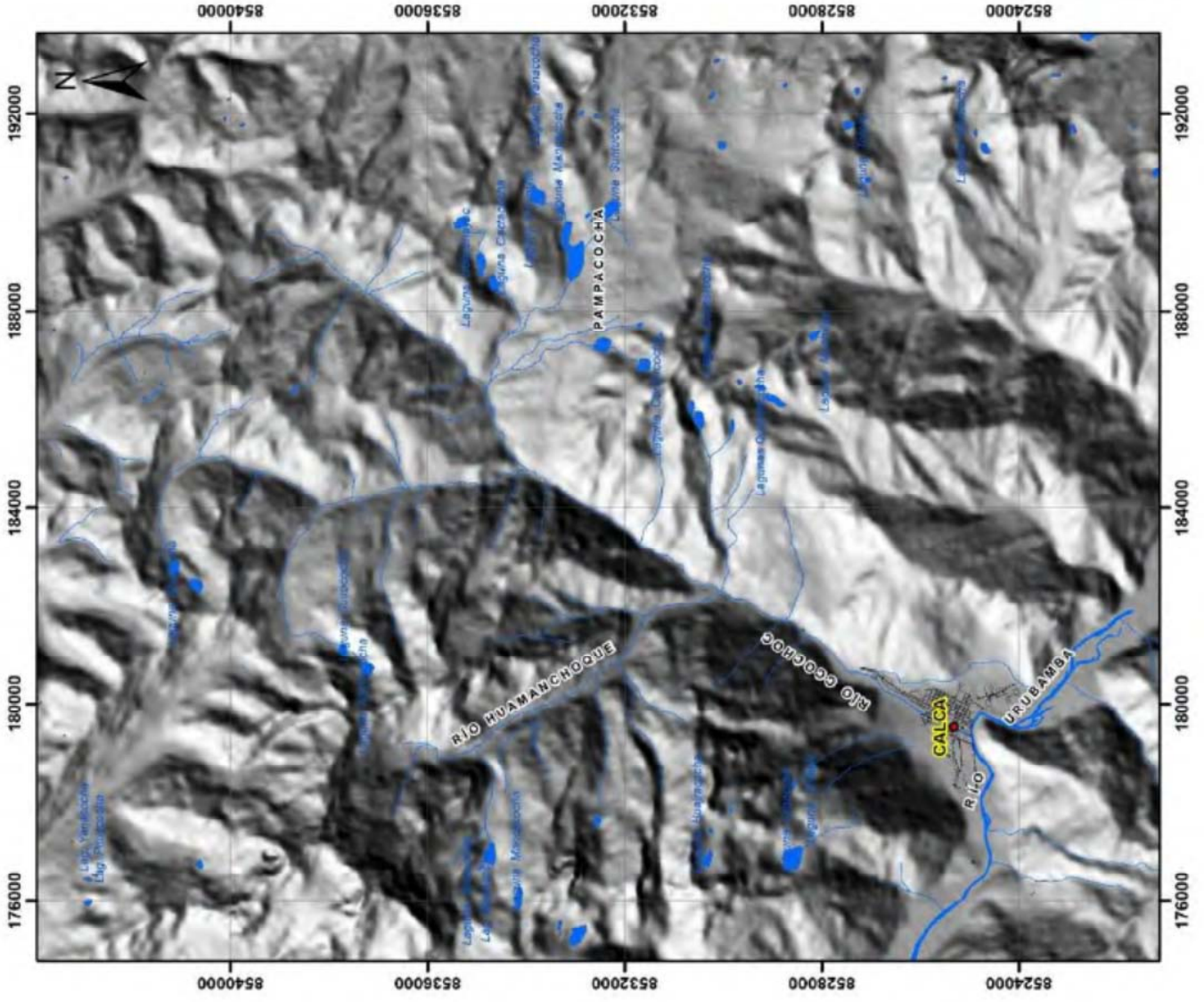




Figura 1: Fotografía mostrando las altiplanicies y montañas del Cusco.

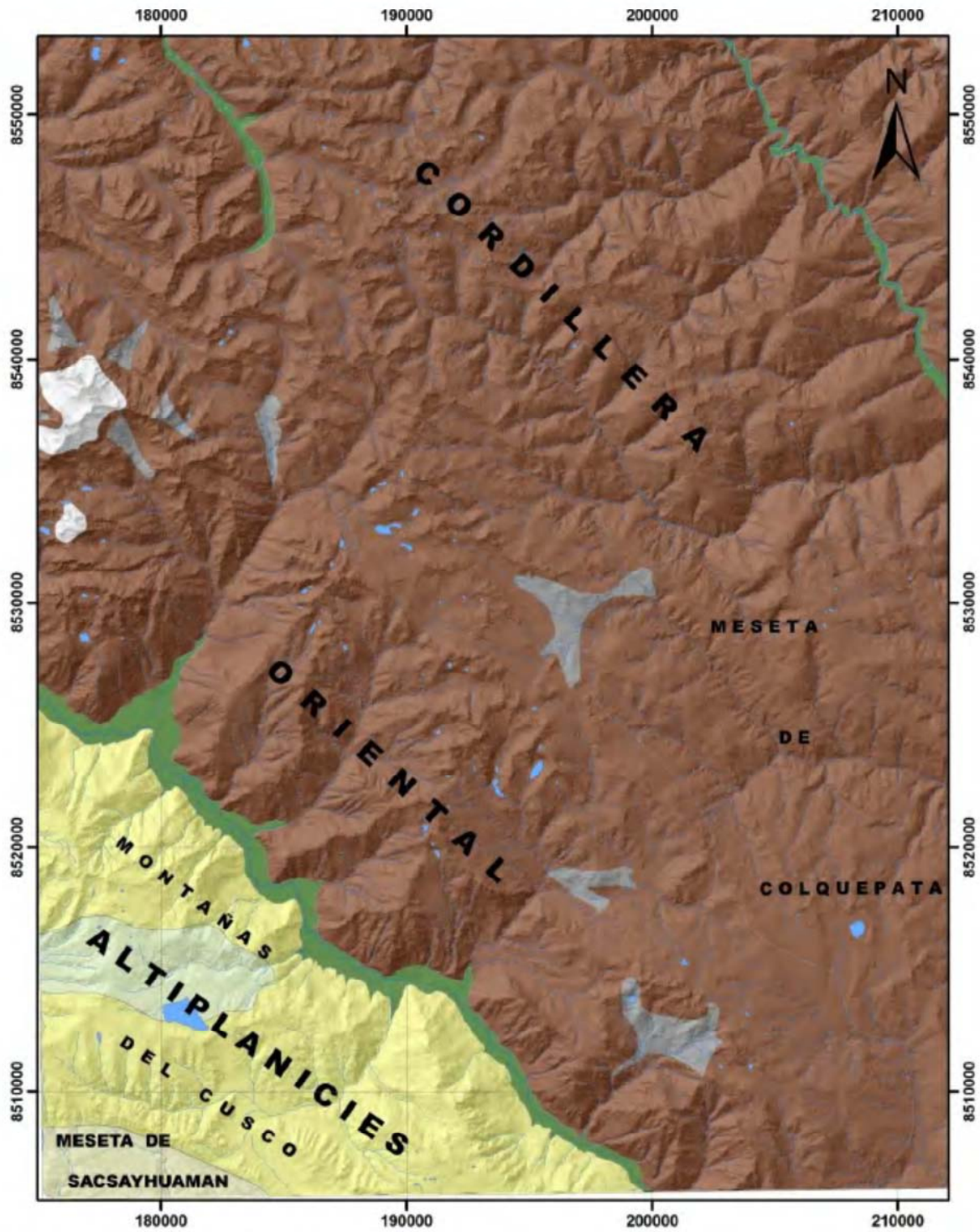
## 2.2. CORDILLERA ORIENTAL

Es una unidad morfo - estructural fuertemente individualizada, que se localiza en la zona de estudio y bordeada por fallas NO-SE. En esta unidad los sectores más elevados son los **Nevados** cuyos glaciares muestran claros signos de retroceso. El límite inferior de las nieves se halla por lo general a 5000 msnm. Además de los glaciares se aprecian, geformas de origen glaciar como “**circos glaciares**”, **valles en “U”** y **morrenas** (Figura 2). Dentro de esta unidad se tiene la cadena de nevados de Pitusiray – La Verónica, la **meseta** de Colquepata y los **valles intracordilleranos** como son: el valle del río Lares y el valle del río Paucartambo.



Figura 2: Vista del nevado Pitusiray y del valle glaciar.





**UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS**

**CORDILLERA ORIENTAL**

- Cordillera Oriental
- Nevado
- Morrena

**ALTIPLANICIES**

- Montañas del Cusco
- Meseta de Sacsayhuaman
- Pampa de Piuray-Maras

**VALLES**

- Valle

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA MICROCUENCA DE CCOCHOC PROVINCIA CALCA-REGIÓN CUSCO		
<b>GEOMORFOLOGÍA</b>		
1:220,000		
WGS_1984_UTM	Zona 19 Sur	Mapa 02

### 2.3. VALLE DEL VILCANOTA-URUBAMBA

Se considera como valle interandino, presentando en este tramo una dirección preferencial SEE a NOO y aparece a una altitud de 3000 msnm, con terrazas amplias. Por consiguiente, corresponde a un **valle** ancho, mostrando una evolución madura (Figura 3), cuyo cauce forma canales entrelazados por tramos. Con laderas y vertientes moderadamente suaves a empinadas. En los bordes se observan importantes **conos aluvio – proluviales** como el de Calca que proviene de la quebrada Ccochoc.



Figura 3: Vista del Valle Sagrado de los Incas – Cusco.

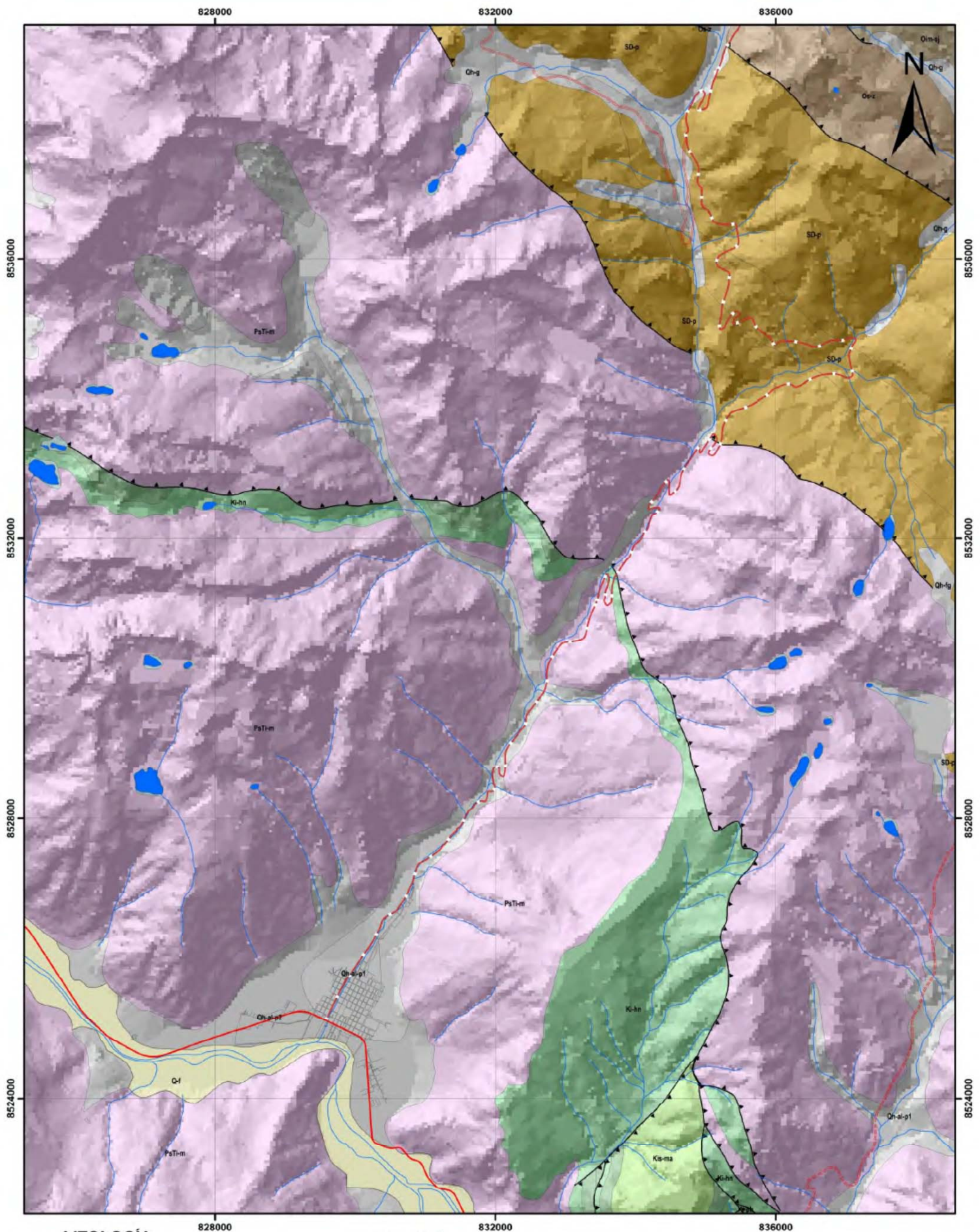
## 3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

En la microcuenca Ccochoc afloran diferentes unidades litoestratigráficas (Mapa 3). Su descripción, líneas bajo, se ha realizado tomando como base el Boletín N° 65 de la Carta Geológica Nacional del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

### 3.1. FORMACIÓN ZAPLA (Os-z)

Esta unidad aflora en la carretera Calca-Amparaes, alcanzando espesores entre 100 y 300 metros de espesor. Estos afloramientos se prolongan hacia las lagunas de Suntucocha y Huascacocha, alturas de Calca.

La Formación Zapla sobreyace en aparente concordancia estratigráfica a la Formación Sandia, que está constituida hacia la base por bancos de areniscas cuarzosas intercaladas con pizarras, luego se tienen los niveles diamictíticos (microbrechas glaciares), para luego pasar a unos bancos de microconglomerados cuarzosos con una matriz arenosa, intercalados con bancos cuarcíticos y pizarras que se hacen predominantes hacia el techo.



**LITOLOGÍA**

Q-f	Depósitos Fluviales
Q-al-p	Depósitos Aluvio-Proluviales 1, 2
Q-g	Depósitos Glaciares
Ki-ma	Formación Maras
Ki-pb	Formación Paucarbamba
Ki-hn	Formación Huancané
PsTi-m	Grupo Mitu
SD-p	Formación Paucartambo
Os-z	Formación Zapla

**SIMBOLOGÍA**

—	Contacto conocido
▲▲▲	Falla Inversa
---	Trocha carrozable
---	Via afirmada
---	Via asfaltada
---	Via sin afirmar
Y	Drenaje
○	Lagos

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA MICROCUENCA DE CCÓCHOC  
 PROVINCIA DE CALCA-REGIÓN CUSCO

**INGEMMET**  
**GEOLOGÍA**

0 1 2 4 Km

1:50,000

WGS_1984_UTM	Zona 19 Sur	Mapa 03
--------------	-------------	---------

Desde el punto de vista geomecánico, las pizarras son poco consistentes; así como las diamictitas, que por su matriz arcillosa en contacto con el agua actúan de manera plástica. En zonas de pendiente fuerte, desarrollan deslizamientos, reptaciones y derrumbes. Estos materiales constituyen rocas de mala a regular calidad, con resistencias a la compresión estimadas entre 25 a 100 Ma.

### **3.2. FORMACION PAUCARTAMBO (SD-p)**

Aflora al norte de Machacancha y al sur de Calca en el sector de Muyo Orqo, debido a fallas inversas que saca al Paleozoico sobre el Permo-Triásico. Se trata de una secuencia bastante uniforme de pizarras y esquistos de origen marino, sin estratificación visible, intercalados con escasos bancos pequeños de cuarcitas. Su espesor aproximado es de 1000 metros.

Desde el punto de vista geomecánico son rocas con características mecánicas malas por lo que frecuentemente se observa el desarrollo de deslizamientos que se reactivan en época de lluvias. Estos materiales constituyen rocas de mala calidad, con resistencias a la compresión estimadas entre 25 a 50 Ma.

### **3.3. GRUPO MITU (PmTi-m)**

El Grupo Mitu aflora ampliamente en la microcuenca Cochoc, se trata de rocas volcánicas constituida por brechas, aglomerados y coladas de basaltos, riolitas e ignimbritas. Estas rocas volcánicas, se intercalan con rocas sedimentarias (conglomerados y areniscas cuarzosas), caracterizándose por su color rojo violáceo que permite reconocerlas rápidamente en el campo.

El espesor de esta unidad, es variable, de 600 a 1000 metros. Estas rocas, en general están muy fracturadas por lo que constituyen buenos acuíferos fisurados pero a su vez puede generar caídas de rocas y volcamientos, además, cuando están alteradas y muy fracturadas pueden desarrollar deslizamientos. Estos materiales constituyen rocas de mala a regular calidad, con resistencias a la compresión estimadas entre 25 a 100 Ma.

### **3.4. FORMACION HUANCANE (Ki-hn)**

La Formación Huancané reposa en discordancia erosional sobre el Grupo Mitu, aflora al norte de Machacancha; al este de la ciudad de Calca en el cerro Calvario; aflora también al sureste de Calca en las partes altas de la margen izquierda del río Vilcanota en la microcuenca Uchuycosco.

La Formación Huancané está compuesta por conglomerados, areniscas conglomerádicas y principalmente areniscas cuarzosas de color blanco. Las areniscas cuarzosas, por ser bastante porosas y permeables, la hacen muy buenos acuíferos, pueden ser utilizados como materiales de construcción. Estos materiales constituyen rocas de regular calidad, con resistencias a la compresión estimadas entre 50 a 100 Ma.

### **3.5. GRUPO YUNCAYPATA**

El Grupo Yuncaypata aflora preponderantemente al sureste de Calca en las partes altas de ambos márgenes del río Vilcanota. Cabe resaltar que los sedimentos pertenecientes a este grupo no forman parte de los depósitos de la quebrada

Cochoc y la ciudad de Calca. Este grupo se divide en 4 formaciones: Paucarbamba, Maras, Ayavacas y Puquín.

Desde el punto de vista mecánico las rocas de este grupo son inestables, especialmente por los yesos, constituyendo rocas de mala calidad, con resistencias a la compresión estimadas entre 25 a 50 Ma.

### **3.6. FORMACIÓN PAUCARBAMBA (Ki-pb)**

La Formación Paucarbamba reposa concordantemente sobre la Formación Huancané y aflora en casi todos los lugares donde lo hace la Formación Huancané, del que se distingue claramente por su coloración rojiza.

Esta formación está constituida por una alternancia de areniscas calcáreas, margas, lutitas amarillas, rojizas y verdes, formando secuencias grano-estrato crecientes depositados en una plataforma litoral (Chávez, 1995). El espesor puede variar desde los 50 metros, hasta los 300 metros. En las zonas donde aflora las lutitas se aprecian grandes deslizamientos. Estos materiales constituyen rocas de mala a regular calidad, con resistencias a la compresión estimadas entre 25 a 100 Ma.

### **3.7. FORMACIÓN MARAS (Ki-ma)**

Sobreyace concordantemente a la Formación Paucarbamba. Aflora ampliamente al este y sureste de Calca hasta Pisac, en las partes altas de ambos márgenes del río Urubamba. En estos sectores los afloramientos se presentan de manera caótica, es decir una mezcla de yesos, lutitas rojas y verdes en menor proporción y escasamente calizas, producto de deformaciones diapíricas. Constituyen zonas potenciales para formar movimientos en masa. Estos materiales constituyen rocas de mala calidad, con resistencias a la compresión estimadas entre 25 a 50 Ma.

### **3.8. DEPÓSITOS CUATERNARIOS**

#### **A. DEPÓSITOS GLACIARES (Q-g)**

Los depósitos glaciares (morrenas), se ubican al pie del nevado Canchacanchayoc, ubicado al Noroeste de la ciudad de Calca.

Las morrenas son depósitos compuestos de bloques en una matriz de gravas areno-arcillosa. Su comportamiento no es estable cuando se halla en zonas de pendiente abrupta y solo necesitan agua o aludes para formar aluviones. Su comportamiento en la zona es relativamente estable. Sin embargo pueden constituir materia prima para el desarrollo de aluviones, si se concentran en la zona, lluvias extraordinarias intensas.

#### **B. DEPÓSITOS ALUVIO - PROLUVIALES (Q-al,p)**

Dentro de estos depósitos se consideran los conos aluviales y de deyección. En la zona de estudio se ha identificado el mayor cono aluvial Cochoc sobre la cuales se emplaza la ciudad de Calca y zonas aledañas.

Estos depósitos se reconocen también a lo largo de la quebrada Cochoc, donde mayormente se emplazan asentamientos humanos y zonas agropecuarias.

Depósitos producto del acarreo constante de los materiales que arrastra la quebrada Ccochoc, así como los productos de huaycos y aluviones que periódicamente ocurren en ésta. Se componen de grandes bloques de rocas volcánicas, y metamórficas envueltos en una matriz gravo-areno-arcillosa. Generalmente tienen mala selección y estratificación y su permeabilidad es media a alta. Su comportamiento mecánico es heterogéneo, variando entre malo, aceptable a bueno.

#### C. DEPÓSITOS FLUVIALES (Q-f)

Estos depósitos han sido reconocidos en el fondo del valle particularmente del Urubamba así como en la quebrada Ccochoc. Generalmente estos materiales son inconsolidados y tienen alta permeabilidad; y están constituidos por bancos de gravas y arenas, formando una o varias terrazas, las que en algunos casos vienen siendo explotados de manera irracional.

Sobre los depósitos fluviales del valle Ccochoc y Vilcanota se ubican muchos asentamientos humanos, terrenos agropecuarios, caminos vehiculares y peatonales.

### 4. MOVIMIENTOS EN MASA EN LA MICROCUENCA DE CCOCHOC

#### 4.1. ANTECEDENTES DE MOVIMIENTOS EN MASA Y ESTUDIOS REALIZADOS

La microcuenca Ccochoc evidencia una alta actividad geodinámica, teniendo antecedentes registrados a partir del año 1950 hasta la actualidad (Cuadro 1), entre los eventos registrados se tiene deslizamientos, caída de rocas, flujos, etc., también se tiene el registro de sismos que afectaron a la ciudad de Calca.

CUADRO N° 01: Peligros geológicos en el área evaluada – datos históricos

Fecha	Evento	Lugar	Fuente de Información	Impacto
1950	Aluvión	Calca	Ciudades Sostenibles	Calle Espinar y Miguel Grau. Plaza de Armas
1960, 1970, 1980	Inundaciones	Zona de Piste	Ciudades Sostenibles	Inundaciones y huaycos. Puentes provisionales dañados.
23/03/1977	Deslizamiento	Calca	El Comercio 24.03.77	Derrumbe en la carretera de Calca-Amparaes-Quellouno.
09/02/1979	Deslizamiento	Calca	El Comercio 10.02.79	
1980 ó 1983	Embalse	Huamanchoque	Ciudades Sostenibles	Laguna Estanco. Margen derecha río Qochoq. Comunidad de Huamanchoque. Afectados canales de irrigación, captaciones de agua potable y terrenos de cultivo.
24/01/1982	Inundación	Zona Huarán	El Comercio 24.01.82	
05/04/1986	Sismo	Calca	El Comercio 07-04-86	Epicentro 20 Km. al NO entre Poroy e Izcuchaca
1989	Embalse río Ccochoc	Aguas arriba de la Planta Eléctrica	Ciudades Sostenibles	Embalse río Qochoq por Deslizamiento. Se afectaron por el desembalse terrenos de cultivo, viviendas, calles Espinar, Miguel Grau, Plaza de Armas, carretera a Urubamba.
25/01/1995	Huayco	Calca	WEB-INDECI	25 damnificados, 5 viviendas afectadas,

				103 ha. afectadas
16/01/1997	Inundación	Calca	INDECI	82 damnificados, 16 viviendas afectadas, 6 ha. afectadas
12/12/1997	Huayco	Calca	INDECI	75 damnificados, 15 viviendas afectadas
11/12/1998	Huayco	Calca	INDECI	15 viviendas afectadas, 35 ha. afectadas
04/02/2000	Inundación	Calca	INDECI	288 damnificados, 48 viviendas destruidas, CPDC de Calca efectúa trabajos de rehabilitación de la carretera, apoyo logístico a damnificados.
09/02/2002	Desembalse de río Qochoq	Planta Grande (planta eléctrica), quebrada Ancahuachana	Ciudades Sostenibles	2 a.m. de la madrugada. Desembalse arrasó la tubería de conducción de EMSAPA; inundó parte de terrenos de cultivo y la carretera Calca-Lares, así como 16 viviendas del barrio Piste, afectando casas y animales menores en la ciudad de Calca
04/02/2003	Inundación	Zona de Piste	Ciudades Sostenibles	Sin mayores daños
09/02/2003	Inundación	Calca	SIAPAD	Precipitaciones pluviales incrementaron el caudal del río Qochoq. 05 familias damnificadas
01/01/2004	Deslizamiento	Calca	SIAPAD	Pumaccocha – deslizamiento ocasionó el colapso de vivienda. 01 familia damnificada (08 personas) y terrenos de cultivos afectados
13/01/2004	Inundación	Calca	SIAPAD	Desborde del río Raccamayo – Arin Huarán, por constantes precipitaciones. Desbordes amenazan poblado
05/02/2004	Inundación	Calca	SIAPAD	Desborde del río Chaypa que inunda viviendas. 10 familias (40 personas) damnificadas por ser declaradas inhabitables sus viviendas. Los propietarios recuperaron la mayor parte de sus pertenencias
23/12/2004	Aluvión	Calca	SIAPAD	Aluvión en Saclo. 13 viviendas afectadas, 01 vivienda colapsada, 01 niña de 08 años desaparecida, 01 anciana fallecida
2006	Inundación	Totora	Ciudades Sostenibles	Arrasó algunas viviendas, luego de confluencia de cauces
23/12/2006	Deslizamiento	Calca	SIAPAD	Deslizamiento de Accha Baja interrumpe carretera a Lares. Corte de la vía por deslizamiento provocado por ruptura de canal inca margen izquierda del Qochoq
Feb 2007	Desborde de río	Piste: bocatomas y puente	Ciudades Sostenibles	Muros de defensa afectados. El nivel de las aguas supero la luz de puentes, muro de margen derecha cayó
Feb 2007	Caída de rocas	Ladera izquierda, Cancha Cancha, altura del fin de carretera	Propia*	Aplastó ganado
03/02/2007	Inundación	Totora	SIAPAD	Desborde de río en la comunidad de Totora. 05 viviendas afectadas
23/09/2007	Sismo	Lares	SIAPAD	Algunas viviendas fisuradas
23/09/2007	Inundación	Calca	SIAPAD	Colapso del sistema agua potable en Urco. 50 viviendas afectadas - Urco

Fuentes primarias: INDECI (Web), Estudio de Ciudades Sostenibles 2005, SIAPAD (Web) e Ing. O'Connor (ocurrencia durante Proyecto\*)

Fuente: Diagnóstico de Peligros del Distrito de Calca, Cusco, Perú, Ing. O'Connor, 2007-2008

En esta microcuenca se han realizado numerosos estudios, los cuales, en su oportunidad, sirvieron para elaborar planes de contingencia en caso ocurra algún evento desastroso. Es importante mencionar que todos estos, fueron coordinados con Defensa Civil. Los principales son:

- Estudio Mapa de Peligros de la ciudad de Calca, Proyecto INDECI-PNUD PER/02/051 Ciudades Sostenibles, Julio 2005.
- Proyecto Piloto Participativo Gestión Local del Riesgo de Desastres, Distrito de Calca – Región Cusco 2007-2008. "Componente de la Gestión de Riesgos para el ordenamiento territorial de la ciudad de Calca, Distrito Calca, Región Cusco, Perú, elaborado por PREDES en convenio con la Municipalidad Provincial de Calca y Defensa Civil.
- Sistematización del Proyecto Piloto Participativo Gestión Local del Riesgo de Desastres, Distrito de Calca – Región Cusco 2007-2008. "Componente de la Gestión de Riesgos para el ordenamiento territorial de la ciudad de Calca, Distrito Calca, Región Cusco, Perú, elaborado por PREDES en convenio con la Municipalidad Provincial de Calca y Defensa Civil.
- Plan de contingencia ante inundaciones en Calca, elaborado por PREDES en convenio con la Municipalidad Provincial de Calca y Defensa Civil, Setiembre 2008.
- Plan de gestión local del riesgo de desastres Calca-Perú, elaborado por PREDES en convenio con la Municipalidad Provincial de Calca y Defensa Civil, Noviembre 2008.

#### **4.2. PELIGROS GEOLÓGICOS**

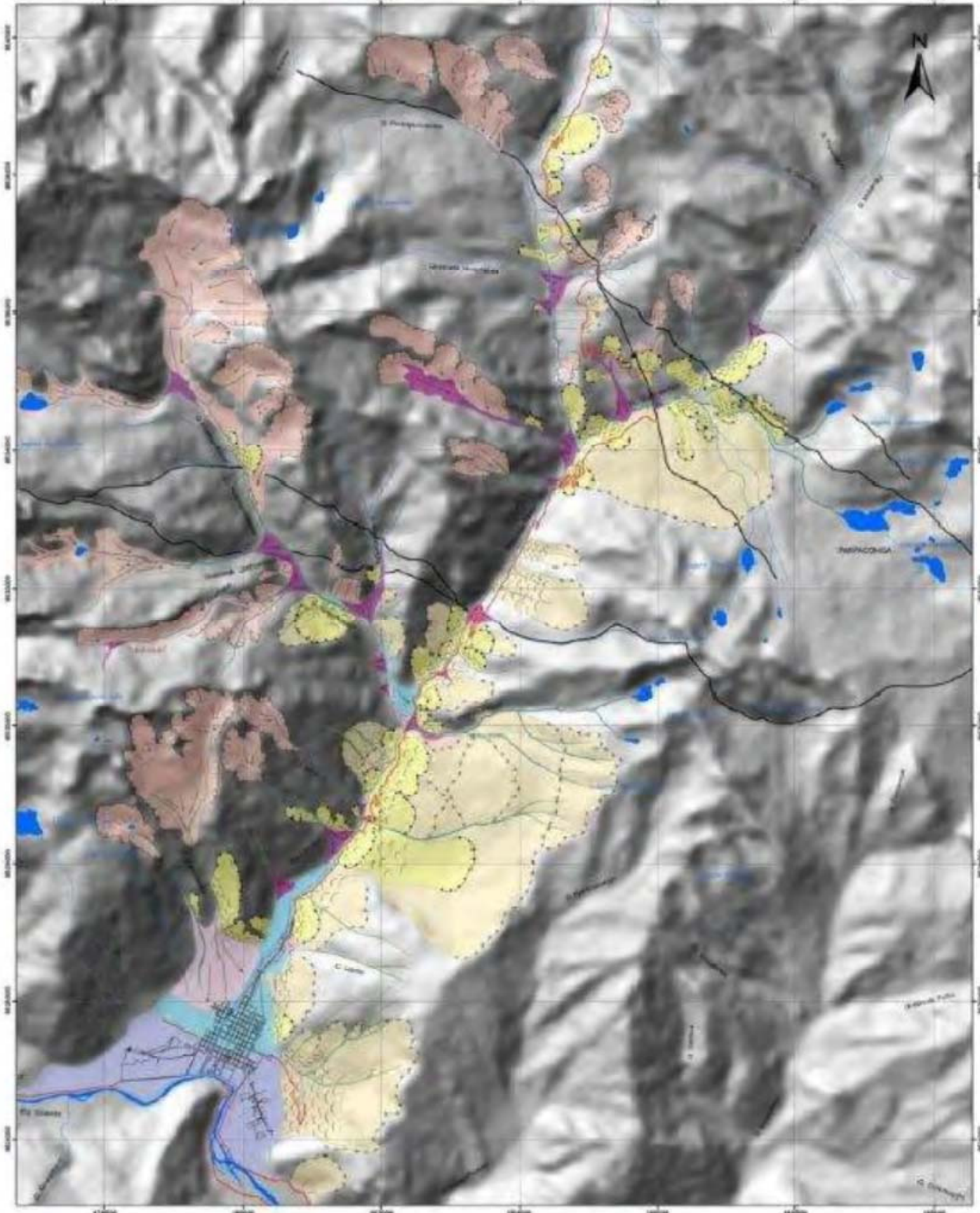
La microcuenca Ccochoc, que por su pendiente, litología (fracturamiento y alteración), presencia de nevados y glaciares; presenta alta actividad geodinámica (externa). Tiene dirección NE-SO, discurrendo el río del mismo nombre, siendo uno de los principales afluentes del río Vilcanota. A lo largo de esta quebrada se pueden observar diferentes procesos geológicos que a continuación pasamos a describir (Mapa 4).

#### **4.3. INVENTARIO DE PROCESOS GEOLÓGICOS**

El cartografiado geomorfológico – geodinámico e inventario de peligros geológicos realizado sobre mapas a escala 1:25 000, se realizó tanto en campo como en gabinete (identificación de movimientos en masa antiguos y recientes en base a la interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales), detalla la ocurrencia de peligros por movimientos en masa.

La base de datos obtenida, registra la ocurrencia de 163 procesos geológicos entre deslizamientos activos, deslizamientos antiguos, caída de detritos, flujos de detritos (huaycos y aluviones), inundación, movimientos complejos y cárcavas, donde se consignan la tipología del evento, su georeferenciación en coordenadas UTM, las causas del evento, características geomorfológicas, litológicas del substrato, así como los daños ocasionados y una estimación de su peligro potencial y grado de riesgo.



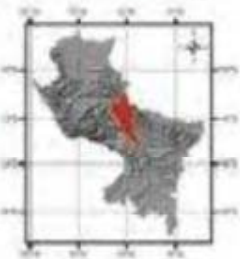


**LEYENDA  
PELIGROS GEOLÓGICOS**

- Deslizamiento Activo
- Deslizamiento Antiguo
- Caída de Rocas y Depósito de Detritos
- Cársticos
- Flujo de Detritos 4
- Flujo de Detritos 3
- Flujo de Detritos 2
- Flujo de Detritos 1

**SIMBOLOGIA**

- Reda Cuaternaria
- Drenaje
- Lagos y Lagunas
- Tronca Carretera
- Límite del Estado
- Zona Urbana



INSTITUCIÓN DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS  
 INSTITUTO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA  
**INGEMMET**  
**PELIGROS GEOLÓGICOS**  
 1:35,000  
 WGS 1984 UTM    Zona 17 Sur    Mapa 01

#### 4.4. ESTADÍSTICAS Y CARACTERÍSTICAS DE PELIGROS

Del inventario de movimientos en masa realizado en la microcuenca de Ccochoc, se puede obtener por medio de un conteo estadístico simple (Figura 4), que del total de 163 ocurrencias, las cárcavas o erosión de laderas se presentan en mayor número, demostrando la mala calidad del macizo rocoso y el estado inconsolidado de los materiales superficiales que la cubren. Luego tenemos 50 ocurrencias de deslizamientos, que comprometen principalmente las laderas de ambas márgenes de la microcuenca. Le siguen la caída de detritos con 25 ocurrencias, movimientos complejos con 16 ocurrencias, flujos de detritos (Huaycos) con 10 y por último zonas con inundaciones con 3 ocurrencias.

De los 50 deslizamientos identificados, 31 son activos y se encuentran en ambas márgenes de la quebrada, en algunos casos estos procesos geológicos se combinan con otros movimientos en masa llegando a formar zonas críticas. A continuación describimos las más importantes.

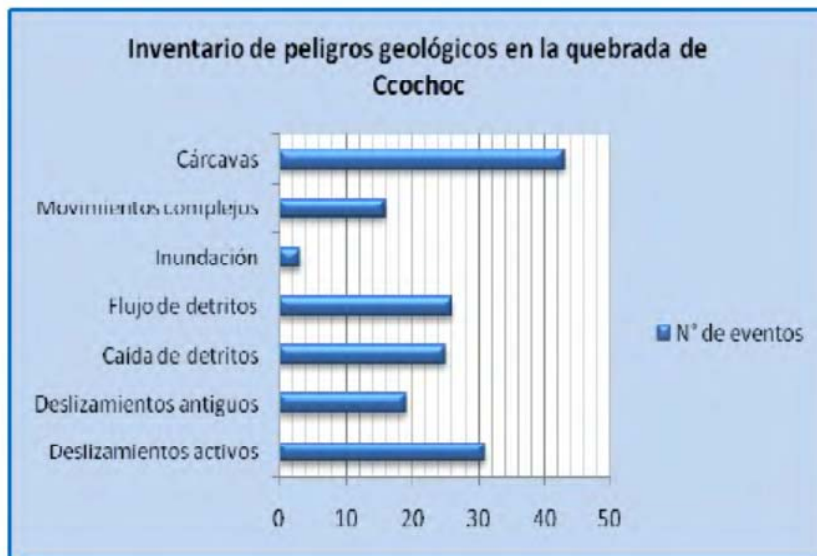


Figura 4: Inventario de peligros geológicos en la microcuenca de Ccochoc.

#### 5. ZONAS CRÍTICAS

La identificación y descripción de zonas críticas, se determinó en función al grado de peligro potencial individual y/o el análisis de densidad de ocurrencias de peligros potenciales en un área o sector, donde se exponen infraestructura o poblaciones, vulnerables a uno o más peligros geológicos (Mapa 5).

De norte a sur las zonas críticas identificadas en el área de estudio son:

- Zona 1: Tramo quebrada Pallqay – Quellopuito.
- Zona 2: Pampacocha.
- Zona 3: Quebrada Totora.
- Zona 4: Quebrada Huamanchoque

- Zona 5: Accha Baja
- Zona 6: Ciudad de Calca}

### **5.1. ZONA 1: TRAMO QUEBRADA PALLQAY- QUELLOPUITO**

En esta zona se observan un conjunto de deslizamientos que se formaron por la poca competencia geomecánica de las pizarras y lutitas, estas rocas son propensas a saturarse con agua, lo que favorece la formación de deslizamientos y reptaciones de suelos. Los "detonantes" de estos deslizamientos pueden ser las precipitaciones excepcionales y los sismos. Es importante mencionar que los cortes de talud que se viene ejecutando para la ampliación de la carretera que une Lares con Calca, son factores de desestabilización de las laderas (Figura 5).



Figura 5: Formación de deslizamientos debido al corte de talud y ampliación de la carretera Calca-Lares

A lo largo de este tramo, se observó que por las quebradas tributarias, en épocas de intensas precipitaciones pluviales, descienden pequeños flujos de detritos (huaycos) que bloquean esta vía y en algunos casos destruyen parte de la plataforma.

En el Km 21+000, se ubica un botadero del material de corte de los taludes, este al no tener obras de contención y tratamiento, se generan deslizamientos de tierra y flujos de detritos detonados por las intensas precipitaciones pluviales que se producen en la zona. Este material "almacenado" podría saturarse y deslizarse pendiente abajo represando el río (Figura 6).



Figura 6: Base del botadero de la carretera Calca-Lares (Km 21), este genera flujos de lodo, ya que el material no tiene obras de contención y un tratamiento.

## **5.2. ZONA 2: PAMPACOCHA**

Representa una de las zonas más críticas de la microcuenca, debido a la presencia de rocas de mala calidad (muy alteradas y fracturadas) y a la ubicación de una falla geológica (falla Calca) con características morfológicas de ser activa (Ver capítulo 6). Corroborados por la ubicación de movimientos en masa complejos (deslizamientos – flujos). A esto se suma que en la parte alta se ubican nueve lagunas (Qomercocha, Llulluchayoc y Pucacocha, Huymillacocha, Mancacocha, Pampacocha, Suntucocha, Ccomercocha y Teracocha), las que podrían generar junto con un posible sismo, huaycos, aluviones y avalanchas que afectarían pueblos que se encuentran aguas abajo del río Ccochoc, incluyendo la ciudad de Calca. De todas estas lagunas, Suntucocha y Pampacocha están represadas aprovechando los diques naturales generados por las morrenas (Figura 7).



Figura 7: Vista panorámica de la laguna de Pampacocha.

La laguna de Pampacocha es la más grande y debido a sus volúmenes de agua represada, debe ser evaluada y su infraestructura de represamiento remodelada. De la misma manera las lagunas de Suntucocha, Mancacocha y Huymille.

Además se deben construir obras de ingeniería y planificar su mantenimiento periódico para regular los desfuegos de agua, cuando estas superen el espejo de agua debido a las intensas precipitaciones pluviales que se dan en la cuenca alta. Las obras actuales se encuentran deterioradas, generando alerta en la población.

### **5.3. ZONA 3: QUEBRADA TOTORA**

En las laderas de la quebrada se han cartografiado deslizamientos que se producen principalmente por los cortes de talud (apertura o ensanchamiento) en el asfaltado de la vía que une las ciudades de Calca y Lares. Es importante mencionar que los materiales de corte del talud son arrojados al talud inferior (Figura 8). Teniendo en cuenta que la zona es de alta precipitación pluvial, el material arrojado podría generar flujos de lodo, deslizamientos y represamientos del río.



Figura 8: Material excedente del corte de talud arrojado hacia el río Ccochoc, quebrada Totorá

El río Ccochoc en este sector pasa por un lugar bastante estrecho casi encañonado en el cual de generarse un deslizamiento que podría represarlo y provocar un posterior huayco que descendería por el río Ccochoc, destruyendo terrenos de cultivo e infraestructura a lo largo de la quebrada.

En la margen izquierda se encuentran los baños termales de Machacancha, estos se encuentran debajo de un gran deslizamiento, convirtiéndose en zona alto riesgo, pudiendo ser afectados el poblado de Llancho y los baños termales de Machacancha.

### **5.4. ZONA 4: QUEBRADA HUAMANCHOQUE**

Está ubicada en la margen derecha del río Ccochoc, con una dirección sureste-noroeste y longitud aproximada de 10 km. Viene a ser una quebrada potencialmente muy activa, al registrarse en ella varios eventos de flujos de detritos (aluviones) que descendieron y que fueron a desembocar a la quebrada Ccochoc. Esta quebrada aporta cantidad considerable de sedimentos, que descienden de sus quebradas tributarias Cruzpata, Quehuarpata, Huajhuasi, Nivayojimayo y Accopata.

La laguna de Mapacocha sirve como fuente de mayor caudal de agua que discurre por toda la quebrada Nivayojimayo, al que se suman aguas del humedal de la zona de Accopampa y esta se comporta como principal tributario del río Huamanchoque.

En la cuenca de esta quebrada se observan deslizamientos y flujos de detritos (huaycos) con frecuente periodicidad, localizándose principalmente en la cuenca alta de la quebrada. Se observan también desprendimientos y/o caídas de roca y erosión en cárcavas. Esta quebrada viene a ser considerada como una zona de alto riesgo debido a que podrían generarse flujos de detritos de gran magnitud (huaycos y aluviones), así como avalanchas de hielo y rocas, debido que en la cabecera de esta quebrada se ubican los nevados Ccolque Cruz y Ccarayoc (Figuras 9 y 10). Dadas las condiciones morfológicas (fuerte pendiente de laderas y quebradas), retroceso glaciar y cambio climático, hacen propensos estos eventos.

El año 2002 sucedió una avalancha que daño terrenos de cultivo, la infraestructura hidráulica fue afectada en la bocatoma, y mato algunos animales, estos hechos fueron narrados por los pobladores de la zona (López et al 2008).



Figura 9: Vista del Nevado Colque Cruz, en la cabecera de la quebrada Huamanchoque.

Con estos antecedentes y con el inventario de movimientos en masa, determinamos que está quebrada constituye una zona de alto riesgo. Acrecienta el riesgo, la presencia, a 1.5 km de distancia de la cadena de nevados, de una "falla geológica activa", ya que esta estructura geológica se encuentra bien conservada y afectando depósitos glaciares posiblemente de la última pequeña glaciación. Esta falla constituye un peligro ya que de reactivarse podría generar un sismo y consecuentes avalanchas que podrían afectar los poblados que se encuentran aguas abajo.



Figura 10: Falla geológica afectando depósitos fluvio glaciares cuaternarios. (Ver fecha roja)

#### 5.5. ZONA 5: ACCHA BAJA

El deslizamiento activo de Accha Baja, situado en el Km 6 de la vía Calca-Lares, está ubicado en la margen izquierda del río Ccochoc y considerado como zona crítica debido a su alta vulnerabilidad (viviendas, terrenos de cultivos y la carretera Calca-Lares). En la actualidad estas vienen siendo afectadas por el deslizamiento (Figura 11).

Este evento constituye la reactivación de un antiguo deslizamiento (Mapa 4). La posibilidad de colapso de este, ha sido motivo de gran preocupación, ya que en diciembre del año 2006, se produjo el derrumbe de un sector de ella, cubriendo completamente la carretera a Lares, con presencia de asentamientos diferenciales y grietas de tensión de hasta 30 cm (PREDES 2008. "Plan de Gestión de Desastres Calca, Perú").

La reactivación del deslizamiento de Accha Baja, se viene manifestando con movimientos de suelos superficiales, provocados por la presencia de aguas subterráneas (producto de la filtración de las aguas pluviales y al riego por gravedad) que actúan sobre rocas muy fracturadas y alteradas.



Figura 11: Escarpe de deslizamiento de Accha baja, este asentamiento afecto varias viviendas y terrenos de cultivo.

La apertura de la carretera a Lares cortó la ladera en Accha Baja, modificando su pendiente natural de reposo, iniciando así el proceso de desestabilización de la ladera. La presencia de grietas tensionales, en la parte alta de esta ladera, revelan desplazamientos parciales del suelo, los cuales apuntan a un deslizamiento de mayor envergadura en Accha Baja (PREDES 2008, "Plan de Gestión de Desastres Calca, Perú"), debido al incremento de la humedad que genera tanto las pérdidas del canal agrícola, como por la costumbre del riego por gravedad que se usa en los cultivos en las laderas.



Figura 12: Deslizamientos a partir del corte de talud efectuado con la finalidad de ampliar la carretera Calca – Machacancha – Lares.

Este deslizamiento puede movilizarse dependiendo del grado de saturación del suelo y/o por la acción externa (sismo de mediana o alta intensidad). Si se produce el deslizamiento, este podría represar el río Ccochoc dada su reducida y



encañonada sección; que posteriormente su desembalse violento, generaría un huayco que afectaría a la ciudad de Calca.

## 5.6. ZONA 6: LA CIUDAD DE CALCA

La ciudad de Calca y área urbana y rural, se localizan en la desembocadura de la quebrada Ccochoc, estas se emplazaron sobre un cono proluvial (Figura 13 y 14) formado por la superposición de varios eventos de flujos de detritos en el pasado. Este cono aluvial está cortado por el cauce del río Ccochoc de dirección aproximada norte-sur, que desemboca en el río Vilcanota.

Por la intensa actividad de la quebrada, evidenciada al formar el abanico proluvial, la ciudad de Calca está dentro de una zona crítica expuesta a flujos de detritos (aluviones y huaycos) que podrían descender de la quebrada Ccochoc. Estos eventos afectarían parte de la infraestructura de la ciudad (se cuentan con antecedentes de eventos antiguos que llegaron a esta ciudad). Ver cuadro 1.

Las constantes inundaciones, a efectos del incremento del nivel del río Ccochoc y producto de las fuertes precipitaciones pluviales; vienen afectando las viviendas ubicadas en ambas orillas del río. Principalmente en el sector de Piste, ya que todas estas viviendas no cumplen con mantener una distancia con relación al río (faja marginal).



Figura 13: Vista aérea de la ciudad de Calca emplazada sobre el abanico aluvial. El polígono azul representa las zonas inundadas con las lluvias de febrero del 2011. Google Earth

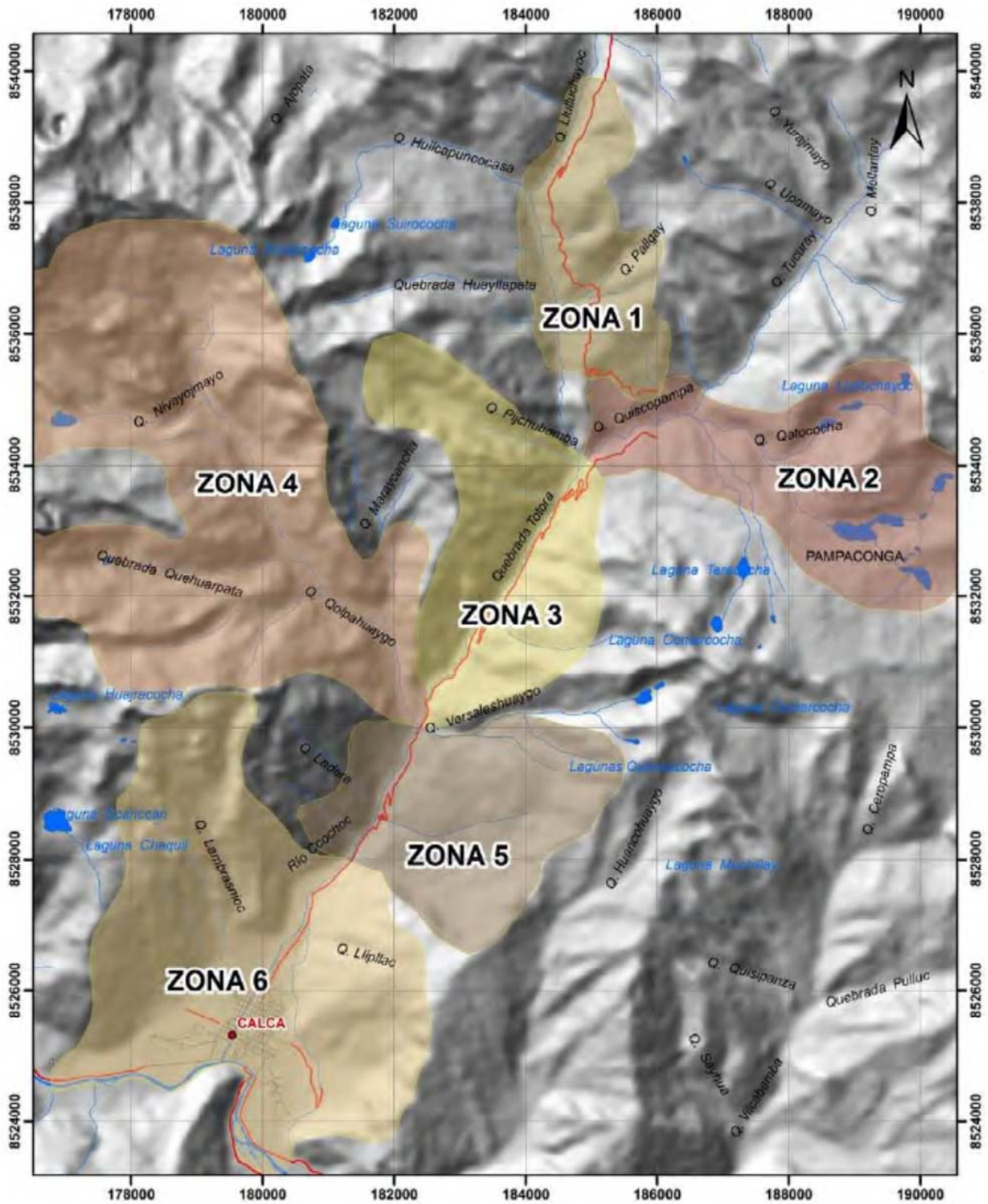


Figura 14: Vista de la quebrada Ccochoc y la ciudad de Calca.

A su vez avenidas extraordinarias el río Urubamba (producto de las intensas precipitaciones) generan desbordes, inundaciones y erosión lateral en su margen derecha (Figura 15), afectando la terraza aluvio – proluvial. Estos eventos afectan áreas de cultivo y viviendas que se emplazaron sobre dicho cono como lo acontecido en los meses de enero y febrero del año 2010.



Figura 15: Defensa ribereña en el río Urubamba. En febrero del 2010 las fuertes lluvias incrementaron el nivel del río, llegando a sobrepasar el nivel del enrocado e inundar todas las viviendas y áreas de cultivo.



**LEYENDA**

**ZONAS CRÍTICAS**

- ZONA 1** Tramo Quebrada Pallcay-Quellopuito
- ZONA 2** Pampacoca
- ZONA 3** Quebrada Totorá
- ZONA 4** Quebrada Huemanchoque
- ZONA 5** Aocha Baja
- ZONA 6** Ciudad de Calca

EVALUACIÓN DE PELIGROS GEOLÓGICOS EN LA MICROCUENCA DE CCOCHOC  
PROVINCIA CALCA-REGIÓN CUSCO

INGEMMET

ZONAS CRÍTICAS

0 1.25 2.5 5 Km

1:75,000

WGS_1984_UTM	Zona 19 Sur	Mapa 05
--------------	-------------	---------

En el sector de Rayanpata, ubicado en la margen derecha del río Ccochoc al suroeste de la ciudad de Calca, se aprecia un cono aluvial reciente, formado por flujos de detritos (huaycos) que descendieron de las quebradas procedentes del cerro Coscojahuarina. Ambas quebradas presentan en sus cabeceras gran acumulación de detritos, una de las quebradas presenta, en su cabecera, una laguna (Laguna Chaquil), el cual representa un peligro ya que el desembalse (a consecuencia de derrumbes y desprendimientos de rocas) pone en peligro al poblado de Rayanpata y dependiendo de la magnitud del evento incluiría parte de la ciudad de Calca.

## 6. PELIGRO SISMICO

La amenaza producida por los terremotos constituye un factor de riesgo sísmico al cual se encuentra sometido un territorio; de ahí que los años que provoquen dependerán de su magnitud y la capacidad de respuesta de las estructuras a la aceleración a la cual son sometidas. La correcta equivalencia entre estos dos factores permitirá reducir los daños causados por este tipo de desastres.

En el Perú se producen sismos interplaca e intraplaca, los primeros son producto del contacto de la Placa de Nazca y la Placa Sudamericana, estos puede tener magnitudes  $>7$ , mientras que los sismos intraplaca se originan por los esfuerzos que produce la subducción de la Placa de Nazca por debajo de la Placa continental Sudamericana.

En la Provincia de Calca los sismos que se deben tomar en cuenta como parte del ordenamiento territorial, son los sismos intraplaca, que si bien es cierto son más locales pero pueden generar intensidades elevadas, estos sismos se generan por las reactivaciones de fallas geológicas (Figura 16). En el caso de los sismos interplaca o de subducción las intensidades serán menores ya que la provincia se encuentra a 450 km de la línea de costa aproximadamente.

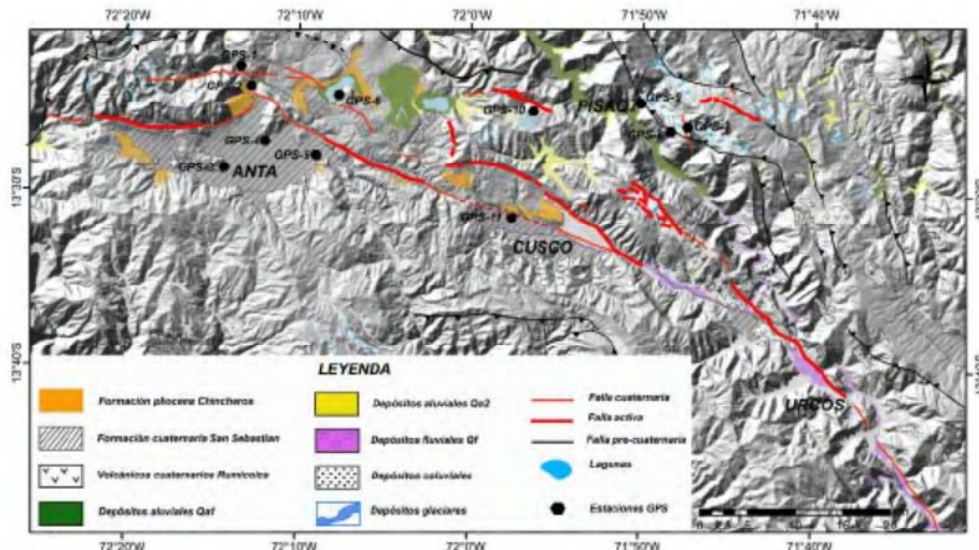


Figura 16: Mapa de ubicación de las fallas geológicas activas en la región del Cusco, las líneas rojas gruesas indican las fallas potencialmente activas. Tomado de Benavente et al., 2010.

Del mismo modo, a lo largo de todos los Andes peruanos se observan fallas activas, uno de los sistemas de fallas más importantes del Perú se encuentra en la Cordillera Oriental, exactamente en la región del Cusco (Figura 15), ubicado en el sur del Perú, entre las fallas más importantes y cercanas al área evaluada tenemos:

### **6.1. SISTEMA DE FALLAS CALCA**

En las alturas de la ciudad de Calca, entre los 4000 y 4500 msnm, identificamos tres fallas geológicas con evidencias de actividad cuaternaria. La primera se extiende desde la quebrada Huacohuaycco-Machacancha-Huamanchoche, con una dirección NO-SE, esta tiene un escarpe de hasta 15 m de altura, 35 km aproximadamente (Figura 9 y 17) y se encuentra afectando depósitos coluviales, aluviales y glaciares. Esta estructura se aprecia de mejor manera en Huamanchoque, donde la traza de falla atraviesa un valle glaciar y morrenas (Figura 9) posiblemente de la última glaciación (10 000 B.P), lo que la catalogaría como una falla activa. La reactivación de esta estructura podría estar relacionada con las avalanchas y huaycos que descendieron por la quebrada Huamanchoque y Ccochoc, cuyos depósitos formaron un gran abanico aluvial, en el cual se ubica la ciudad de Calca.



Figura 17: Escarpe de falla del sistema de falla de Calca, el escarpe de falla tiene 15 m de desnivel de la superficie. Ver flechas rojas.

La segunda estructura geológica se ubica a 4500 msnm, se extiende desde Huasihuaylla hasta Anqas (al norte de la laguna Ancascocha), con una dirección NO-SE, tiene una longitud de 20 km aproximadamente y se encuentra afectando depósitos aluviales y fluvio glaciares. El escarpe de falla se encuentra menos preservado que la anterior falla descrita. A lo largo de la traza de falla se aprecian deslizamientos cuyas coronas coinciden con el escarpe de falla, uno de los ejemplos más representativos es el de Pampallacta, también se alinean un conjunto de lagunas.

El tercer segmento de falla se encuentra entre Suntupampa y Canchachay, tiene una dirección NO-SE y 35 km de longitud aproximadamente, afecta depósitos

aluviales, coluviales y fluvio-glaciares. De la misma forma que el segmento descrito anteriormente, a lo largo de la traza de falla se ubica deslizamientos (Figura 18), el ejemplo más representativo es el de Huancarcocha.



Figura 18: Fotografía tomada en Huancarcocha donde se muestra uno de los segmentos del sistema de falla de Calca.

## **6.2. FALLA QORICOCHA**

La falla Qoricocha; ubicada en la Meseta de Chincheros al este de la laguna de Qoricocha, de ahí su nombre. Tiene una longitud de 10 km y una orientación NO-SE e inclinación hacia el sur. (Figura 19).

El sismo de 1986 estuvo asociado a la reactivación de esta falla con un desplazamiento de 40 cm (Cabrera, 1988). La falla corta depósitos palustres, volcánicos y aluviales de edad cuaternaria.



Figura 19: Falla activa Qoricocha, ubicada al norte de la ciudad del Cusco.

## **6.3. FALLA TAMBOMACHAY**

La falla de Tambomachay; ubicada en el borde norte de la ciudad del Cusco, ocupando una longitud aproximada de 17,5 kilómetros. La falla tiene una tendencia E-O, pero hacia el este cambia a rumbo a NO-SE, estando su buzamiento

comprendido entre 60° y 70° al sur. La cinemática de esta falla es normal con un salto vertical máximo de 8 m (Figura 20).



Figura 20: Falla Tambochay, vista al norte. En la fotografía se puede observar el escarpe de falla y como la dirección de los drenajes son alterados por la actividad de rumbo de la falla.

La falla Tambomachay es una estructura geológica con una amplia actividad a lo largo del tiempo geológico, su escarpe de falla se encuentra bien conservado a lo largo de 8 km aproximadamente, este posiblemente constituye la última reactivación de la falla.

El sistema de fallas Pachatusan se ubica en la Meseta del Pachatusan al norte de la ciudad del Cusco, esta meseta se encuentra entre el valle del Cusco y el valle del Vilcanota, está constituido por una estructura principal de 10 km de longitud con una orientación NO-SE y de segmentos que varían entre 3 km a 4 km de longitud con orientaciones E-O y NE-SO hacia los extremos (Figura 21).

#### **6.4. FALLA PISAC**

Se ubica a 20 km al sureste de la ciudad del Calca en las altiplanicies de la Cordillera Oriental (poblado de Pisac). Se trata de una falla de tipo normal con componente sinistral, y que se emplaza a lo largo de 7 km de longitud con una dirección NO-SE.

La falla Pisac afecta depósitos fluvio-glaciares, lacustres y aluviales recientes, generando desniveles en la superficie de hasta 3 m, además altera las direcciones de los drenajes producto del movimiento de rumbo sinistral.

El escarpe de falla se encuentra bien conservado a lo largo de 4 km aproximadamente, el resto de la traza de falla se puede observar que se encuentra degradada o erosionada, producto de la erosión glaciar.

#### **6.5. FALLA PACHATUSAN**

Esta falla se emplaza a lo largo de 10 km de longitud, afectando depósitos del Cuaternario superior, con una dirección N135°E y un buzamiento comprendido

entre 50° y 70° al suroeste (Figura 21). Los escarpes cruzan valles glaciales mostrando un movimiento normal.



Figura 21: Segmento de falla del Sistema Pachatusan, esta falla afecta morrenas glaciares y a los volcánicos cuaternarios Rumicolca.

#### **6.6. FALLA QOLQUEPATA**

Se ubica a 45 km al noreste de la ciudad del Cusco (Provincia de Paucartambo), en las altiplanicies de la Cordillera Oriental. La falla Qolquepata se trata de una falla de tipo normal con componente sinistral, y que se emplaza a lo largo de 10 km longitud con una dirección NO-SE.

La falla Qolquepata afecta depósitos fluvio-glaciares, lacustres y aluviales recientes, generando desniveles entre 5 m a. 1 m.

El escarpe de falla de 5 metros de altitud se encuentra degradada o erosionada producto de la erosión glaciaria, mientras que el escarpe de 1 m de altitud se encuentra bien conservado, lo que nos indica una cronología de reactivaciones (Figura 22).





Figura 22: Segmento de la falla Qolquetapa, el desnivel de la superficie es de 5 m.



Figura 23: Segmento de la falla Qolquepata.

Existe información sobre sismos con diferentes magnitudes en la región del Cusco, tal como los que describen en crónicas históricas Esquivel y Navia (1775) y Silgado (1978), ellos mencionan la ocurrencia de sismos muy devastadores en la ciudad del Cusco entre los años 1581, 1590, 1650, 1707, 1744, 1746, 1905, 1928, 1941, 1943, 1950, 1965, 1980 y 1986. Estos sismos estuvieron asociados a las fallas geológicas descritas anteriormente.

En cuanto al peligro sísmico, el área de estudio y alrededores, se ubica en la zona de intensidades máximas de IX a VIII MM, según el mapa de intensidades máximas (Figura 23) elaborado por Alva y Meneses (1984) dentro del proyecto SISRA-CERECIS. (INGEMMET, 2003). Ver Figura 22.

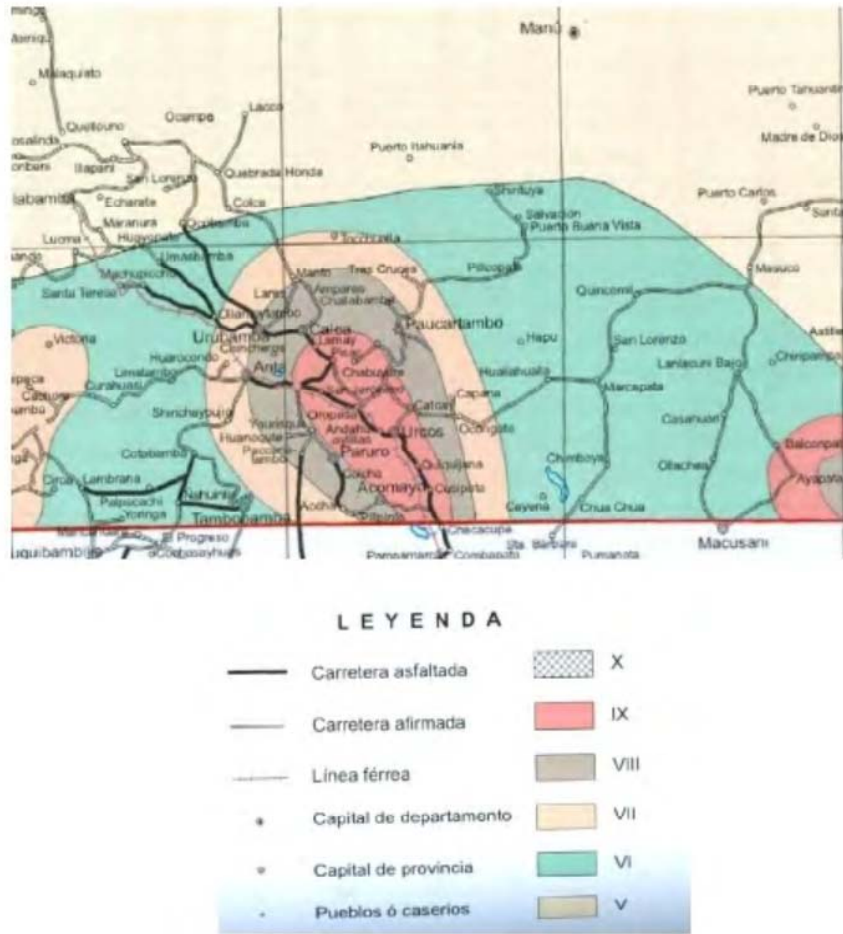


Figura 24: Curvas de intensidades máximas de Escala de Mercalli modificada.

Según la Norma Técnica de Edificación E.30 DISEÑO SISMORESISTENTE (2003), según la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos, la atenuación de estos con la distancia epicentral y la información neotectónica, el área evaluada corresponde a la Zona 2, zona de sismicidad media, donde el factor es de 0.3, este factor se interpreta con la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10% de ser excedida sus 50 años (Figura 24).

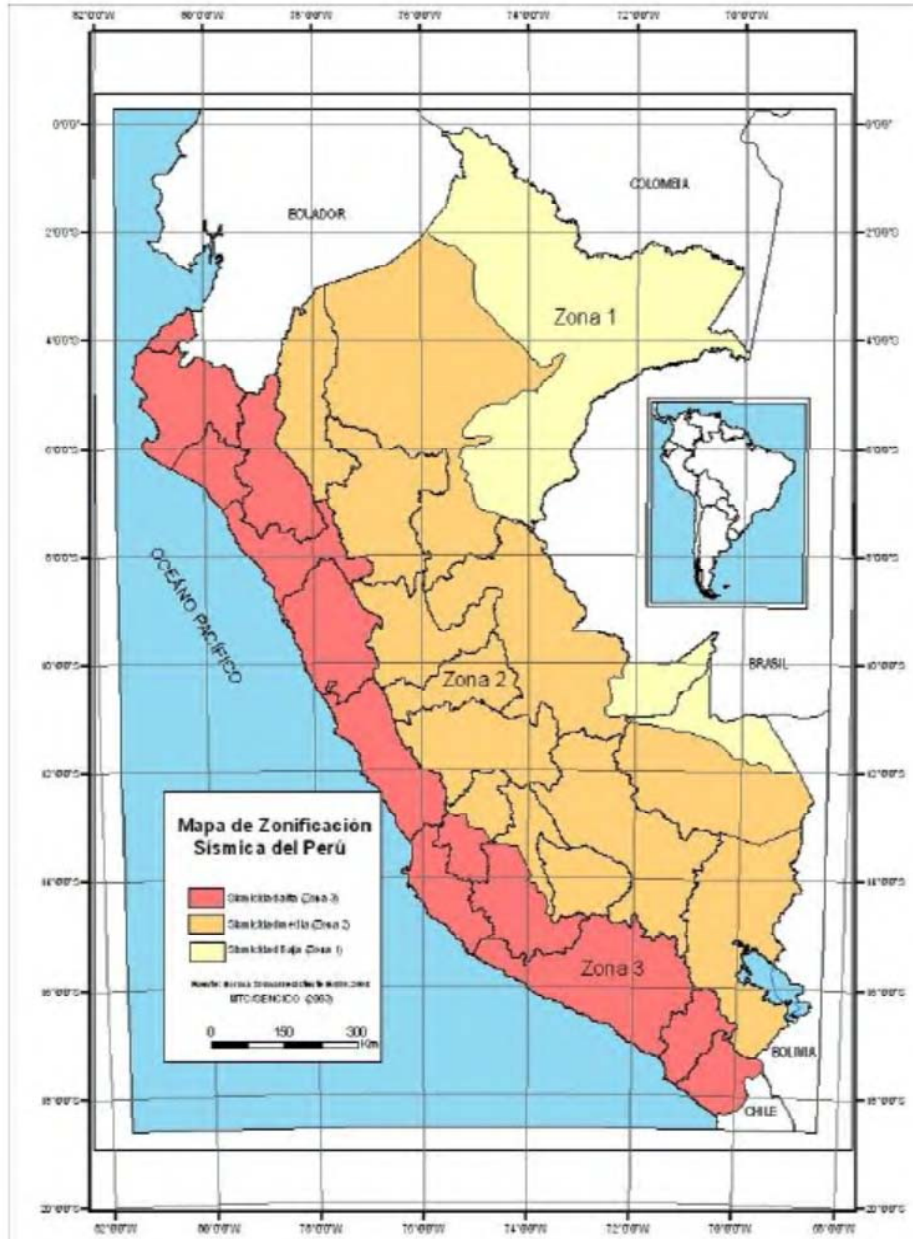


Figura 25: Mapa de Zonificación Sísmica del Perú.

## **CONCLUSIONES**

- La quebrada Ccochoc evidencia una alta actividad geodinámica, teniendo antecedentes registrados a partir del año 1950 hasta la actualidad, entre los eventos registrados se tiene deslizamientos, caída de rocas, flujos de detritos y/o avalanchas que descendieron a lo largo de la quebrada, etc. También se tiene el registro de sismos que afectaron la provincia de Calca.
- La base de datos registra la ocurrencia de 163 procesos geológicos entre deslizamientos activos, deslizamientos antiguos, caída de detritos, flujos de detritos, inundación, movimientos complejos y cárcavas, donde se consignan la tipología del evento, su geofrenciación en coordenadas UTM, las causas del evento, características geomorfológicas, litológicas del substrato, así como los daños ocasionados y una estimación de su peligro potencial y grado de riesgo.
- Se identificaron 6 Zonas Críticas, en función al grado de peligro potencial individual y/o el análisis de densidad de ocurrencias de peligros potenciales, donde se exponen infraestructura y poblaciones que son vulnerables a uno o más peligros geológicos, estas zonas vienen a ser los sectores Accha Baja, la ciudad de Calca, quebrada Huamanchoque, quebrada Totorá, el sector Pampacocha la quebrada Pallqay – quebrada Llanccaycaje; consideradas todas ellas en **peligro inminente**.

## **RECOMENDACIONES**

- Se debe ejecutar el encauzamiento del río Ccochoc, desde la quebrada Totorá hasta su desembocadura en el río Vilcanota, con muro de gaviones, rompe presiones, disipadores de energía, enrocado, etc., para reducir los desbordes e inundaciones en ambas márgenes del río, además se debe de hacer respetar la faja marginal en la quebrada Ccochoc y el río Vilcanota mediante la redacción de ordenanzas municipales para su debido cumplimiento.
- Se debe considerar, dentro de los planes de ordenamiento territorial y expansión urbana, la reubicación de los sectores críticos en Calca.
- Se recomienda implementar un sistema de monitoreo para el deslizamiento de Accha Baja, especialmente en la época de lluvias, para controlar el movimiento y el incremento del nivel freático; además se debe de ejecutar obras de ingeniería como por ejemplo un sistema de drenaje de las aguas superficiales ya sea por zanjas de coronación o drenajes laterales para evitar la infiltración de estas. Se debe de capacitar a los pobladores para emplear nuevos sistemas de irrigación, es decir que sean muy diferentes al riego por gravedad que se utiliza actualmente, con el fin de controlar la infiltración de las aguas y evitar la saturación de este deslizamiento.
- Recomendamos realizar un trabajo detallado de las fallas geológicas identificadas en la parte alta de Calca con la finalidad de comprobar su actividad y de establecer su relación con las avalanchas y flujos de detritos, cuyos depósitos formaron un abanico aluvial, en el cual se ubica la ciudad de Calca. Además realizar un estudio sobre el peligro sísmico que representan estas estructuras geológicas para la ciudad de Calca y anexos.

- Efectuar un monitoreo constante principalmente en la laguna Pampacocha, a su vez en las lagunas Qomercocha, Llulluchayoc y Pucacocha, Huymillacocha, Mancacocha, Suntucocha, Ccomercocha y Teracocha, que son tributarias de la laguna, además ejecutar algunas obras de ingeniería para rehabilitar y mejorar las estructuras de control de la laguna como son la compuerta y el vertedero de aguas, además de reforzarla como una presa de tierra dado que es la laguna principal y la que aporta mayor recurso hídrico al río Ccochoc.
- Efectuar un monitoreo de los nevados Ccolque Cruz y Ccarayoc en la cabecera de la quebrada Huamanchoque, a su vez también monitorear la laguna Mapacocha que se encuentra en la quebrada Nivayojimayo, ya que estas quebradas están consideradas dentro de las zonas críticas y podrían desencadenar futuros eventos aluvionicos como el sucedido el año 2002.
- Realizar periódicamente la limpieza del cauce del río Ccochoc a lo largo de la quebrada, especialmente antes de la temporada de lluvia, además se debe de forestar y de reforestar con especies nativas en toda la longitud del cauce del río Ccochoc, así como en sus laderas para estabilizar estas zonas.
- Tener un control permanente de la quebrada Ccochoc para prevenir futuros represamientos del río producto de deslizamientos y/o derrumbes que puedan afectar estas quebradas, ya que esta quebrada es geodinámicamente muy activa.
- Elaborar proyectos para la estabilización de laderas en la quebrada Ccochoc tomando en cuenta la erosión fluvial, erosión superficial, derrumbes, deslizamiento, etc.
- Evitar la ejecución de cortes de talud para la construcción de caminos peatonales y construcción de viviendas, ya que estas provocan que las laderas se desestabilicen y a su vez se incrementarían diversos tipos de fenómenos geológicos, en este caso debido a orígenes climatológicos, como se observa en el sector de Accha Baja.
- Capacitar y preparar a los pobladores que se encuentran en ambos márgenes del río Ccochoc que podrían ser afectados de suscitarse un evento, mediante simulacros ante huaycos, determinando las rutas de evacuación y las zonas seguras.
- Realizar un estudio de microzonificación sísmica en toda la provincia de Calca, ya que existe la presencia de varias fallas, las cuales muestran una actividad residente, además, que la reactivación de una de estas generaría diversos tipos de eventos ya sean caídas de rocas, deslizamientos, flujos, etc., esto ayudaría a determinar el área de influencia de probable evento sísmico y a ejecutar más trabajos de prevención, también permitiría establecer una normatividad específica para la construcción de viviendas y algunas otras edificaciones con la finalidad de integrar su resistencia y preservar la integridad de las personas.

## **REFERENCIAS**

Boletín N° 65 de la Carta Geológica Nacional del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

Fuentes primarias: INDECI (Web), Estudio de Ciudades Sostenibles 2005, SIAPAD (Web) e Ing. O'Connor (ocurrencia durante Proyecto\*)

Fuente: Diagnóstico de Peligros del Distrito de Calca, Cusco, Perú, Ing. O'Connor, 2007-2008

ALVA H. & MENESES J. (1984). Distribución de máximas intensidades sísmicas observadas en el Perú. CERESIS-Proyecto SISRA, Lima.

BENAVENTE C. & TAÍPE E. (2010) : Monitoreo de fallas activas en la región del Cusco. Informe interno del INGEMMET, 50 p.

ESQUIVEL & NAVIA, (1775). Noticias Cronológicas de la gran ciudad del Cusco. Tomo I y II.

SILGADO, F. (1978). Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú (1513-1974). INGEMMET. Bol. Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, n. 3, 130 p.

VARNES, D.J. (1978), Slope movements types and processes, en Schuster R.L., y Krizek R.J., ed, Landslides análisis and control: Washington D.C, Nacional Academy Press, Transportation Research Borrad Special Report 176, p. 9-33.