

# Geomorfología y peligros de la subcuenca del río Auqui (Calcayhuanca), Huaraz, Áncash

Juan Felipe Meléndez de la Cruz  
Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
jmelendez3453@yahoo.com

## RESUMEN

*La parte baja de la subcuenca del río Auqui, entre los 3,200 y 3,500 msnm, comprende el área periférica y de expansión urbana de la ciudad de Huaraz. Son espacios tradicionalmente ocupados para desarrollar actividades agrícolas y ganaderas; sin embargo, en los últimos años debido al auge económico de Huaraz, el aludido espacio está siendo paulatinamente urbanizado. Esta parte baja de la cuenca son áreas naturales de sedimentación fluvio-glaciar y de movimientos en masa (alud-aluviones). En la parte alta de la cuenca, la erosión glaciar y la fusión de la masa glaciar (deshielo) son el origen de los aludidos procesos naturales. La ocurrencia de alud-aluviones, que afectaría la parte baja de la cuenca, son lentos; sin embargo, no se descarta que ocurran en cualquier momento, similar al de 1941 o 1970, debido a que el Perú es un país altamente sísmico.*

**PALABRAS CLAVE:** Geomorfología, glaciar, erosión, aluvión y urbanización.

## ABSTRACT

*The peripheric and urban expansion area of Huaraz is taking place on the lower part of Anqui River's Sub Basin, between 3,200 and 3,500 m.a.s.l. These areas were traditionally used to develop agricultural and livestock activities. Nevertheless, because of the economic boom of Huaraz, these areas are being urbanized slowly but constantly. The lower part of the basin is a natural area of fluvio-glaciar sedimentation and mass motion (water, mud, and rock avalanches). In the highest parts of the basin the origin of the above mentioned natural process is the glaciar erosion and fusion of the glaciar mass. The incidence of avalanches, which could affect the lower part of the basin is slow. Nevertheless, the chance of having one like in 1941 or 1970 is not to be ruled out because Perú is a highly seismic country.*

**KEY WORDS:** Geomorphology, glaciar, erosión, avalanches and urbanized.

## INTRODUCCIÓN

Si bien es cierto que el estudio comprende aspectos totalmente naturales como la geomorfología y geología de la subcuenca del río Auqui, al ser una investigación geográfica no se perderá de vista a la población que viene ocupando la parte baja de dicha cuenca que es concordante con espacios de peligros naturales. La explicación de los referidos procesos que ocurren en la parte baja y media de la cuenca se encuentra en la parte alta donde la erosión y retroceso glaciar, las altas pendientes, la estructura de la roca y los movimientos sísmicos generan permanentemente procesos de remoción en masa que se manifiestan en escalas geológicas (millones de años) y geográficas (centenas de años).

Prueba de dicha situación es que en la parte baja está cubierto por depósitos morrenicos y fluvioglaciares. Lamentablemente son espacios que se están urbanizando muy rápido y sin considerar que son zonas con peligros altos y muy altos.

## PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

Los procesos exógenos que se desarrollan en la subcuenca, particularmente los de remoción en masa son un permanente peligro para la seguridad física del área periférica de la ciudad de Huaraz.

## MÉTODOS

Consistió en realizar un levantamiento temático del medio físico natural haciendo énfasis en aspectos geológicos-geomorfológicos y de morfometría (geomorfología cuantitativa). Posteriormente se «rompió» ese esquema temático a través de una integración de la información a fin de detectar zonas con diversos grados de peligros. El levantamiento temático fue el siguiente:

1. Topografía. A través de la elaboración de un mapa topográfico a partir de la automatización de datos (digitalización) de las cartas del Programa Especial de Titulación de Tierras (PETT) a escala 1: 25 000.
2. Pendientes. Apoyados en las herramientas del Sistema de Información Geográfica (ArcGis) se generó el Modelo de Elevación Digital (DEM) a partir del cual se obtuvo el mapa de pendientes.
3. Geomorfología. Mediante el método clásico de fotointerpretación se elaboró un mapa geomorfológico que muestra las particularidades del relieve en cuanto a forma, procesos y desarrollo. En esta etapa se utilizó los estudios geológicos del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (Ingemmet) en especial las cartas geológicas y el boletín correspondiente. Asimismo, se utilizó las imágenes de satélite google Earth de alta resolución.

4. Morfometría o geomorfología cuantitativa. Se elaboró un cuadro geomorfométrico y tras gráficos que muestran la topografía, declives y procesos de erosión de la subcuenca a fin de apoyar el análisis geomorfológico.
5. Trabajo de campo. Se realizaron comprobaciones de campo que consistieron en el análisis de la relación talweg-interfluvio. En los recorridos de campo se analizaron los procesos geomorfológicos de las vertientes en cuanto a litología, meteorización-erosión y pendientes.

## RESULTADOS

### 1. *Localización*

La subcuenca del río Auqui tiene un área de 84.244 km<sup>2</sup> y se localiza políticamente en el departamento de Ancash, provincia de Huaraz y distrito de Independencia. Dicha quebrada desemboca en el río Quillcay. Este último atraviesa la ciudad de Huaraz y desemboca en río Santa por la margen derecha (vertiente del Pacífico). El punto de mayor altitud de la cuenca se ubica a 6255 msnm, en tanto el punto de menor altitud en el nivel de base a 3085 msnm. La vertiente de la cuenca por la margen derecha limita con la cuenca de la quebrada Cojup. Esta localización se puede visualizar en el mapa topográfico.

### 2. *Análisis del medio físico natural*

#### 2.1. *Geología*

En base a la información geológica publicada por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (Ingemmet)<sup>1</sup> y el trabajo de campo se ha realizado el siguiente análisis. La litología predominante es granodiorita/tonalita de grano grueso con desarrollo de foliación en algunos sectores pertenecientes al batolito de la Cordillera Blanca. La estructura presenta una foliación bastante general y un juego bien desarrollado de diaclasas. La foliación ocurre en muchos sectores del batolito y se debe a la alineación y orientación paralela de los cristales que componen la roca intrusiva. Los sistemas de diaclasas dentro del batolito consiste en un grupo de rumbo NO-SE y otro de rumbo NE-SE, ambos son verticales.

#### 2.2. *Clima*

Según la clasificación de Köppen, la parte baja de la subcuenca localizada entre los 3200 a 3500 msnm corresponde al clima frío con precipitaciones en verano;

---

1 Boletín 60 y cartas geológicas Huaraz y Huari.

es decir, por lo menos cuatro meses con un promedio de temperatura mayor a 10 °C y con período de lluvias bien marcado.<sup>2</sup>

Según la clasificación de las ocho regiones naturales del Perú, obra del Dr. Javier Pulgar Vidal, corresponde a la zona alta de la región Quechua y en el límite inferior de las heladas invernales que se producen por la alteración de días con fuerte insolación y noches con temperaturas por debajo de cero grados Celsius.

Los meses de mayor precipitación son de diciembre a marzo. La estación pluviométrica más cercana se localiza en la ciudad de Huaraz. En base a promedios de 30 años de dicha estación, la precipitación total (lamina) para dichos meses es 415.5 mm en tanto que el promedio anual es 639.3 mm.<sup>3</sup> Por razones de naturaleza topográfica, altitudinal y proximidad esta información es similar a la parte baja del área de estudio.

Entre los 3,500 y 5,000 msnm, presenta un clima frío de tundra con temperatura media del mes más cálido mayor a 0 °C (clasificación de Köppen).

Entre los 5,000 y 6,208 msnm el clima es de nieve perpetua de alta montaña (clasificación de Köppen). En esta zona de glaciares de montaña tropical alimentados por precipitaciones en estado sólido como nieve que se acumula a temperaturas ambientales negativas.<sup>4</sup>

### 3. Geomorfología

#### 3.1. Geomorfología regional

Morfoestructuralmente es una cuenca glaciar que forma parte de la Cordillera Occidental y a su vez al sistema plegado de los Andes. Morfológicamente gran parte de la subcuenca pertenece a la Cordillera Blanca.

#### 3.2. Morfogénesis

La geomorfogénesis de la subcuenca se enmarca en los procesos endógenos del terciario (Batolito de la Cordillera Blanca) y los procesos de modelado glaciar del cuaternario.

En el pleistoceno la litología del terciario estuvo cubierta por los glaciares, este congelamiento del relieve fue interrumpido por los climas cálidos. Registros de retroceso y avances de dichos glaciares en la subcuenca se registran a través de los depósitos morrenicos y las huellas de erosión en las vertientes (ver mapa geomorfológico). Cabe indicar que se tiene conocimiento que a nivel mundial

2 Instituto Geográfico Nacional. (1989). *Atlas geográfico del Perú*. Lima – Perú.

3 Consejo Nacional del ambiente (CONAM). (1999). *Perú: Vulnerabilidad frente al cambio climático*. Lima, Perú.

4 CONAM. p. 50.

aproximadamente el 30% del espacio subaéreo estaba cubierto de hielo en dicha época geológica.<sup>5</sup>

Posteriormente en el Holoceno, es decir en los últimos 11,000 años, en la subcuenca se aceleran los procesos erosivos de modelado glaciar. Es decir, producidos por los procesos de deglaciación cuaternaria, sin olvidar que los glaciares actuales corresponden a una época interglaciar<sup>6</sup> y en los últimos 50 años los impactos del cambio climático global a través del retroceso glaciar.

En el plano endógeno conviene agregar el permanente proceso de subducción de la placa de Nazca debajo de la Sudamericana, que origina diversos niveles

Diferencia Altimétrica	Áreas (km <sup>2</sup> )				
	Porcentaje De Diferencia Altimétrica	Áreas Franja Altimétrica	Porcentaje Franja Altimétrica	Áreas Acumuladas	Porcentaje de Áreas Acumuladas
55	0,473	0,010	0,012	0,010	0,001
100	3,155	0,022	0,026	0,032	0,038
100	3,155	0,049	0,058	0,081	0,096
100	3,155	0,100	0,119	0,181	0,215
100	3,155	0,113	0,134	0,294	0,349
100	3,155	0,096	0,114	0,390	0,463
100	3,155	0,116	0,138	0,506	0,601
100	3,155	0,192	0,233	0,698	0,829
100	3,155	0,110	0,131	0,808	0,959
100	3,155	0,168	0,199	0,976	1,159
100	3,155	0,387	0,459	1,363	1,618
100	3,155	0,534	0,634	1,897	2,252
100	3,155	1,537	1,824	3,434	4,076
100	3,155	2,684	3,186	6,118	7,262
100	3,155	7,015	8,327	13,133	15,590
100	3,155	4,375	5,193	17,508	20,783
100	3,155	3,806	4,518	21,314	25,301
100	3,155	9,128	10,835	30,442	36,136
100	3,155	7,802	9,261	38,244	45,398
100	3,155	2,527	3	40,771	48,397
100	3,155	1,650	1,959	42,421	50,356
100	3,155	4,041	4,797	46,462	55,153
100	3,155	8,647	10,264	55,109	65,417
100	3,155	3,564	4,231	58,673	69,648

5 GUTIÉRREZ MATEO. (2001). *Geomorfología climática*, p. 34. Barcelona: Ediciones Omega.

6 Instituto Nacional de Defensa Civil.

espaciales de peligrosidad sísmica a nivel nacional. De acuerdo al mapa de zonificación sísmica del Perú (2002), el departamento de Ancash se encuentra zonificado como alta sismicidad. Sobre esto último se tiene como antecedente el sismo del 31 de mayo 1970 que originó considerables pérdidas humanas y materiales.

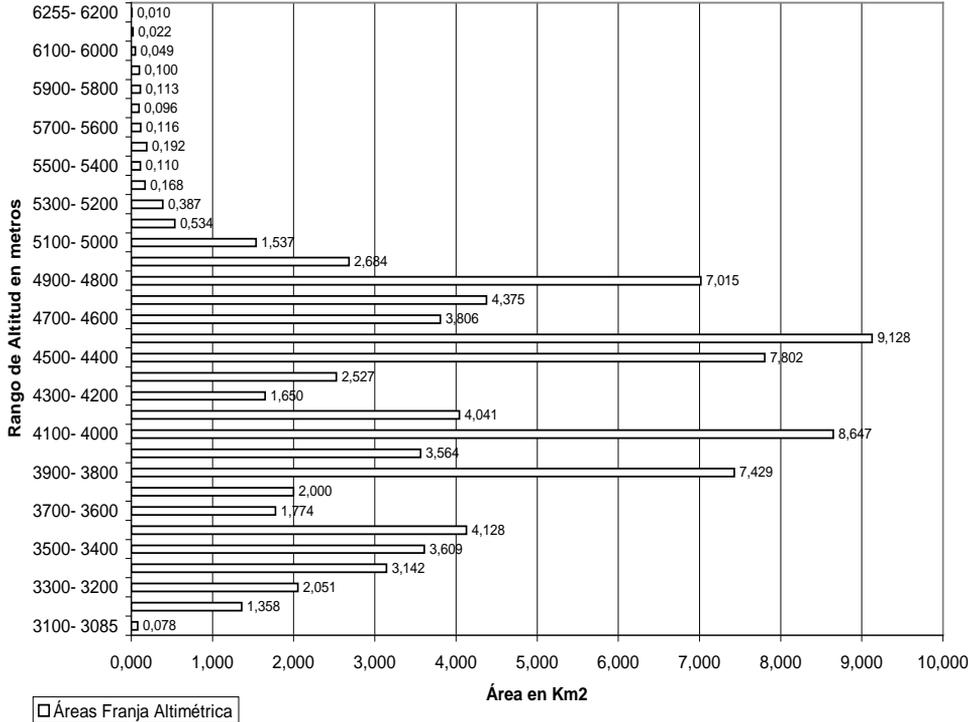
### 3.3. Morfometría

Se ha preparado un cuadro geomorfométrico que resalta las características topográficas y altitudinales que están muy relacionados con los procesos geomorfológicos del área de estudio. El cuadro es el siguiente: (ver página anterior).

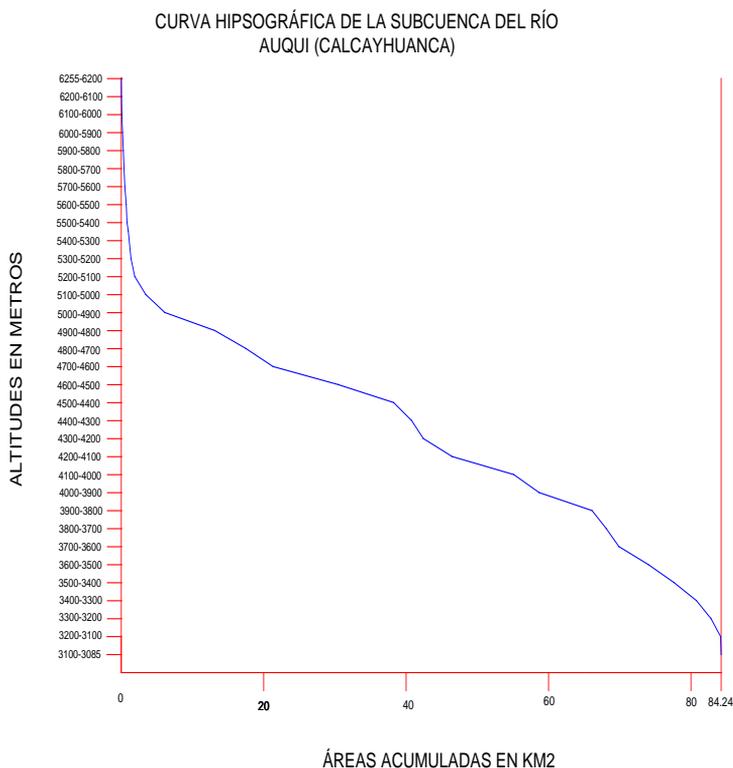
En base a este cuadro que expresa elementos geomorfométricos se ha elaborado los siguientes gráficos:

1. Histograma de frecuencia altimétrica de la subcuenca del río Auqui. En este gráfico se puede visualizar proporcionalmente las franjas altimétricas y relacionarlos posteriormente con procesos geomorfológicos. El gráfico es el siguiente:

**Histograma de Frecuencia Altimétrica de la Sub-Cuenca Río Auqui (Calcayhuanca)-Huaraz**

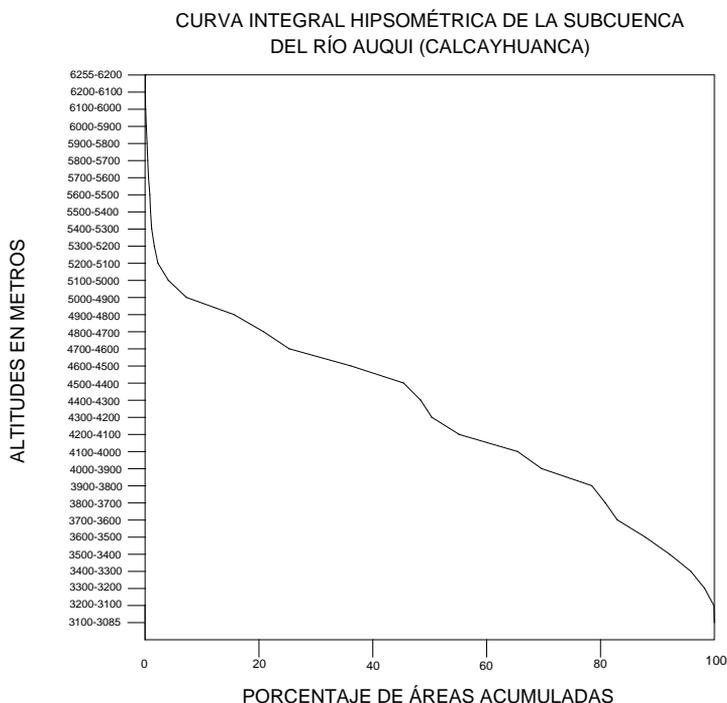


2. Curva hipsográfica de la subcuenca del río Auqui. Representa el perfil topográfico de la cuenca. Se obtiene al relacionar la altitud con las áreas de las franjas altimétricas. Analizando ese cuadro y considerando los puntos de inflexión la parte alta, media y baja de la cuenca comprende aproximadamente los siguientes rangos de altitudes:
- Alta: 6,255 a 5,000 msnm.
  - Media: 5,000 a 3,500 msnm.
  - Baja: 3,500 a 3,085 msnm.



Relacionando el histograma de frecuencia altimétrica y la curva hipsográfica. La parte alta que corresponde a la cabecera de la cuenca (subcuenca del río Auqui) presenta áreas pequeñas que indican que dispone de una escasa red de drenaje lo cual se puede comprobar observando el mapa topográfico. Cabe indicar que las abscisas del histograma comprende entre 0 a 10 km<sup>2</sup>. La parte media de la cuenca presenta las mayores áreas, lo cual se observa también en el mapa topográfico. En esta parte se bifurca en tres partes: el cauce principal (Auqui), el río Shallap y la quebrada Churup. En la parte baja la cuenca vuelve a estrecharse abarcando áreas pequeñas, sin embargo es importante las áreas entre los 3,500 a 3,700 msnm donde se desarrollan actividades agropecuarias y de expansión urbana.

- Curva Integral hipsométrica de la subcuenca del río Auqui. Facilita la identificación del grado de erosión que tiene el relieve de la cuenca. Se obtiene considerando las áreas acumulativas, la altitud y las franjas altimétricas. Para que sea correcto tiene que mostrarse en forma de un «cuadrado» el cual representa el 100% del volumen del relieve de la cuenca.



Muestra que aproximadamente el 45% del área del relieve de la cuenca ha sido erosionado, es decir, denudado y que por lo tanto se encuentra en un fuerte proceso de erosión y que a su vez debe disponer laderas con altos declives.

### 3.4. Análisis geomorfológico

Se ha preparado un mapa geomorfológico, que se puede ver en los mapas adjuntos, donde se señalan las formas del relieve y los procesos que conllevan. Para facilitar el análisis espacial y relacionarlo con los peligros se ha dividido en tres grandes partes aprovechando los alcances del concepto de cuenca hidrográfica.

#### Parte alta de la subcuenca

Comprende espacios con altitudes entre los 6,255 a 5,000 msnm. En estas áreas se localizan las siguientes formas del relieve:

- Masas glaciares en las partes más altas con pendientes > 49°.

- Lagunas de origen glaciar delimitados por morrenas laterales y residuales y en depresiones con pendientes entre 7° a 14°.
- Circos con pendientes > 49°.
- Depósitos de Till en laderas entre 7° a 14°.
- Laderas escarpadas disectadas por escorrentía producto de la fusión glaciar.

Como se puede observar en el mapa geomorfológico y en la relación de las principales formas del relieve predominan los procesos de erosión favorecidos por las altas pendientes y los procesos de fusión de las masas glaciares. Asimismo, las rocas ígneas intrusivas (granodiorita y tonalita) que es el lecho rocoso (o basamento), sobre la cual descansan las masas glaciares, están altamente diaclasadas y fracturadas (ver geología). Al ser un glaciar subtropical la masa rocosa no está totalmente congelada y en contacto con el hielo origina una fusión (deshielo) y la presencia de una delgada película de agua (con detritos) lo cual favorece el movimiento del glaciar y altos procesos de erosión (ingresa el agua por las diaclasas y fracturas). Sin olvidar los importantes movimientos subglaciares que también favorecen los procesos de erosión. Si a esto sumamos los antecedentes de sismos que tiene la región explica perfectamente que estos procesos naturales que ocurren en la parte alta son el origen de los peligros y la ocurrencia de «desastres naturales».

#### Parte media de la subcuenca

Comprende espacios con altitudes entre los 5,000 a 3,500 msnm. En estas áreas se localizan las siguientes formas del relieve:

- En las vertientes altas del río Calcayhuanca (Auqui) predominan los circos y lagunas glaciares delimitadas por morrenas.
- En las vertientes de la quebrada Shallap predominan las laderas escarpadas disectadas por escorrentía proluvial.
- En el fondo de los valles (Auqui y Shallap) están localizados «bolos» productos de antiguos movimientos en masa. Son enormes materiales residuales de 2 a 3 metros de diámetro que ante un nuevo movimiento en masa (alud-aluvi6n) serán evacuados a la parte baja de la cuenca donde se ubican asentamientos humanos y actividades económicas.
- Laderas escarpadas normalmente con los siguientes rangos de pendiente: >49°, 49°-42° y 42°-35°.



En la foto superior, detalle de morfología de glaciar. En la foto de abajo, relieve de puna a 4,100 msnm próximo al río Shallap. Detalle de morfología de Puna y «bolo» de 3 metros de diámetro (roca ígnea residual). Asimismo, se observa valle en forma de «U» que normalmente es modelado por un glaciar. Por otro lado, hay actividad ganadera extensiva para aprovechar los pastos naturales de dichos espacios.



En ambas fotos detalle de la lengua glaciar y la laguna Shallap (4,200 msnm). Trabajo de campo llevado a cabo en julio de 2006.



Laguna Shallap. Dique construido sobre morrenas laterales a fin de controlar un probable desborde de la referida laguna.

#### Parte baja de la subcuenca

Comprende espacios con altitudes entre los 3,500 y 3,085 msnm. En estas áreas se localizan las siguientes formas del relieve:

Por la margen derecha del río Auqui. Esta es la zona que viene siendo poblada intensamente y que requiere mayor planificación. Tiene las siguientes características geomorfológicas:

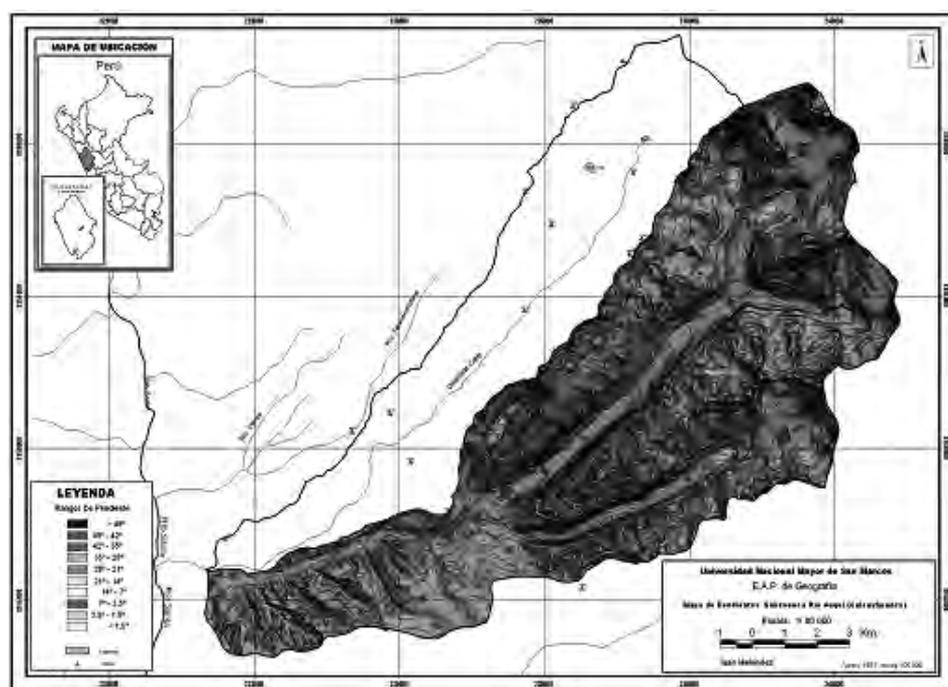
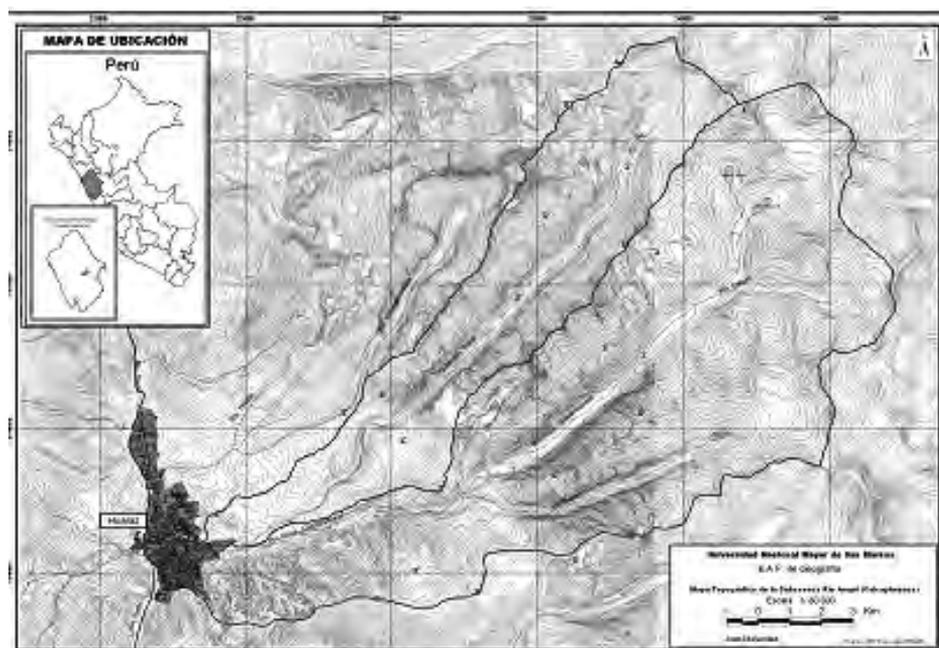
- Es un espacio alargado y de poca área con depósitos morrenicos estabilizados cubiertos con material eólico. En estos interfluvios hay áreas de peligros muy alto y alto ante eventos de remoción en masa.
- En el río Auqui tienen terrazas aluvionales. Hay peligros muy alto y alto por inundación del río Auqui.

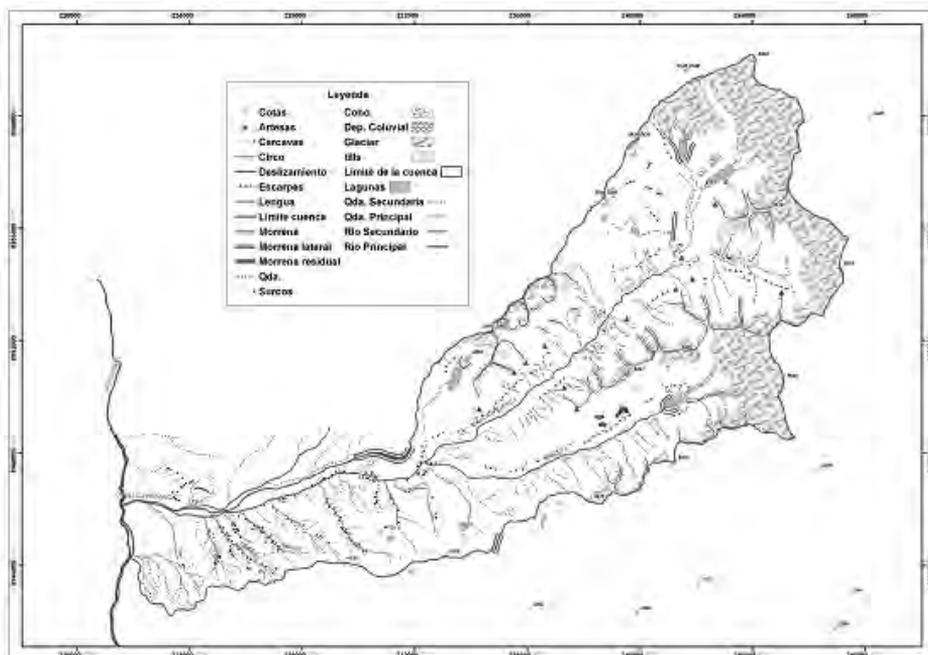
Por la margen izquierda del río Auqui. Destacan las siguientes unidades del relieve:

- Áreas con depósitos morrenicos con pendientes suaves. Son áreas de peligro muy alto y alto ante eventuales procesos de remoción en masa (alud-aluvi6n).
- Laderas escarpadas y acarcavadas, lo cual indica una intensa erosión hídrica, favorecida por la estructura granuda y diaclasada de las rocas intrusitas, asimismo por el clima con intensas precipitaciones en verano.

## Conclusiones:

- A través de análisis geomorfológico, apoyado con la morfometría y el trabajo de campo, se han encontrado zonas de peligros muy alto y alto en la parte baja de la cuenca que vienen siendo urbanizados intensamente (periferia de Huaraz). Esta realidad requiere la atención de los entes de planificación y desarrollo del gobierno regional de Ancash.
- El material residual (rocas intrusivas) conformado por «bolos» de diámetros mayores a 2 metros, próximos a los cauces de los ríos Auqui y Shallap, son una prueba de la intensidad de erosión y que están activos los movimientos en masa en la cuenca.
- Los altos procesos de erosión glaciaria en las partes altas de la cuenca, complicados por las altas pendientes de sus laderas, estructura de la roca, los procesos de retroceso glaciario y los eventos sísmicos determinan un peligro muy alto de ocurrir un nuevo evento de alud-aluvi3n.
- En el plano de la gesti3n ambiental las autoridades deber3an promover ante la poblaci3n afectada estrategias de educaci3n y sensibilidad ante la ocurrencia de desastres. As3 como el Estado deber3a evitar la inversi3n p3blica en estos espacios de peligro muy alto que en el fondo afectan a la poblaci3n al atraer nuevos movimientos de urbanizaci3n.
- Se requieren mayores estudios a nivel de detalle en las partes bajas de esta cuenca y promover medidas estructurales de mitigaci3n. Dichos espacios deber3an ser conservados.





Mapa Geomorfológico de la subcuenca del río Auqui (Calcayhuanca)

## BIBLIOGRAFÍA

CONSEJO NACIONAL DEL AMBIENTE - CONAM

1999 *Perú. Vulnerabilidad frente al cambio climático*. Lima.

DE PEDRAZA, Javier

2001 *Geomorfología climática*. Barcelona: Ediciones Omega S.A.

GUTIÉRREZ, Mateo

2001 *Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones*. Madrid: Editorial Rueda.

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL - IGN

1989 *Atlas geográfico del Perú*. Lima.

INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO - INGEMMET

1995 Boletín N° 55. *Geología del Perú*. Lima.

1995 Boletín N° 60. *Geología de los cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari*. Lima.

MELÉNDEZ, Juan

1999 *Hidrogeografía de la cuenca del río Cuizmalá, Jalisco*. Tesis de Maestría en Geografía. México: UNAM.

ATRAHLER, Arthur

2000 *Geografía física*. Barcelona: Omega.