

Aplicación de la geomática en el análisis geomorfológico de la subcuenca de la quebrada Cojup (Huaraz, Ancash)

Juan Felipe Meléndez de la Cruz
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
jmelendez@rree.gob.pe

Miguel Alva Huayaney
Universidad Nacional Mayor de San Marcos
malvah@unmsm.edu.pe

RESUMEN

Esta investigación corresponde al ámbito de la geografía aplicada; mediante el análisis geomorfológico, la utilización de imágenes satelitales y técnicas de geomática, se han identificado las principales causas endógenas y exógenas que dan origen a los procesos de remoción en masa en la subcuenca de la quebrada Cojup, concordante en su parte baja con la ciudad de Huaraz. Se han ubicado espacialmente los principales procesos de ocupación actual de dicha ciudad con apoyo de un Modelo de Elevación de Relieve (DEM), los cuales coinciden con zonas de peligro muy alto, y por lo tanto, incompatibles en cuanto a la capacidad de acogida.

PALABRAS CLAVE: Geomorfología, morfometría, peligros, geomática y teledetección.

ABSTRACT

This investigation is framed in the applied geography field by the use of geomorphology analysis, satellital images and geomatic techniques. Main endogenous and exogenous causes that produce removal process in mass in the sub-river basin of the stream Cojup, that is concordant in its low part with the city of Huaraz, are identified. Main process of present occupation of this city supported with «Model of Elevation of Relieve (DEM) and coincident with of very high dangerous zones, and consequently incompatible with welcome capacity is identified.

KEY WORDS: Geomorphology, morfometric, danger, geomatic and teledetection.

INTRODUCCIÓN

En el marco de los trabajos de Geografía Aplicada, los temas tratados en la presente investigación son de suma importancia para el desarrollo de la ciudad de Huaraz.

Tradicionalmente la actividad económica más importante en el Callejón de Huaylas ha sido el turismo y la inversión estatal en sus diversos sectores. Sin embargo, en la última década la ciudad de Huaraz ha tenido un acelerado proceso de crecimiento económico debido a la minería, lo cual ha generado un flujo importante de inmigrantes. En este contexto, la parte baja de la subcuenca estudiada corresponde a un área intensamente utilizada como expansión urbana. Asimismo, es una zona con importante actividad agropecuaria. Geomorfológicamente es un área de acumulación proluvial y depósitos de material de remoción en masa. Basándose en el trabajo de campo realizado en enero último se encontró en dicha área material residual de enorme envergadura, derivado de los procesos de remoción en masa ocurridos el 13 de diciembre de 1941, que ocasionó pérdidas humanas y económicas y afectó parte de la ciudad de Huaraz.

1. Planteamiento de hipótesis: Los procesos exógenos que se desarrollan en la subcuenca, particularmente los de remoción en masa son un permanente peligro para la seguridad física de la ciudad de Huaraz.

2. Métodos y resultados

MÉTODOS

Para clasificar el uso del suelo en áreas de expansión urbana se debe analizar las condiciones geomorfológicas; áreas favorables para el asentamiento de población y actividades económicas, áreas críticas por seguridad física, entre otros.¹

Se ha preparado un mapa geomorfológico sobre la base de los siguientes trabajos realizados como parte de esta investigación: material morfométrico, estudio morfogenético, trabajo de campo, fotointerpretación y análisis de imágenes de satélite. Este último es importante porque las fotografías aéreas reflejan el detalle del relieve mientras que las imágenes satelitales complementan múltiples informaciones espectrales (combinaciones de bandas). La información topográfica, que es el soporte de la cartografía de esta investigación, fue hecha a partir de la automatización de datos (escaneo de cartas y digitalización).² Apoyado en herra-

1 Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción. (1996) *Desarrollo urbano, medioambiente y gobiernos locales*.

2 Elaborado basándose en cartas topográficas, a escala 1:25 000, Datum PSAD, del Programa Especial de Titulación de Tierras (PETT).

mientas de Sistemas de Información Geográfica como el ArcGIS para generar mapas temáticos.

El material morfométrico está compuesto de mapas de pendientes y profundidad de disección o erosión y gráficos como: Histograma de frecuencia altimétrica, curva hipsográfica y perfil del talweg principal.

Para el análisis morfogenético se ha utilizado la información geológica del Ingemmet (cartas y boletines) complementado con el trabajo de campo.

La delimitación de las unidades del relieve que forman parte del mapa geomorfológico de la subcuenca se trazó a través de la fotointerpretación, con fotos a escala 1:40 000 (vuelo USAF), análisis morfométrico e información recogida *in situ*.

El trabajo de campo consistió en el análisis de la relación talweg-interfluvio, particularmente en el análisis de los procesos geomorfológicos de las vertientes. Es decir, análisis de la litología, meteorización-erosión y pendientes de las laderas. Se relacionó lo anterior con los depósitos cuaternarios del alveo de la quebrada y la erosión lineal del mismo. Finalmente se analizó los procesos que causan remoción en masa y su consecuente grado de peligrosidad para la seguridad física de la ciudad de Huaraz.

RESULTADOS

1. Localización

La subcuenca de la quebrada Cojup tiene un área de 76.3 km² y se localiza en el departamento de Ancash, provincia de Huaraz y distrito de Independencia. Dicha quebrada en su parte baja recibe el nombre de río Paria, y éste a su vez confluye con el río Auqui para dar origen al río Quillcay. Este último atraviesa la ciudad de Huaraz y desemboca en el río Santa por la margen derecha (vertiente del Pacífico). El punto de mayor altitud de la cuenca se ubica en las cumbres del nevado Cojup a 6208 msnm, en tanto que el punto de menor altitud, en el nivel de base, a 3200 msnm. La vertiente de la cuenca por la margen derecha limita con la quebrada Llaca, en tanto que la correspondiente a la margen izquierda limita con la quebrada Quillcayhuanca. Geográficamente los puntos extremos de la subcuenca son: por el **Norte** a 9° 22' 05" S, 77° 22' 13" W, por el **Sur** 09° 31' 38" S, 77° 30' 27" W, por el **Este** 09° 23' 21" S, 77° 21' 03" W, y por el **Oeste** 09° 31' 33" S, 77° 31' 13" W.

2. Análisis del medio físico natural

2.1. Geología

Con la información geológica publicada por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (Ingemmet)³ y el trabajo de campo se ha realizado el siguiente análisis.

3 Boletines 55, 60 y cartas geológicas Huaraz y Huari.

En las vertientes de la parte media y alta de la cuenca predominan las rocas granodiorita y tonalita del terciario superior (23 millones de años). En la parte baja se encuentran importantes depósitos fluvioglaciares del Holoceno y en algunos sectores afloran las masas de basamento por erosión, particularmente en los cambios de pendientes y lecho menor de la quebrada. Es decir, material morrénico desplazado por los procesos de remoción en masa y por la capacidad de carga de la quebrada Cojup. Otros depósitos cuaternarios de menor área se localizan en los glaciares de la parte alta, próximo a las divisorias de aguas. En este último caso corresponden a depósitos proluviales desplazados a través de la escorrentía glaciar, los movimientos subglaciares y los depósitos morrénicos derivados de la dinámica glaciar en masa en los interfluvios.

Estratigráficamente las rocas granodiorita pertenecen al Batolito de la Cordillera Blanca, con foliación bastante general y con alta densidad de diaclasas. Como plutón menor se tiene a la tonalita.

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. Es decir, por lo menos cuatro meses con un promedio de temperatura mayor a 10°C y con período de lluvias bien marcado.⁴

Según la clasificación de las ocho regiones naturales del Perú, de 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 0°C.

Los meses de mayor precipitación son de diciembre a marzo. La estación pluviométrica más cercana se localiza en la ciudad de Huaraz. El promedio de precipitación total (lamina) para dichos meses, en el lapso de 30 años, es 415.5 mm, en tanto que el promedio anual es 639.3 mm.⁵ Por razones de naturaleza topográfica, altitudinal y proximidad esta información es similar a la parte baja del área de estudio.

Entre los 3500 y 5000 msnm, presenta un clima frío de tundra con temperatura media del mes más cálido mayor a 0°C (clasificación de Köppen).

Entre los 5000 y 6208 msnm el clima es de nieve perpetua de alta montaña (clasificación de Köppen). Es la zona de glaciares de montaña tropical alimentados por precipitaciones en estado sólido como nieve que se acumula a temperaturas ambientales negativas.⁶

4 Instituto Geográfico Nacional. *Atlas geográfico del Perú*. Lima, 1989.

5 Consejo Nacional del Ambiente (Conam). *Perú: Vulnerabilidad frente al cambio climático*. Lima, 1999.

6 Idem, p. 50.

3. Geomorfología

3.1. Geomorfología regional

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

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 morrénicos y las huellas de erosión en las vertientes (ver mapa geomorfológico). Cabe indicar que se tiene conocimiento que a nivel mundial aproximadamente el 30% del espacio subaéreo estaba cubierto de hielo en dicha época geológica.⁷

Posteriormente, en el Holoceno, es decir en los últimos 11000 años, en la subcuenca se aceleran los procesos erosivos de modelado glaciar. Es decir, producidos por la deglaciación cuaternaria, sin olvidar que los glaciares actuales corresponden a una época interglaciar 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 Nasca debajo de la sudamericana, que origina diversos niveles espaciales de peligrosidad sísmica a nivel nacional. Según el mapa de zonificación sísmica del Perú (2002)⁸, el departamento de Ancash se encuentra clasificado como de alta sismicidad. Sobre esto último se tiene como antecedente reciente el sismo del 31 de mayo de 1970, que originó considerables pérdidas humanas y materiales.

3.3. Morfometría

Los mapas morfométricos (pendientes y de profundidad de erosión) han sido importantes para relacionar la estabilidad de los derrubios y la masa glaciar que van a depender de los declives (pendientes) y rugosidad de las vertientes. La estabilidad de los glaciares está condicionado por el grado de compactación y de inclinación de las laderas. En el caso de la subcuenca normalmente se orienta en forma perpendicular al fondo del valle principal. Cabe indicar que el 49% del área de la subcuenca tiene más de 28° de declive. Esta información ha sido básica para alcanzar los objetivos del estudio.

7 GUTIÉRREZ, Mateo. *Geomorfología climática*, Barcelona: Ediciones Omega. 2001, p.34.

8 Instituto Nacional de Defensa Civil.

Por otro lado, los gráficos morfométricos detallados en la metodología muestran de manera general la topografía de la subcuenca. Mediante el perfil del talweg principal se identificó las partes baja, media y alta de la cuenca. A través de la curva hipsográfica se visualiza la topografía general de la subcuenca la misma que es muy abrupta, es decir, con altos declives. Por medio del Histograma de frecuencia altimétrica se visualiza las franjas altimétricas con mayor área, por ejemplo, el 45% (34.63 km²) de superficie de la subcuenca tiene altitudes entre los 4500 a 6208 msnm.

3.4. Análisis geomorfológico

Parte alta de la subcuenca. Localizada en la confluencia de tres talwegs, uno de los cuales nace de la laguna Palcacocha, y se extiende hasta las divisorias de aguas. La confluencia esta ubicada en las coordenada UTM 9°969,000 m norte y 238,000 m este. Presenta las siguientes unidades geomorfológicas:

- La cuenca glaciar tiene aproximadamente 6 km² de área y comprende altitudes entre 4800 y 6208 msnm, se identifica dos zonas de erosión por diferencias de altitud y declives. El primero, de mayor altitud entre los 5400 y 6208 msnm con masas glaciares muy compactas y normalmente con declives mayores a 49°. Es decir, con masas glaciares inestables por gravedad. La segunda, entre los 4800 y 5400 msnm con masas glaciares menos compactas, afectadas por los recientes cambios climáticos globales. Aquí destaca una subzona que está orientada hacia el fondo de las nacientes del valle y que tiene declives muy abruptos y escalonados, en rangos entre 35° - 42° y 28° - 35°. Por lo tanto, el grado de inclinación de esta zona del glaciar es muy fuerte, adecuado para el desplazamiento de materiales en masa hacia la laguna Palcacocha y el valle principal.
- Unidades de acumulación glaciar. Localizado entre los 4350 y 4800 msnm. Hay dos zonas diferenciadas, la primera integrada por los tres talwegs que dan origen a la quebrada Cojup, uno de los cuales es alimentado por la laguna Palcacocha. El ámbito está delimitado por los depósitos de morrena lateral de aproximadamente 2 km de longitud y con declives mayores a 49°. Complementado con otros depósitos glaciares con declives que varían entre 7° - 14° y 3.5° a 7°. La segunda, localizada en las vertientes de las márgenes derecha e izquierda, con masas glaciares entre 5000 y 5300 msnm, hacia abajo está cubierto por circos actualmente sin glaciares con declives que varían en el rango de los 28° a 35°. Dichas unidades de erosión son indicadores del retroceso glaciar. En este sector la escorrentía glaciar y subglaciar han dado origen a los tres talwegs citados.

Parte media de la subcuenca. Comprende entre el punto de inicio de la parte alta antes descrita y el punto en el talweg de la quebrada Cojup con coordenadas UTM 8°959,500 m norte y 230,500 m este y a 3,900 msnm. Este último punto

corresponde a un cambio de pendiente de la quebrada hacia el valle del río Santa siendo la topografía más suave.

Esta parte media de la subcuenca (ver foto 1), muestra en sección transversal una ladera inclinada hacia el valle de la quebrada Cojup, cubierta por vegetación de tundra, correspondiente a la denominada «hombreira en los terrenos modelados por los glaciares». Esa unidad de relieve, por razones de escala, no se ha trazado en el mapa geomorfológico; hacia arriba continúa con una ladera escarpada con declives mayores a 49° con huellas de haber sido pulido por el hielo, con granodioritas altamente diaclasadas y con talwegs menores derivados de la escorrentía glaciaria provenientes de las partes altas del glaciar. En algunos sectores, como se visualiza en el mapa geomorfológico, estas laderas tienen como límites a los Horn o pirámides característica típica del modelado glaciario. En este último caso termina con unidades de laderas y circos modelados por un extinto glaciar y presenta una topografía escalonada.

Hay otras dos zonas hacia arriba de la ladera escarpada que presentan importantes masas glaciares localizadas en la vertiente de la margen derecha y contiguo a la parte alta de la subcuenca. El primero está formado por un conjunto de circos con lagunas (sector lagunas Cojup). En esta zona predominan los declives entre 14° a 21° y tienen importantes depósitos glaciares en las partes más niveladas. El segundo, contiguo al anterior y hacia arriba de la ladera escarpada, tiene un corredor de circos seguido de otro con circos colgados o escalonados con lagunas. Esta zona es similar al anterior respecto a sus declives y depósitos cuaternarios. Termina con una importante masa glaciaria compacta con declives mayores a 49° y con altitudes entre los 5000 a 5900 msnm.

Las áreas de las vertientes próximas a la parte baja de la subcuenca tienen huellas de disección y pulimento glaciario y corresponden a las unidades de ladera disectada por modelado glaciario y superficies de erosión muy inclinadas. En la vertiente de la margen izquierda de dicho sector los procesos de erosión hídrica del cuaternario han originado erosión en surcos y barrancos. Estos últimos han sido profundizados también por acción antrópica con la construcción de la trocha carrozable, «paralela» a la quebrada Cojup, aflorando sedimentos proglaciares del Holoceno. Dicho detalle muestra la profundidad de la erosión lineal del talweg principal (aproximadamente 50 metros). También muestra un antiguo alveo de la quebrada probablemente del Pleistoceno.

Como todo valle glaciario, tiene forma de «U», es decir con fondo explanado, en forma cóncava y nivelado. Asimismo, cubierta por depósitos fluvioglaciares, los cuales corresponden a detritos de roca granodiorita y tonalita visualizándose en ese material el cuarzo. En muchos sectores del fondo del valle se encuentran restos de material residual transportado por remoción en masa y que han quedado temporalmente estabilizados (ver foto 2). En otros sectores del fondo del valle los abanicos proglaciares confluyen con depósitos fluvioglaciares.

Parte baja de la subcuenca. Comprende desde los 3900 y 3200 msnm, se encuentran dos espacios diferenciados. El primero, modelado por depósitos cuaternarios de naturaleza glaciaria, está conformado por un terreno ondulado con depósitos fluvio-glaciares, que se encuentran compactados y cubiertos por la vegetación y el material eólico, y las morrenas laterales en las márgenes del talweg principal. Esta última unidad geomorfológica es un indicador del avance máximo del glaciar en la subcuenca y ocurrido en el Pleistoceno. En general, el depósito de morrenas laterales tiene declives entre los 28° a 35°. En tanto que en las unidades de depósitos fluvio-glaciares, antes mencionados, los declives varían en los rangos de 7° - 14°, 3.5° - 7° y 1° 30' - 3.5° abarca desde los 3900 y 3500 msnm. El segundo también es un área de acumulación de origen proluvial y por remoción en masa desde los 3500 y 3200 msnm. Es un área alterada por la construcción de viviendas, la actividad agropecuaria e infraestructura vial. Resaltan los enormes bloques de roca granodiorita dispersados por los procesos de remoción en masa ocurrida en 1941. Cabe agregar que en esta última área de la subcuenca (confluencia de los ríos Auqui y Paria) hay un sector alargado localizado entre el nivel de base de la quebrada Cojup y un punto a una distancia de 2000 metros aguas arriba, con topografía suave alterada totalmente por la expansión urbana de la ciudad de Huaraz: Barrio de Nueva Florida cuyas viviendas están construidas sobre depósitos fluvio-glaciares del cuaternario semi-consolidados con agua subterránea. Como consecuencia del terremoto de 1970 dicho material fue sometido a compactaciones y subsidencias.⁹ Actualmente se conoce que las características locales del suelo como por ejemplo: roca (consolidada o no consolidada) y declives del terreno determina diferenciaciones espaciales de intensidad sísmica siendo mayores en áreas con suelos arenosos o materiales no consolidados. Similares características físicas del terreno corresponde a esta zona de expansión urbana. Por estas razones es una zona con peligro, vulnerabilidad y riesgo muy alto.

4. *Análisis y discusión*

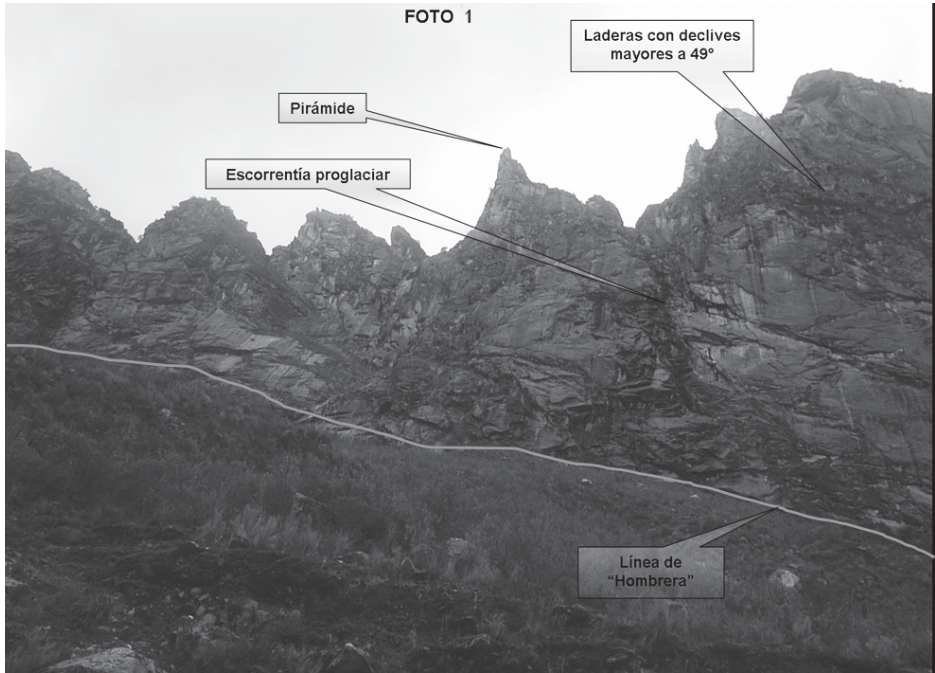
La parte aplicativa de la investigación corresponde al análisis y discusión de la diferenciación espacial de los peligros ante la ocurrencia de “desastres naturales” teniendo en cuenta los antecedentes históricos de estos eventos en la región.

Peligros o amenazas

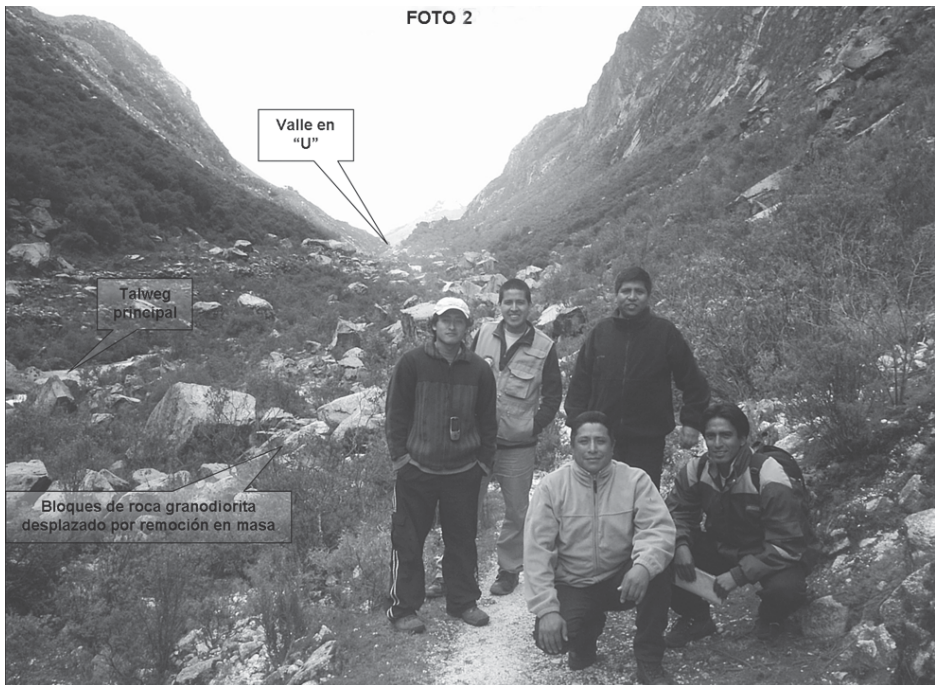
Basándose en los procesos geomorfológicos exógenos, y en particular los de remoción en masa, se ha estimado los niveles de peligro en las áreas actualmente ocupadas por la población o por la infraestructura vial en la subcuenca de la quebrada Cojup.

9 De acuerdo con la *Revista de Andinismo y Glaciología*, 1969-1970, p. 41.

Parte media de la subcuenca de la quebrada Cojup.



Valle en forma de U.



Para este fin se han utilizado las unidades geomorfológicas delimitadas en el mapa geomorfológico que corresponden a unidades de acumulación derivadas de procesos de remoción en masa.

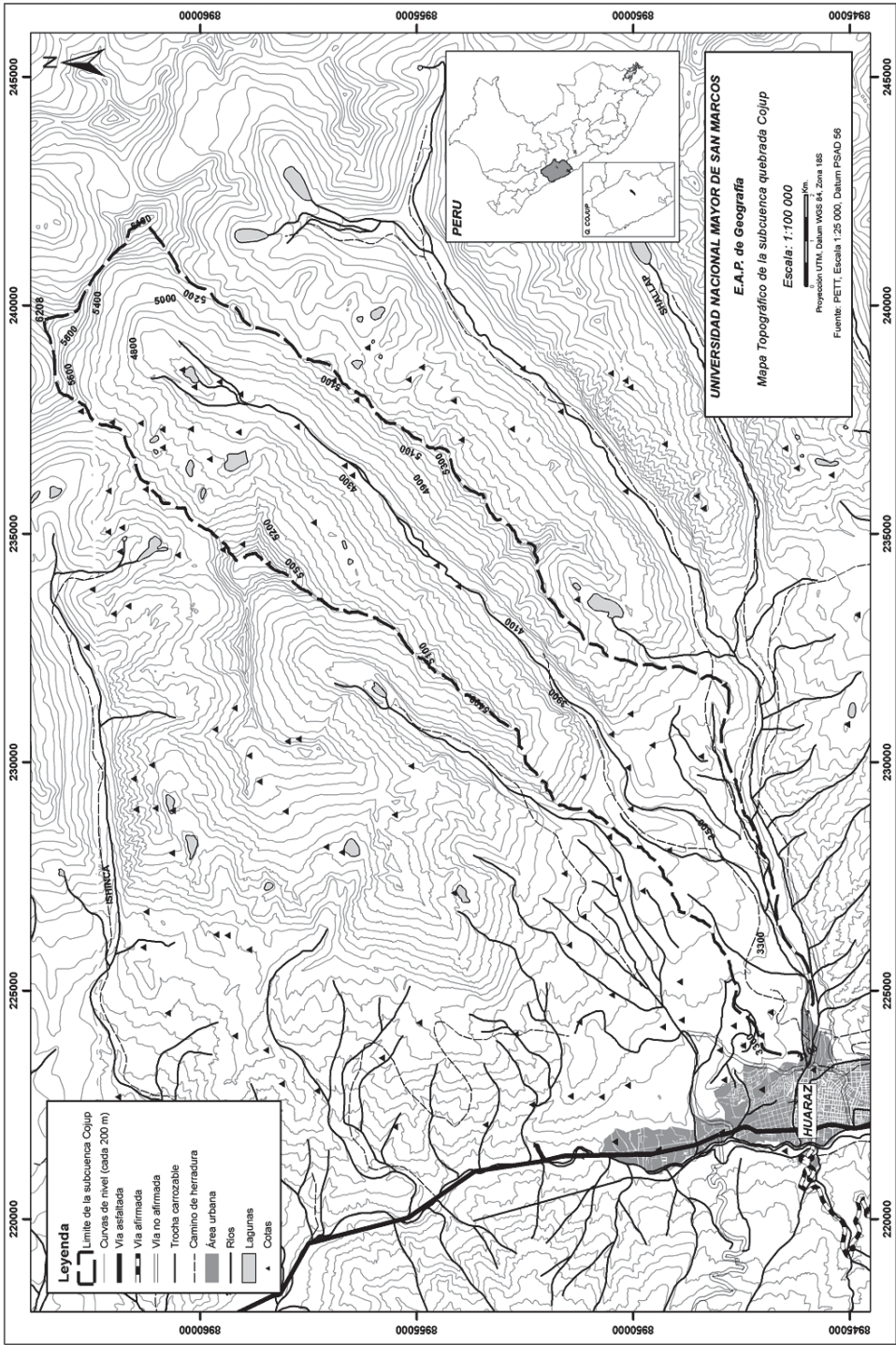
Zonas de peligro muy alto. Está conformada por la unidad geomorfológica delimitada con el nombre de «terrenos agrícolas», actualmente ocupadas por viviendas y por actividades agropecuarias. Las áreas ocupadas por la expansión urbana se visualizan en el mapa topográfico. Las aceleraciones sísmicas son el factor endógeno que pueden generar movimientos de las masas glaciares de la parte alta, que tienen, en promedio, fuertes declives normalmente mayores a 49°, a través de la conjunción de los procesos de alud-aluviones. Asimismo, favorece la caída de rocas en las vertientes de la parte media de la cuenca que también disponen de laderas con declives mayores a 49° orientados hacia el valle principal.

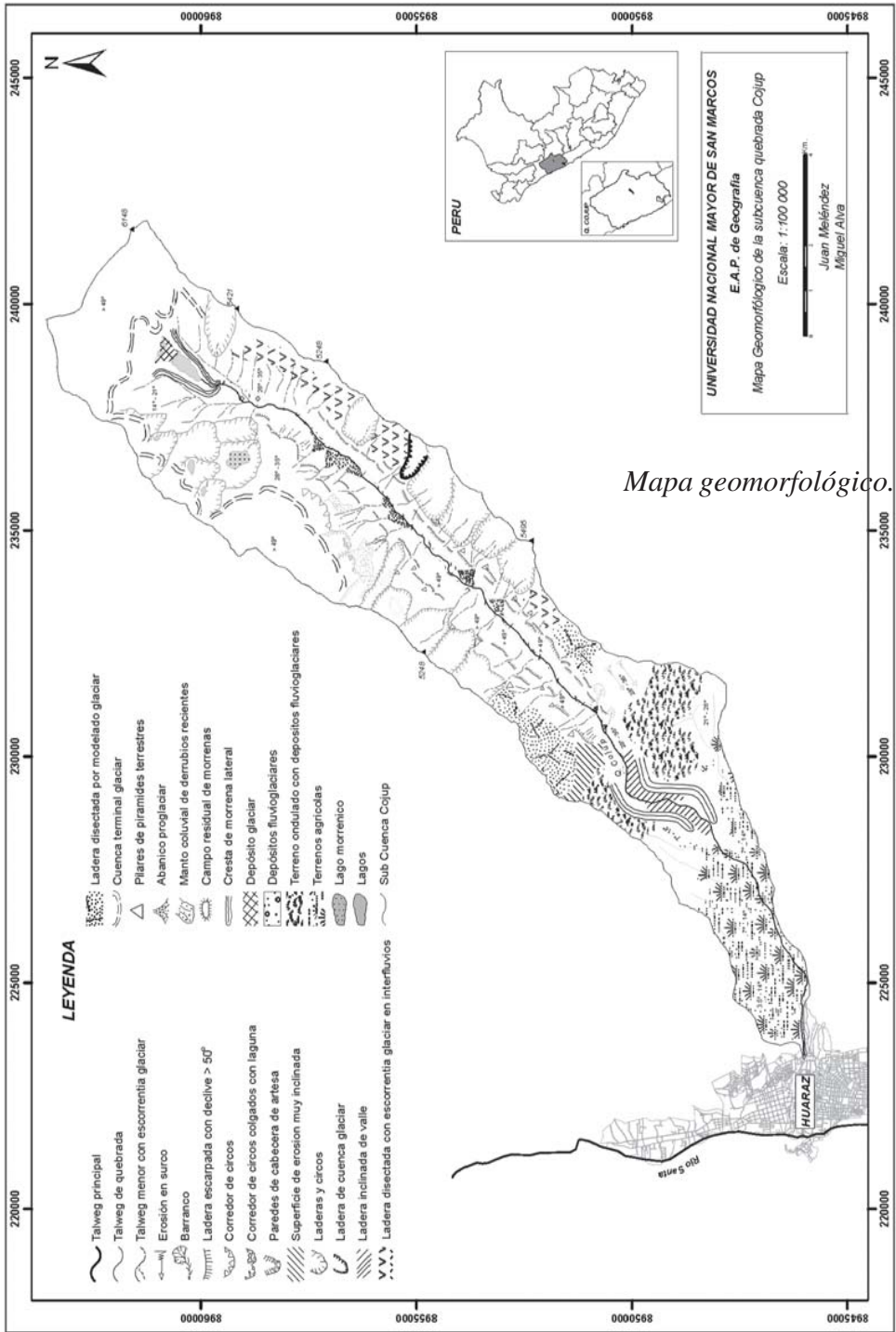
Zonas de peligro alto. En la parte media de la subcuenca, contigua a la parte baja las unidades de «barrancos», hay peligros de deslizamientos de material detrítico y barros que afectan a la trocha carrozable. Por lo tanto, el desplazamiento hacia las partes altas de la subcuenca para realizar actividades de turismo e investigaciones científicas están limitadas.

Zona de peligro medio. Conformado por las unidades de «terrenos ondulados con depósitos fluvioglaciares». Son áreas que pueden ser afectadas por eventuales procesos de remoción en masa, aunque actualmente son aprovechados para actividades agropecuarias.

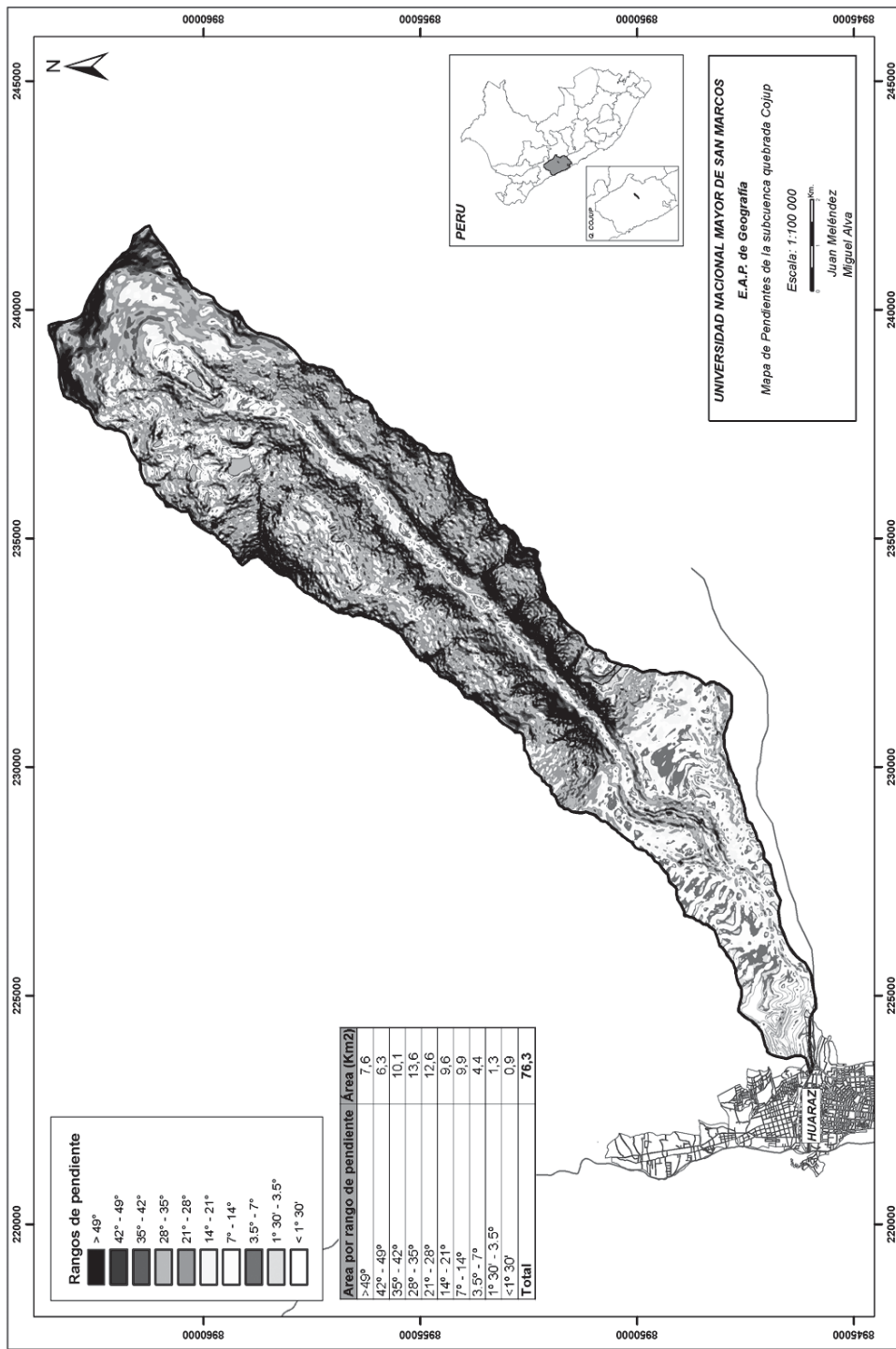
CONCLUSIONES

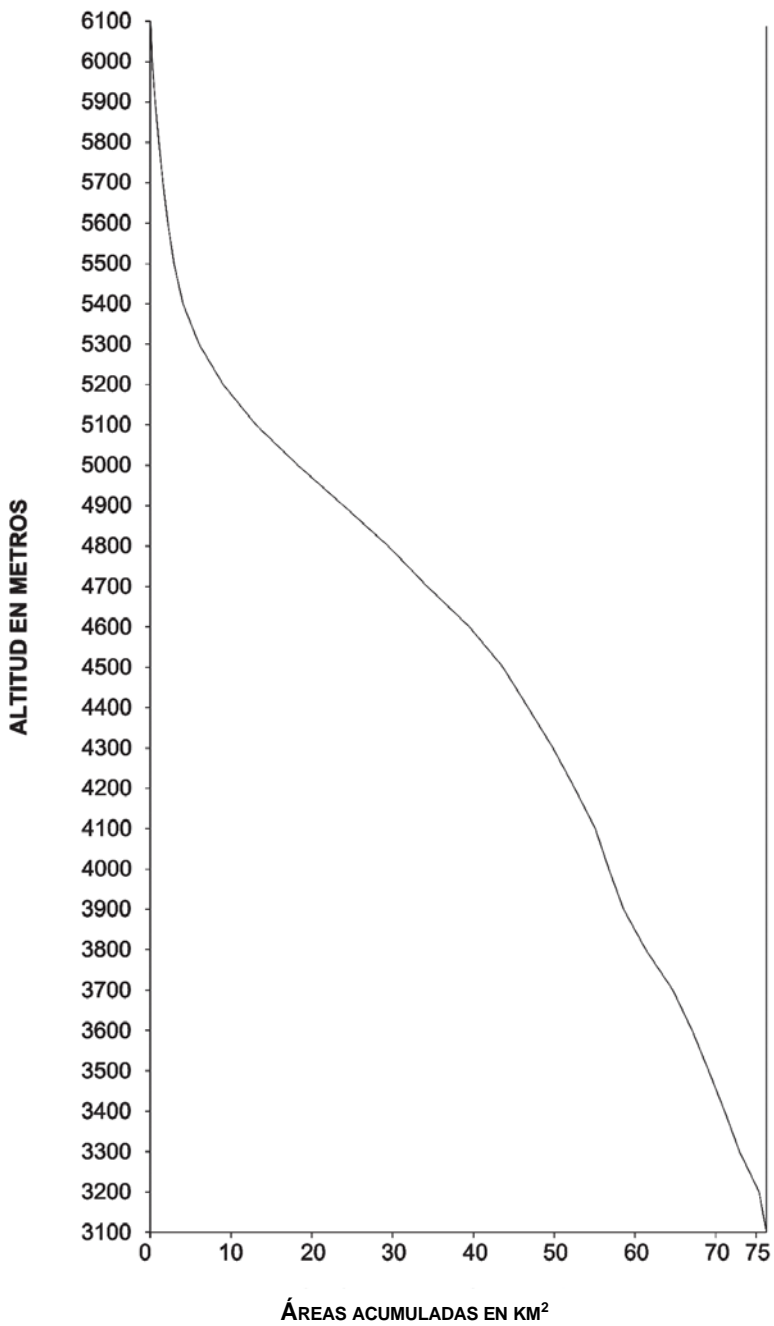
- En los análisis de los procesos geomorfológicos de la interrelación talweg-interfluvio se han estimado los niveles de peligro, y que son preocupantes para la seguridad física de la ciudad de Huaraz.
- La parte baja de la subcuenca está sufriendo un cambio espontáneo en el uso del suelo; de agrícola a urbano, debido al crecimiento económico y demográfico de la ciudad de Huaraz. Lamentablemente dichas zonas corresponden a «zonas de peligro alto y muy alto», derivadas de unidades geomorfológicas de acumulación o procesos de remoción en masa. Ante esta situación técnicamente es recomendable la reubicación de los asentamientos humanos en zonas con mayor seguridad física, es un caso que confronta la protección de la vida humana con sus necesidades económicas y de sobrevivencia.
- Se requiere profundizar los estudios para determinar grados de compactación de masa glaciaria y profundidad del lecho rocoso, en zonas con declive mayor a 42° a fin de estimar volúmenes de masas glaciares inestables, los cuales generarían los referidos procesos de remoción en masa en las partes altas de la cuenca y que inevitablemente se desplazarían a la parte baja. Para el desa-



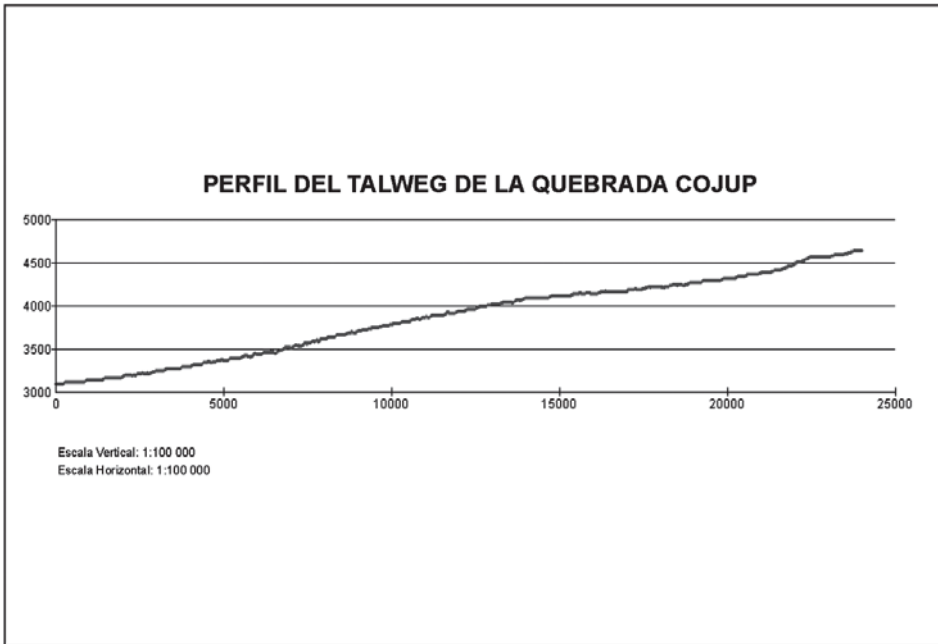


Mapa geomorfológico.





Curva hipsográfica de la subcuenca de la quebrada Cojup



rollo de dichos estudios, es necesario realizar mediciones *in situ*, que son muy costosos por la logística que demanda.

- El estudio geomorfológico de la subcuenca es original y es un aporte metodológico para futuros estudios aplicativos con mayor detalle en la región.
- En el plano de la Geomática, el aporte de las imágenes de satélite estereoscópicas (Aster, Spot, Ikonos, Quickbird) es relevante para disponer de información más actualizada.
- En el marco del ordenamiento territorial, los resultados de esta investigación, formarían parte del diagnóstico del medio físico, identificándose los conflictos o incompatibilidades de uso del suelo a través de las zonas de peligros por seguridad física.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONSEJO NACIONAL DEL AMBIENTE - CONAM

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

DE PEDRAZA, Javier

1996 *Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones*. Madrid: Editorial Rueda.

GUTIÉRREZ, Mateo

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

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.

LUGO, José

1991 *Elementos de geomorfología aplicada*. México: UNAM.

1989 *Diccionario geomorfológico*. México: UNAM.

MELÉNDEZ, Juan

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

MINISTERIO DE TRANSPORTES, COMUNICACIONES, VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN

1996 *Desarrollo urbano, medioambiente y gobiernos locales*. Lima.

RICE R. J.

1983 *Fundamentos de geomorfología*. Madrid: Paraninfo S.A.

STRAHLER, Arthur

2000 *Geografía física*. Barcelona: Omega.