

# Geomorfología de la microcuenca Pastoruri-Cordillera Blanca<sup>1</sup>

## Geomorphologic micro basin Pastoruri-Cordillera Blanca

Recibido: 03/09/2009  
Aprobado: 05/11/2009

**David Durand Castro**

UNMSM dadu2611@yahoo.es

**Fabriciano La Torre Ruiz**

UNMSM fabmaxlatoru@yahoo.es

**Carmen Villón Reinoso**

CONIDA cvillon@hotmail.com

**José Pasapera Gonzales**

CONIDA

### RESUMEN

El presente estudio geomorfológico de la microcuenca Pastoruri, comprende tanto las características más saltantes de la configuración del relieve, como los aspectos esenciales de los procesos morfodinámicos y morfogenéticos que actúan en modelado glacial y periglacial de la misma. El trabajo desarrolla tareas de investigación para cumplir con el objetivo de avanzar en el conocimiento del retroceso glacial, su relación con el cambio climático y de sus efectos en la disponibilidad de recursos hídricos. Se trata de una problemática de enorme importancia para la región, cuya magnitud apenas se vislumbra, debido a las crecientes necesidades de la población de mayores y más intensivas formas de ocupación del territorio y con ello, el creciente requerimiento principalmente de recursos hídricos, energía, actividades agrícolas, turísticas, entre otras, de carácter vital para garantizar el desarrollo sostenible de importantes ciudades asentadas en el valle del Callejón de Huaylas y fuera de él, algunas de las cuales resultan vitales para el país.

**PALABRAS CLAVE:** Geomorfología glacial y periglacial, geomorfología microcuenca Pastoruri, geomorfología Pastoruri, Pachacoto.

### ABSTRACT

The following geomorphologic study about thy micro-basin of the «Pastoruri» glacier, covers the most important characteristics on the configuration of relief, as essential aspects of the morfo-dynamic and morfo-genetic processes that work in its glacial and periglacial model. This research develops investigation assignments in order to accomplish with the goal of moving forward in the knowledge of the glacial processes that effects our planet, its relationship with the weather changing and its effects in the availability of hydro resources. It deals with a

1 El presente trabajo se desarrolla como parte del Convenio Marco de cooperación científica, técnica y educativa entre la Comisión Nacional de Investigación y Desarrollo Aeroespacial del Perú (CONIDA) y la Universidad Nacional Mayor de San Marcos mediante la RR N° 00925-R-05 del 24 de febrero de 2005, y además se halla inscrito dentro del Convenio Específico aprobado por RD N° 0518-D-FCCSS-2008 del 16 de septiembre de 2008 entre la FCCSS-UNMSM y la CONIDA.

problematic of huge importance for local people and the region. Its negative magnitude can be conceived barely considering the increase of the necessities of the population of bigger and more intensive kinds of territory occupation and with it, the increase of requirements basically of hydro resources, energy, farm activities, tourism, among other of crucial importance to guarantee the sustainable development of important cities situated in the «Callejón de Huaylas» valley and outside it, some of them are of huge importance of the development of the country.

**KEY WORDS:** Geomorphology glacial and periglacial, Geomorphology micro-basin Pastoruri, Geomorphology Pastoruri, Pachacoto.

## INTRODUCCIÓN

El relieve y la dinámica del modelado del área de estudio se explican principalmente por la conjunción de acciones glaciares y periglaciares de un lado y tectónicas y estructurales de otro. Este conjunto complejo de acciones ocurre en un escenario bajo condiciones de clima frío y templado frío de montaña tropical, que actúa sobre estratificaciones sedimentarias mesozoicas de naturaleza mineralógica variada, por tanto de susceptibilidad a los factores y agentes de erosión igualmente variada.

Bajo estas condiciones, teniendo en cuenta que los glaciares constituyen una reserva neta de agua que retiene la alta montaña, el análisis de los procesos geomorfológicos glaciares y periglaciares resultan relevantes no sólo por ser predominantes en el modelado del relieve del área, sino también porque introducen en el medio complejas interrelaciones, las cuales sintetizan al mismo tiempo las acciones de una gama de variables dando como resultado procesos morfogenéticos y morfodinámicos complejos, tal como los que se dan, por ejemplo, en la ablación, proceso entendido en su sentido estricto como la disminución del volumen glaciar (a la postre retroceso) por sublimación, evaporación y fusión. La ablación entonces es función del calor, expresado mediante la temperatura que depende de la intensidad de la radiación solar, de la cantidad de horas de iluminación, del ángulo de incidencia de la insolación, del ángulo de inclinación de la superficie expuesta, de la estación, de la humedad relativa del aire, nubosidad, de la intensidad y dirección frecuente de los vientos, etc.; la ablación, por otro lado, depende también de la alimentación aportada por las precipitaciones, pendiente, forma, tamaño y exposición de la cuenca de recepción, etc.

### *Generalidades*

#### *Localización*

El área de estudio se ubica en la cabecera y margen izquierda de la Quebrada Pachacoto, la misma que se encuentra en el sector Sur de la Cordillera Blanca, en el distrito de Cátac, provincia de Recuay y departamento de Ancash.

*Accesibilidad*

El ingreso al área de estudio se realiza por carretera afirmada desde el desvío de la carretera Huaraz-Pativilca en la Quebrada de Pachacoto.

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL RELIEVE DE LA MICROCUENCA PASTORURI

*El rol del clima en el área de estudio*

En el mundo de las ciencias naturales la mayoría de científicos están de acuerdo en rol que desempeña el clima, como factor de mayor jerarquía de los que participan en los procesos naturales sobre la superficie terrestre; por ello, y como no puede ser una excepción del presente estudio, abordamos este tema dejando constancia de la inexistencia de información meteorológica sistemática referida al área, de tal manera que la evaluación climática se hace por aproximaciones y comparaciones con áreas similares o por observaciones de campo; que las sustituyan de alguna manera, en todos estos casos, la evaluación resulta siendo cualitativa. En lo que respecta al sistema de clasificación climática, para cumplir con este propósito, tomaremos la parte pertinente de la clasificación climática de Vladimir Köppen.

En el área de estudio, de acuerdo con la clasificación climática de Köppen, han sido identificados los siguientes tipos climáticos: el Clima Frío de Montaña Tropical y el Clima Frío Templado de Montaña Tropical.

El Clima Frío de Montaña Tropical, a su vez, comprende dos subtipos climáticos: el Clima Frío o de Hielo de Montaña Tropical (EF), y el Clima de Tundra de Montaña Tropical (ET); y finalmente: Clima Frío Templado de Montaña Tropical (Dwb) seco en invierno con temperaturas negativas por las noches y días que supera los 10°C.

El Clima Frío o de Hielo de Montaña Tropical (EF), caracterizado por presentar temperaturas negativas durante todos los días del año, se combina y alterna con temperaturas positivas registradas a nivel del piso del hielo, principalmente durante las horas de la mañana, en la que ocurre una máxima irradiación solar, suministrando las calorías que comienzan a levantar las temperaturas que llegan a ser positivas; sin embargo, este calor tiene poca importancia ya que no llega a acumularse en la superficie del hielo ni en el aire en contacto con él, debido al elevado albedo de las superficies glaciares y a las características físicas del aire que sobreyace en la superficie glaciaria, el que posee una capacidad muy baja para retener calor debido a sus características físicas, entre las que podemos mencionar: bajas proporciones de gases de invernadero, elevada sequedad del aire, baja densidad del aire, humedad relativa muy baja, enrarecimiento del aire respectivamente, bajas presiones, fuerte movilidad del aire, etc.

El Clima Tundra de Montaña Tropical (ET) seco en invierno, presenta precipitaciones principalmente sólidas durante el verano, es decir, entre los meses comprendidos entre diciembre y marzo, con temperaturas negativas presentes durante todas las noches del año, mientras que en los días, principalmente durante algunas horas de las mañanas, las temperaturas pasan a ser positivas. El área de influencia directa de este tipo climático se extiende desde el límite inferior del glaciar hasta el límite superior del crecimiento más o menos permanente de la vegetación. Debido a la ausencia de cobertura vegetal protectora y a los contrastes térmicos diarios notables, el proceso alternativo hielo-deshielo es generalizado, de ello se desprende la eficacia de las acciones periglaciares, las mismas que pueden considerarse como predominantes del área, y no sólo más eficaz sino también más generalizado.

El Clima Frío Templado de Montaña tropical (Dwb) seco en invierno, presenta precipitaciones principalmente sólidas durante el verano, entre los meses comprendidos entre diciembre y marzo, con temperaturas negativas por las noches de todos los días del año y con un buen número de horas de las mañanas que pueden superar los 10°C. En este tipo climático, los contrastes térmicos diarios a lo largo del año constituyen una de las características más relevantes en el desarrollo de los procesos geomorfológicos. Los contrastes térmicos diarios se caracterizan por presentar horas nocturnas con temperaturas por debajo de -0 °C, las temperaturas negativas mínimas extremas ocurren como consecuencia del proceso de enfriamiento provocado por la pérdida de calor de irradiación, que continúa durante la noche, generalmente hasta el momento en que llegan los primeros rayos solares de la mañana. El proceso de enfriamiento cesa a partir del momento en que llegan los primeros rayos solares de la mañana y como consecuencia de este suministro de calor, se producen temperaturas diurnas positivas que pueden elevarse hasta por encima de los 10 °C. Este tipo climático en el área de estudio se extiende desde el límite superior del crecimiento denso, más o menos permanente de la vegetación, hasta sobrepasar el límite del área de estudio por la parte inferior.

### *Características litológico estructurales del área de estudio*

La geomorfología del área de estudio está particularmente condicionada por el aspecto estructural de estratificaciones sedimentarias cretácicas, de rocas volcánicas cenozoicas y finalmente de depósitos glaciofluviales y morrénicos que rellenan las depresiones, principalmente los fondos de valle del área de estudio; igualmente es trascendente desde el punto de vista morfológico, la resistencia relativa de las rocas que aparecen en superficie depende de la naturaleza litológica de las mismas, dando lugar en cada caso, a un determinado grado de susceptibilidad de las rocas frente al trabajo geomorfológico de los agentes y procesos de erosión predominantes que actúan en el área.

Un aspecto relevante en las características particulares del relieve, tiene que ver además de la naturaleza mineral de la litología, con la estructura, es decir, con la secuencia, los plegamientos y fallamientos de las estratificaciones sedimentarias cretácicas al haber sufrido una intensa actividad tectónica, como lo evidencian las formaciones estructurales de estratificaciones sedimentarias cretácicas tales como las formaciones Chicama, Chimú, Santa, Carhuaz.

Las estratificaciones de la Formación Chicama, son esencialmente de lutitas gris oscuras a negras, pizarrosas con intercalaciones delgadas de areniscas que se encuentran distribuidas en el sector de la cabecera, en la porción SO de la cuenca Pastoruri; la Formación Chimú, constituida de areniscas blancas y macizas en capas de 1 a 3 metros de espesor, cruza meridionalmente la parte central de la cuenca Pastoruri; la Formación Santa, compuesta de calizas de color azul grisáceo con meteorización característica de la corteza azulina, sus estratos tienen grosores de 10 cm a 1 m y se emplaza ocupando una estrecha banda orientada de norte a sur en la parte central oriental de la cuenca Pastoruri; mientras volcánicos de la Formación Calipuy, conformada de aglomerados, lavas, piroclastos de naturaleza andesítica de edad Cenozoica se encuentran cubriendo al nevado Huanacopunta (5 464 msnm) en el sector SO de la cuenca Pastoruri, Cordillera Blanca. (INGMMET Bol. N° 76).

Estas estratificaciones sedimentarias sufren los efectos de una severa actividad tectónica, generada por intensas fases de plegamientos y fallamientos que afectan los Andes altos peruanos, que tiene en cuenta la variada y contrastada coherencia debido a la diferenciada naturaleza mineralógica de los estratos componentes de las formaciones antes descritas, como por ejemplo lutitas o pizarras intercalando con areniscas cuarzosas, y da como resultado un particular relieve topográfico donde predomina la asimetría por la erosión diferencial que efectúan los agentes principales.

La litología superficial del área de estudio hace referencia a las rocas expuestas a las acciones directas de los agentes y factores de erosión predominantes en el área de estudio, al tener distinta constitución mineral y distinto origen, ya que encontramos rocas sedimentarias y volcánicas, por tanto, con una variada resistencia relativa debido a su pobre o nula coherencia; así, por ejemplo: lutitas o pizarras sumamente deleznable y bancos de areniscas cuarzosas muy coherentes que han sufrido intensos procesos de plegamiento, a lo que hay que agregar los materiales volcánicos, dando al sustrato un escenario en el cual los procesos modeladores del relieve marcan las elevaciones y las depresiones de manera notable en los complejos límites de las microcuencas, en los que podemos reconocer característicos relieves asimétricos en el fondo de valle, en el circo, en la artesa, en las vertientes y cimas de las divisorias en cuyo sector superior del flanco derecho se muestra un ejemplo de una captura de cuenca de cuenca.

*Las formas de relieve del área de estudio*

La microcuenca glaciar Pastoruri presenta dos principales formas de relieve, las cuales se hallan sometidas a activos y generalizados procesos de modelado, cuya representación cartográfica se puede apreciar en el Mapa Geomorfológico adjunto al presente texto explicativo.

Las formas de relieve principales del área estudiada son: el circo glaciar y la artesa glaciar.

- **El circo glaciar Pastoruri.** Es una depresión en forma de anfiteatro más o menos semicircular, emplazado en la cabecera de la artesa glaciar del mismo nombre. En el circo glaciar se puede distinguir a su vez, dos partes: el circo glaciar activo y el circo glaciar fósil.
- **El circo glaciar activo Pastoruri.** Es una depresión en forma de anfiteatro más o menos circular que aloja en su lecho a la masa glaciar de aproximadamente 119 hectáreas de extensión y presenta una cima culminante a 5 191 msnm. Esta masa glaciar alimenta con su lento descenso en sentido de la pendiente el glaciar del mismo nombre. Se trata de una corta lengua glaciar terminal cuya importancia reside no sólo en su belleza natural, sino también por su mejor accesibilidad en comparación con los demás paisajes glaciares del área de estudio.

El circo glaciar presenta en su límite inferior una lengua glaciar corta, con borde terminal abrupto y fuertemente fisurado (como se observa por ejemplo en las fotos 1, 2 y 5; alrededor de 5 025 msnm, altitud en la cual, como producto de una fusión intensa del frente glaciar origina una laguna que aún no tiene nombre (ver Foto 3), con cuyo espejo se halla haciendo contacto y por el lado opuesto origina el río Pastoruri de la forma en que se puede observa en la Foto 8.

- **El circo glaciar fósil Pastoruri.** Es un gran anfiteatro cuya depresión ha sido entallada y posteriormente abandonada por el glaciar y, por lo tanto, muestra las evidencias de haber sido muy recientemente lecho masa glaciar en retirada, su importancia se debe a que explica la ausencia de masas glaciares que se hallaban ocupando un circo más grande y cuyas consecuencias no sólo significa la finalización de procesos de gelivación y de aportes hídricos por fusión, así como también de la belleza escénica que proporciona una masa glaciar tropical, permitiendo ver sólo afloramientos rocosos agrestes. Lamentablemente, como se puede apreciar en el Mapa Geomorfológico, el circo glaciar no activo o fósil se ha incrementado notablemente como lo demuestran los límites multitemporales encontrados con la ayuda de las imágenes empleadas en el presente trabajo. Se observa muy claramente, que estas áreas han tenido en el tiempo un incremento desigual, en especial en los extremos Este y Oeste del anfiteatro o circo glaciar, sectores en donde han sobrepasado las cimas culminantes.



Foto 1. Detalles de la porción superior terminal de la lengua glaciar Pastoruri.



Foto 2. Detalles de la porción terminal de la lengua glaciar Pastoruri.



Foto 3. Laguna en el primer plano y lengua glaciar terminal Pastoruri al fondo.



Foto 4. Detalle de la anterior foto, mostrando el contacto de la lengua glaciar y el sustrato.





Foto 5. Detalles de frente glaciar Pastoruri fuertemente fisurado.

- **La artesa glaciar Pastoruri.** Es una depresión más o menos profunda y alargada, con fondo plano y ensanchado, flanqueado por paredes escarpadas en algunos sectores o recubiertas de materiales en otros, con un perfil transversal aproximado en forma de «U» debido a que el agente modelador principal ha sido el glaciar. La forma de «U» de la artesa es imperfecta, ya que muestra disimetrías explicadas por las características del sustrato. Se pueden distinguir dos formas saltantes: superficies planas a onduladas del fondo de artesa y vertientes de la artesa glaciar.
- **Superficies planas a onduladas del fondo de artesa.** Son superficies planas a onduladas emplazadas en el fondo de valle. Engloban superficies de colmatación lacustre y acumulaciones fluvioglaciares.
  - a.- **La superficies planas colmatación lacustre:** deben su plenitud debido a que su formación ocurre como consecuencia de la lenta sedimentación de material fino arrastrados por aguas corrientes hasta la laguna de origen glaciar que inicialmente se encuentra ocupando la depresión del fondo de valle, cuyas aguas son lentamente desalojadas por la sedimentación transportada por las aguas corrientes sobre todo por suspensión, hasta que finalmente emerge la superficie a la que se denomina superficie de colmatación lacustre.



Foto 6.- Detalles de frente glaciar Pastoruri visto desde la parte superior.



Foto 7. El frente glaciar Pastoruri en primer plano y la formación de la laguna glaciar en su parte anterior, al fondo vista de parte del sector derecho de la artesa.



Foto 8. Laguna glaciar que da origen al río Pastoruri.



Foto 9. Laguna de origen glaciar, en la parte inferior derecha el flanco derecho de la artesa Pastoruri.

Actualmente, a 4650 msnm se puede apreciar en la parte central del fondo de valle plano valle glaciar tres lagunas pequeñas más o menos aisladas unas de otras, como evidencia final de este proceso. Mientras que en la base del circo glaciar fósil Pastoruri se observa otra superficie de colmatación sobre los 4800 msnm.

**b.- Las acumulaciones fluvioglaciares:** constituyen superficies onduladas, ocupan el fondo de valle o artesa glaciar, por la parte anterior a las superficies de colmatación lacustre. Se forman por acumulación de materiales pobremente seleccionados y estratificados arrastrados por las aguas de fusión glaciar o fluvioglaciar desde la parte superior por el eje de drenaje principal. Esta forma de relieve constituye el fondo de valle glaciar, surcado por el río Pastoruri cuyo nacimiento se produce a partir de las aguas de fusión glaciar en pleno proceso de formación, toma dirección inicial hacia el SO y alimenta un rosario de lagunas para finalmente dirigir su curso ortoclinal hacia el NO en su extensión principal.

- **Las vertientes de la artesa glaciar.** Conformada por las vertientes disimétricas, que flanquean el fondo de valle y al eje de drenaje principal del río Pastoruri. Se trata de vertientes muy irregularmente configuradas en ambos flancos, debido a las características litoestructurales, propios de un valle o artesa encajada o excavada por un glaciar a partir del eje anticlinal, a ello hay que agregar diferencias locales de alimentación glaciar y de factores de exposición propio de un valle orientado de NS, lo que genera una disimetría notable.

**a.- En el flanco derecho,** inmediatamente por debajo del límite nival actual, se observa afloramientos y puntas rocas con un microrrelieve sumamente irregular, sector por el que se observa un ejemplo típico de toma o captura de cuenca, ya que las aguas de la artesa o valle glaciar Yanapampa pasa a aportar aguas a la cuenca Pastoruri, dando origen al río del mismo nombre. A continuación, por la parte inferior, se observa extensiones considerables de formaciones coherentes pulidas por el glaciar conocidas como rocas aborregadas, esta coherencia nos indica de los materiales posiblemente compuestos de bancos de areniscas cuarzosas; un alineamiento de puntas rocosos de este mismo material prosigue por la parte inferior bordeando un sector de la porción NE del fondo de valle y posibilita al mismo tiempo una depresión que limita con las crestas divisorias, en la que se halla una laguna cuyos caprichosos contornos refleja muy claramente la naturaleza del sustrato. En los sectores culminantes limita la vertiente del valle glaciar un alineamiento de afloramientos rocosos a altitudes que bordean los 5000 msnm, finalmente las crestas del Cceullajirca a altitudes de 4925 msnm cierra la cuenca por la parte inferior, mientras la vertiente interior exhibe un talud de derrubios con perfil uniforme que enmascara los afloramientos rocosos.



Foto 10. Fisuras propias de la actividad Periglacial intensa, pese a ello, una mata gramínea aislada sobrevive a las rigurosas condiciones del clima. (Indicadora de condición de abrigo)

**b.- En la margen izquierda**, en el sector en contacto con el actual límite nival, la divisoria presenta afiladas crestas de las que sobresale el nevado Huanacopunta (5,464 msnm) cuyo sustrato se halla constituido de rocas volcánicas de la formación Calipuy, que aporta abundante material detrítico superficial a las vertientes ya sean taludes o conos de derrubios que casi entran en contacto con el fondo de valle plano. La divisoria en la parte inferior de la margen izquierda, presenta afloramientos y puntas rocosas de menor altitud que su homólogo del sector opuesto, lo que se traduce en vertientes cortas que entran en la mayor parte de su extensión en contacto con la superficie de colmatación lacustre del fondo de valle.

#### LOS PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS PREDOMINANTES

Los procesos geomorfológicos dominantes que modelan al área de estudio son los procesos glaciares y periglaciares.

– **Los procesos glaciares.** Son todos aquellos procesos en los cuales el glaciar permanente actúa como agente de modelado.

Si bien la masa glaciaria, es decir, el estado sólido del agua, pudo apenas existir hace 2000 millones de años, cuando la Tierra había alcanzado un importante grado de enfriamiento, la criósfera actual tiene apenas 3 millones de años de existencia y es, por lo tanto, la más joven de las esferas; hoy en día la criósfera tiene un volumen de  $3.0 \times 10^7 \text{ km}^3$ . Las masas glaciares constituyen 2% de las masas de agua global. El 91% de masa glaciaria se encuentra en la Antártica, el 8% en Groenlandia y el restante 1% conforma los glaciares de montaña con alturas superiores a 4 500 msnm, en el Himalaya, los Andes, los Alpes, etc.

En un país intertropical como el nuestro, los glaciares constituyen un fenómeno extra zonal y su presencia obedece a las altitudes que alcanzan nuestras montañas cuyas crestas superan el límite térmico de los  $0^\circ \text{C}$  considerando el gradiente vertical de temperatura. Dado su volumen glaciario, ejerce una presión considerable en su base, además fluye aunque lentamente en su lecho, por lo que arranca materiales de granulometría muy variada, desde bloques muy grandes hasta material molido, además de pulir su lecho cuando el sustrato es muy coherente, empuja y abandona abundante material de granulometría igualmente variada, tanto en el frente como en su lecho al retroceder; a esos materiales se les denomina, en forma genérica, morrena.

Las evidencias de este notable funcionamiento constituye una de las manifestaciones más evidentes del cambio climático, el que se nos ofrece a través del comportamiento del agua y su paso por los estados físicos de la materia en función de la energía disponible, esta última es indispensable para el desencadenamiento de los distintos procesos físicos en la naturaleza. En este caso particular, el que más nos interesa es el paso del estado sólido a líquido del agua y viceversa. El agua puede pasar del estado sólido al líquido, en este caso aquél tiene que tomar energía del ambiente, produciéndose la fusión, para que un gramo de hielo se derrita se necesita 80 cal. Para que la evaporación se produzca se necesita más energía, para que un gramo de agua se evapore se necesita 700 cal. En consecuencia, el hielo, que al mismo tiempo es muy sensible a las fluctuaciones térmicas, constituye un reservorio de agua que cede gradualmente a las partes bajas.

En la microcuenca Pastoruri, el dominio de los glaciares se halla a una altitud máxima de 5,191 msnm y el de menor altitud actual a 5,025 msnm, o sea, una diferencia de altura de 166 metros lineales desde su porción inferior hasta sus cimas glaciares culminantes.

El glaciar Pastoruri constituye uno de los principales agentes que dan lugar a procesos responsables en la configuración del relieve estudiado, ya que las huellas directamente observables de su accionar está en todas partes, ya sea como formas de erosión o de acumulación. Entre las primeras se observan procesos de gelificación y gelifración tales como crestas gelifractadas agudas, taludes y conos de derrubio, alineamientos rocosos afilados, etc., mientras que entre las segundas, sobresalen las morrenas, los depósitos fluvio-glaciares y las superficies de colmatación

lacustre, todas ellas pueden ser observadas en el Mapa Geomorfológico a escala 1:25 000 que se adjunta.

Los glaciares, como agentes de modelado del relieve actual, actúan a través de acciones, entre las que se pueden identificar algunas de las más evidentes: arrancado material grueso, excavando, puliendo, moliendo, trasladando y acumulando material detrítico.

**Arrancando:** la enorme presión que ejerce su masa, tanto en el fondo como en su lecho arranca blocks rocosos de enorme tamaño, los que integrados en la masa glaciar ayudan en la eficacia de las demás acciones.

**Excavando:** producen depresiones, por ejemplo, artesas glaciares, especialmente cuando actúa sobre materiales deleznable.

**Puliendo:** se produce como consecuencia del accionar del glaciar sobre materiales relativamente coherentes en donde se observan superficies raídas o estriadas ayudados por las rocas que integran en su masa, también se les puede observar en la superficie de las rocas aborregadas.

**Moliendo:** se produce como consecuencia del desmenuzamiento de las rocas hasta tamaños mínimos debido a la enorme presión que ejerce la masa glaciar y al movimiento de flujo que desarrolla sobre su lecho.

**Trasladando y acumulando:** los abundantes materiales detríticos de extremada variedad granulométrica que empuja el glaciar como un bulldócer y los que además involucra en su masa, principalmente en sus bordes y en la parte basal, son abandonados al producirse la fusión y retroceso formando cordones típicos de materiales en todo el borde terminal, denominándoseles morrenas laterales y frontales, a las que se acumulan o depositan en el lecho se les denomina morrenas de fondo.

Con la ayuda de fotografías aéreas e imágenes satelitales proporcionadas por la CONIDA se ha podido fijar en el tiempo la secuencia multitemporal para el período 1962-2001. La extensión que abarcaba la masa glaciar en cada uno de los momentos, han sido representadas en el Mapa Geomorfológico que se adjunta.

Las fotografías aéreas a escala 1:40 000 USAF de agosto de 1962, nos ofrece el primer antecedente gráfico-visual del glaciar Pastoruri, lo que ha permitido reconstruir la extensión superficial que la masa glaciar Pastoruri ocupaba en esta fecha, abarcando 282 hectáreas de extensión.

Un segundo documento gráfico-visual del glaciar Pastoruri, disponible para el presente trabajo, es la Imagen Land Sat de julio de 1997 que ha permitido encontrar el límite inferior del glaciar en esa época, con la que se ha podido establecer 127 hectáreas de extensión de la masa glaciar para ese año. Es necesario dejar constancia de que la limitación que deviene de la escala original del Land Sat y su acercamiento a la escala de trabajo 1:25 000 ha determinado que los cálculos efectuados para encontrar los valores indicados, tengan el carácter de aproximados y sujetos a perfeccionamientos futuros.

La Imagen ASTER de agosto de 2001 ha permitido establecer 119 hectáreas. Es necesario, igualmente, dejar constancia la misma limitación tanto en esta imagen como en la anterior.

– **Los procesos periglaciares.** Los procesos periglaciares son aquellos que resultan como consecuencia de la alternancia diaria del congelamiento y deshielo sobre el relieve, así el agente de este proceso viene a ser el hielo-deshielo, traduciéndose su accionar de manera visible en la construcción de formas de relieve características. Actúan tanto por mecanismos de gelifración o criogénesis, solifluxión y movimientos en masa, exudación, etc.

Bajo condiciones de Clima Frío Templado de Montaña Tropical (Dwb), donde la cobertura vegetal es pobre o no existe y donde el suelo esté lo suficientemente humedecido, constituyen las condiciones más favorables para la eficacia de los procesos periglaciares, generando los procesos morfodinámicos más eficientes tales como: gelifración, solifluxión, exudación y reptación entre los más importantes. Estos procesos periglaciares se caracterizan principalmente por ser generalizados y frecuentes del área, generalizados porque actúan en toda la extensión del terreno y frecuentes porque ocurren todos los días del año. La ocurrencia del proceso periglacial se ve favorecida como consecuencia de superficies expuestas enfriadas por irradiación que alcanzan temperaturas negativas, cuyas mínimas extremas se experimentan en las primeras horas de las mañanas, momento en el cual el terreno recibe los primeros rayos solares del día; luego, a medida que se intensifica la incidencia de la radiación solar, las temperaturas pasan a ser positivas, alcanzando las máximas extremas en las primeras horas de la tarde. Este ritmo que muestra la amplitud térmica diaria ocurre durante todos los días del año, inclusive en el verano, época en la cual esta amplitud térmica se modera considerablemente y no evita la ocurrencia del proceso, por ello, en relación con los procesos morfogenéticos y morfodinámicos, los contrastes térmicos diarios son más relevantes que los contrastes estacionales, ya que los primeros resultan ser más activos y eficaces.

Las temperaturas en Clima Frío Templado de Montaña Tropical (Dwb) descienden también en el verano por debajo de 0 °C, de hecho son mucho menos extremados que en el invierno; sin embargo, hay que precisar que, desde el punto de vista morfológico, los contrastes térmicos diarios en el verano, pese a la menor amplitud, son también eficaces debido al permanente suministro de agua embebiendo tanto los materiales detríticos superficiales, los suelos y las fisuras del substrato rocoso expuestos como para que el proceso hielo-deshielo sea eficiente, mientras que los contrastes térmicos estacionales de invierno pese a ser más acusados son también eficientes desde el punto de vista morfológico, aunque con una menor dotación e incluso déficit de agua en algunos sectores de las vertientes.





Foto 11. Equipo UNMSM-CONIDA rumbo al Pastoruri.

Los procesos periglaciares muestran un grado máximo de eficacia con la presencia de ciertos elementos y factores concurrentes como materiales coherentes y fisurados, como los que se presentan en el área. A la presencia de estratificaciones superficiales coherentes y fuertemente fisuradas, tenemos que agregar la existencia suficiente de agua, cuyo humedecimiento es fundamental para la eficacia de los procesos periglaciares y sin el cual estos procesos se reducen a modificaciones de volumen de los materiales superficiales por dilatación y contracción poco efectivos.

#### CONCLUSIONES

1. El acelerado retroceso glacial se produce como consecuencia del calentamiento global que genera en consecuencia el cambio climático global en las escalas temporales y espaciales.
2. El factor calentamiento global corresponde a un nivel general y, por tanto, toca a ese nivel de tratamiento; sin embargo, los agentes antrópicos, como la contaminación y la sobrecarga de uso, tienen que ver con la alteración del comportamiento térmico del agua o hielo, en especial plásticos, han sido sin duda, los causantes mayores del acelerado retroceso glacial. Su cierre al tu-

rismo ha representado un impacto muy importante que debe enseñarnos a manejar este tipo de recursos con la planificación adecuada.

3. La variabilidad climática ha sido estudiada a través del análisis multitemporal de los glaciares utilizando imágenes de los años 1962, 1997 y 2001 que ha permitido establecer una secuencia de retroceso glaciar durante 40 años, que ha sido fijado cartográficamente en el Mapa Geomorfológico.

#### RECOMENDACIONES

- El cierre del glaciar al turismo masivo debe mantenerse, y poner en práctica alternativas a la actividad para disminuir el impacto social en la población que se dedicaba a esta actividad sobre todo la más dependiente y de menores recursos.
- Es prioritario la instalación de una estación climática y meteorológica en la microcuenca Pastoruri, cuya información sería de enorme importancia para el seguimiento de la deglaciación que experimenta el área.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LOZÁN, José; Harmut GRASSL; Peter HUPFER (2001). *Climate of the 21st Century: Changes and Risks*. Hamburg Germany.

COQUE, Roger (1977). *Geomorfología*, París: Editorial Armand Collin.

SUGDEN D. y Jhon, B. (1977). *Glaciers and landscape*. London: Edward Arnold publishers.

INGMMET Bol. N° 76. *Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca*.



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Elaborado por: MG David Durand Castro

### LEYENDA
