

EGE  
DE GENERACION

ESTUDIO GLACIOLOGICO DE LA CUENCA  
DEL RIO AOBAMBA

DIST. DE MACHUPICHU  
PROV. DE CUSCO

INFORME TECNICO



INGEMMET

DIRECCION DE CUSCO

OCTUBRE 1999  
LIMA PERU

EGE  
DE GENERACION

ESTUDIO GLACIOLOGICO DE LA CUENCA  
DEL RIO AOBAMBA

DISTRICTO DE MACHUPICHU  
PROVINCIA DE TUCUCUMAYO (CUSCO)

INFORME TECNICO



INGEMMET

DIRECCION DE INVESTIGACION

OCTUBRE 1999

LIMA PERU

## ESTUDIO GLACIOLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO AOBAMBA

### CONTENIDO

	Pag.
1.0 introducción.....	1
2.0 Objetivos .....	1
3.0 Area de Estudio .....	2
4.0 Trabajos de Campo y Gabinete .....	2
5.0 Generalidades .....	3
5.1 Ubicación y acceso .....	3
5.2 Antecedentes .....	4
6.0 Glaciología .....	7
6.1 Evolución y Distribución de los Glaciares .....	7
6.2 Inventario y Evaluación de Glaciares .....	7
6.2.1 Grupo Palkay .....	8
6.2.2 Grupo Salkantay .....	9
6.2.3 Grupo Tokorhuay .....	11
6.3 Area Periglacial .....	12
6.4 Determinación de Riesgos .....	12
6.4.1 En el Area Glaciar .....	12
6.4.1.1 Grupo Palkay .....	12
6.4.1.2 Grupo Salkantay .....	13
6.4.1.3 Grupo Tokorhuay .....	13
6.4.2 En el Area Periglacial .....	13
6.4.2.1 En la Qda. Paccha Grande .....	13
6.4.2.2 En la Qda. Sisaypampa .....	14
7.0 Conclusiones Finales .....	16
8.0 Recomendaciones Finales .....	17
ANEXOS	
Planos ( 02 )	
Fotografías ( 24 )	

## ESTUDIO GLACIOLOGICO DE LA CUENCA DEL RIO AOBAMBA ( Dist. Machupicchu - Prov. Urubamba - Dpto. Cusco)

### 1.0 Introducción

El INGEMMET, a través de la Dirección de Geotecnia, tuvo a su cargo para EGEM S.A. la ejecución del estudio de las áreas glaciár y periglaciár que corresponden a la cuenca hidrográfica del río Aobamba, fundamentalmente con la finalidad de evaluar el estado actual de éstas, determinar los riesgos que en materia de producción de avalanchas y flujos de masas tipo aluviór puedan seguir comprometiendo desde el punto de vista geodinámico la estabilidad de la cuenca, además recomendar la aplicación de medidas que permitan de alguna manera reducir o minimizar los efectos destructivos de este tipo de proceso que es causante de catástrofes que afectan seriamente las poblaciones y obras de infraestructura que se emplazan dentro del área de influencia, tal como ha ocurrido con el aluviór del 27 de Febrero de 1998, el cual ocasionó el embalse del río Vilcanota y cubrió las estructuras de la C.H. Machupicchu.

El comportamiento de los glaciares depende del clima y se viene observando en las cordilleras nevadas del país, un acelerado proceso de desglaciación, por lo cual las áreas glaciares están experimentando reducciones importantes, de modo que la línea o borde inferior de estas áreas tiende cada vez a ir hacia niveles de altura superiores y durante este proceso de retroceso, donde las condiciones morfológicas y geológicas de la roca base lo permiten, se produce en muy corto tiempo la formación y evolución de lagunas glaciares, como en el caso de la laguna Salkantay que se ha originado probablemente en el transcurso de los últimos 50 años. Asimismo donde las pendientes del plano de contacto roca - hielo son muy fuertes y la tensión en este último aumenta, se van a generar desplazamientos y/o desplomes formando frentes glaciares colgantes que se constituirán en nuevos puntos de generación de avalanchas que pueden producirse simplemente por la acción de la gravedad o activadas por un movimiento sísmico, cuya magnitud dependerá de la potencia y volumen de la masa de hielo inestable.

### 2.0 Objetivos

Las metas trazadas en el presente estudio fueron:

- Efectuar el inventario de los glaciares que corresponden a la Cuenca del río Aobamba.
- Determinación del estado actual de las áreas glaciares.
- Establecer y comparar el grado de regresión y/o avance glaciár.
- Determinación de riesgos en las áreas glaciár y periglaciár.

- Recomendaciones o propuestas de estudios puntuales.

### 3.0 Area de Estudio

El área tratada abarcó las zonas glaciar y periglaciar pertenecientes a la cuenca del río Aobamba, comprendiendo alturas entre los 6264 msnm. (cumbre del nevado Salkantay) hasta los 3400 msnm.

Los glaciares están distribuidos en 3 zonas bien definidas: Palkay, Salkantay y Tokorhuay (ver fotos N<sup>os</sup> 1, 2 y 3). En el área periglaciar, cabe destacar la presencia de la laguna Salkantay, que se encuentra en pleno proceso de evolución (ver foto N<sup>o</sup> 4) y el glaciar de valle en vías de desaparición existente en la parte superior de la quebrada Paccha Grande, en cuya morrena frontal se produjo el proceso de soliflucción que generó el aluvión del 27 de Febrero de 1998. (ver Foto N<sup>o</sup>7)

### 4.0 Trabajos de Campo y Gabinete

Las labores de campo fueron realizadas entre el 12 y 28 de Agosto del año en curso, debiendo indicar que el ingreso a la cuenca de Aobamba se efectuó utilizando la ruta que parte de Piscacucho (Km.82 de la línea férrea Cusco - Machupicchu) y se desplaza a lo largo del río Cusichaca, pasando por Huayllabamba y Pampacahuana, hasta el abra de Palkay (4712,50 msnm.), que corresponde a las nacientes de la cuenca estudiada.

Los mapas a las escalas de 1 : 100,000 del IGN y 1 : 25,000 del Proyecto Especial de Titulación de Tierras (P.E.T.T.) del Ministerio de Agricultura, que constituyeron la base cartográfica para la realización de los trabajos de campo, no cubren la topografía de una parte de los nevados Salkantay y Tokorhuay, por lo que las labores de mapeo se han tenido que circunscribir a las áreas en que las curvas de nivel tienen una buena definición, sin embargo la evaluación y acciones de reconocimiento de la zona estudiada requirieron recorridos a diferentes lugares, habiéndose llegado hasta la cota de 5000 m., de donde fue permisible la toma de las fotografías que se incluyen en el presente informe y contribuyen a suplir en parte las observaciones realizadas en las zonas carentes de topografía.

Hacemos presente nuestro reconocimiento y agradecimiento al Ing. Edison Matos por el apoyo y asistencia técnica que nos brindó en el campo.

En gabinete, para la elaboración del informe, se ha revisado la información disponible en la Dirección de Geotecnia del INGEMMET (Informes: Inspección del Riesgo Geológico del valle del Río Aobamba S. Dávila B., G Valenzuela O. 1996, e Inspección a la Seguridad Física Actual de la C.H. de Machupicchu . A. Guzmán M., L. Fidel S. G. Valenzuela O. 1999), utilizándose además el Inventario de Glaciares del Perú (Unidad de Glaciología e Hidrología Huaraz. HIDRANDINA S.A. 1988).

Las fotografías aéreas del Servicio Aerofotográfico Nacional Proyecto AF-60-17 del año 1963 e imágenes de satélite de los años 1993 y 1998 del INGEMMET, han permitido complementar nuestra labor de campo y es en base a ellas que se ha

efectuado la comparación de las áreas glaciares, así como complementado el inventario de glaciares de la cuenca.

## 5.0 Generalidades

### 5.1 Ubicación y Acceso

Los glaciares de la cuenca del río Aobamba pertenecen a la Cordillera de Vilcabamba (ver mapa de ubicación) y se encuentran comprendidos entre las Coordenadas Geográficas siguientes:

13° 15' 00" y 13° 20' 07" Latitud Sur

72° 29' 39" y 72° 34' 53" Longitud Oeste

Políticamente corresponden a la jurisdicción del Distrito de Machupicchu, Provincia de Urubamba, Departamento de Cusco.

Desde el Cusco existen hasta tres alternativas de accesibilidad a la zona de la Cuenca alta de Aobamba:

#### - Ruta A

Cusco – Central Hidroeléctrica de Machupicchu (Km.121) utilizando el servicio de ferrocarril.

De la C.H. Machupicchu parte un sendero que casi en su integridad va por la margen izquierda y a lo largo de todo el río Aobamba.

El recorrido para llegar a la cabecera del valle o a la laguna Salkantay, es no menor de 30 Km. y hay necesidad de ascender casi 3000 m. para alcanzar el abra de Palkay, requiriendo normalmente dos días de fuerte caminata; las condiciones actuales del camino son malas.

#### - Ruta B

Cusco - Qorihuayrachina (Km. 88), mediante el servicio de ferrocarril.

Qorihuayrachina (2475 msnm.) - Abra Palkay - Laguna Salkantay. (En acémila o a pie).

Este tramo utiliza inicialmente una parte del camino Inca a Machupicchu hasta Huayllabamba, de donde es necesario continuar por la margen derecha del río Cusichaca, pasando por Pampacahuana y cruzar el abra Palkay (4712,50 msnm.) hasta llegar a la laguna Salkantay. Los aproximadamente 25 Km. de recorrido total, pueden cubrirse normalmente en día y medio.

- Ruta C

Cusco - Piscacucho (Km. 82) En vehículo motorizado.

De Piscacucho (2681 m.s.n.m.), a pie o en acémila, también es posible utilizar inicialmente el camino Inca hasta el empalme con el acceso que proviene de Qorihuayrachina, para dirigirse a Huayllabamba y proseguir hacia Pampacahuana - Abra Palkay, hasta la laguna Salkantay. Este tramo, se puede efectuar normalmente también en día y medio.

Esta ruta es ligeramente mas larga que la ruta B, pero cuenta con la ventaja que de Cusco a Piscacucho, el desplazamiento no está supeditado a los horarios del ferrocarril, por otra parte el recorrido se inicia a los 2681 m.s.n.m. y para alcanzar el abra de Palkay, significan 1000 m. de diferencia de altura respecto a la Ruta A, y 200 m. menos con relación a la ruta B.

## 5.2 Antecedentes

En la Tabla N° 1, se presenta en orden cronológico un resumen de los siete eventos geodinámicos más importantes ocurridos entre 1996 y 1998, en la zona de los nevados Salkantay y Sacsarayoc - Chaupimayo. Cuatro de los cinco que se han producido en el nevado Salkantay, corresponden a la Cuenca del río Aobamba; todos se originaron en el ámbito glaciar y periglacial.

### TABLA N° 1

#### AVALANCHAS Y ALUVIONES EN EL AREA DE LOS NEVADOS SALKANTAY Y SACSARA - CHAUPIMAYO ( 1996 - 1998 )

<p>1.- Desprendimiento de una masa de hielo en el frente glaciar del casquete del nevado Salkantay (fotos N°s 4, 5 y 6), que impactó sobre la laguna Salkantay y los restos de un depósito glaciar que originó un aluvión en la quebrada Sisaypampa. Pérdida de 5 vidas humanas, 45 familias damnificadas, 13 viviendas arrasadas. Destrucción de terrenos de cultivo, muerte de ganado vacuno. Daños en los caminos de herradura, así como varios tramos del camino del Inca. Este aluvión no provocó daños en la Central Hidroeléctrica de Machupicchu.</p>	<p>12 de Julio 1996</p>
---	-------------------------

<p>2.- Ruptura parcial del arco morrénico frontal del glaciar de valle existente al Sur Este del nevado Salkantay, en la cabecera del río Cusichaca. Gran parte del flujo de material erosionado quedó depositado al inicio de la quebrada, en la planicie fluvioglaciaria contigua al frente morrénico.</p> <p>Según información de uno de los pobladores del lugar, no se produjeron pérdida de vidas, ni daños materiales.</p>	<p>Febrero de 1997</p>
<p>3.- El 13 de Enero a las 7:30 pm. comenzó la llegada de material aluviónico a la desembocadura del Sacsara con el río Vilcanota, en cuyas inmediaciones se emplaza el poblado de Santa Teresa. Según los pobladores, un primer pulso mayor del huayco llegó aproximadamente a las 8:15 pm., pero era esencialmente líquido, los otros pulsos mayores llegaron alrededor de las 8:30 pm., el mismo que arrasó el puente carrozable tipo Bayle.; a las 10 pm. destruyó varias casas y la denominada península que separaba los ríos Sacsara del Santa Teresa; a las 11 pm. destruyó la estación de ferrocarril. Este fenómeno continuó hasta las 10 a.m. del día 14 de Enero de 1998.</p> <p>Se ha considerado como posibles causas del fenómeno: saturación de las masas morrénicas en las cabeceras de la quebrada debido a las intensas lluvias y también a la fusión glaciaria por efecto de las altas temperaturas reinantes en esa época. Otros factores fueron la inestabilidad del material morrénico, compuesto de bloques y gravas de granitos en una matriz arenosa limosa, poco a nada compacto y la pendiente fuerte de la zona de arranque; siendo posiblemente el desencadenante, los sismos que se sintieron en esa época.</p>	<p>13 de Enero 1998</p>
<p>4.- Otro huaico de menor intensidad ocurrió el 27 de Enero, con la llegada de un pulso aluviónico al poblado de Santa Teresa, aproximadamente a las 4:30 pm. Este huaico recorrió sobre el nivel de sedimentos del aluvión anterior, particularmente en la desembocadura. Sobre este nuevo cauce, el aluvión se desbordó y terminó por destruir los sectores que se habían salvado por efecto del Huaico anterior.</p> <p>Este huaico no fue registrado en Mukayoc por lo que se desprende que el aluvión vino del material relicto del aluvión del 13 de Enero, el que posiblemente quedó colgado en el valle de Sacsara, o tal vez provino del deslizamiento</p>	



reactivado de Huacachacra.	27 de Enero 1998
<p>5.- Las fuertes precipitaciones pluviales en la cuenca alta y media del río Aobamba y los deshielos del nevado Salkantay, provocaron la sobresaturación de una morrena ubicada en la parte alta de la quebrada Paccha Grande (foto N°7) y su posterior ruptura violenta lo que dio origen a un descomunal huaico, que en su avance, erosionó las laderas inferiores inestables provocando derrumbes y deslizamientos que represaban momentáneamente el río, la posterior ruptura de estos, incrementaban su volumen y generaba nuevos huaicos.</p> <p>Según información de los pobladores del valle, el huaico se inicia a las 2:30 p.m. y llegó a desembocar en el río Vilcanota a las 3:45 p.m. El fenómeno tuvo una duración de tres días, registrándose en ese lapso (según versión de los pobladores de la Comunidad de Aobamba) más de 200 huaicos en la desembocadura al río Vilcanota y el volumen del material transportado y depositado en el lecho del río Vilcanota se calcula entre 28 y 30 millones de m<sup>3</sup>.</p> <p>Este fenómeno represó el río Vilcanota y provocó la formación de una laguna de un área de 275000 m<sup>2</sup>, donde a Mayo de 1998 EGEM S.A. calculó un volumen de 6 875 000 m<sup>3</sup>, de los cuales 3 025 000 m<sup>3</sup> consistían de agua y 3 850 000 m<sup>3</sup> de lodo.</p> <p>La laguna cubrió las estructuras de la C.H. de Machupicchu ubicadas en el valle del río Vilcanota (cavernas con sus respectivas salas de máquinas, patio de transformadores, casa de control y mando, algunas torres de alta tensión y parte del campamento), así como caminos vecinales, 12 km. de vía férrea, los caseríos de Luycho, Collpani, Manqui y Manahuañuscca y la pérdida de tres vidas humanas.</p>	27 de Febrero 1998
<p>6.- Aluvión originado por una avalancha de hielo de un frente glaciar del nevado Salkantay (Foto N° 4), que discurrió a través de la pequeña quebrada existente al oeste de la laguna Salkantay (quebrada Orcospampa). Transportó material hasta el área de represamiento del río Vilcanota, afectando las labores de desembalse de la laguna formada por el aluvión del 27/02/1998.</p>	12 de Marzo 1998

<p>7.- Aluvión en el río Aobamaba originado en la quebrada Orcospampa a consecuencia del desprendimiento de masas glaciares que cayeron sobre la laguna Salkantay (foto N° 4), produciendo un desagüe brusco. Este fenómeno tuvo relación con las fuertes precipitaciones pluviales que incrementaron el caudal del río, provocando la erosión de los taludes en varias zonas que habían quedado inestables debido a los aluviones de febrero y marzo, particularmente a la altura de Kente Chico y Kente Grande. Los efectos del aluvión alcanzaron hasta la desembocadura de la quebrada Aobamba al río Vilcanota.</p>	<p>22 de Nov. 1998</p>
--	------------------------

Fuente: INGEMMET

## 6.0 Glaciología

### 6.1 Evolución y distribución de los glaciares

En la época en que las áreas glaciares de la cuenca del Aobamba alcanzaron su máximo desarrollo, los glaciares descendían probablemente hasta la cota de los 2950 m. y en la medida en que las condiciones climáticas ambientales fueron cambiando, se inicia un proceso de desglaciación, observándose por una parte que de acuerdo a la morfología preexistente, se desarrolló la corriente glacial principal a lo largo del cauce del valle Aobamba, la que durante su retroceso fue subdividiéndose en las zonas de las quebradas afluentes, generándose a su vez en estas últimas, las cuencas glaciares secundarias, tales como en los casos de las quebradas Mesada, Tokorhuay, Paccha Grande, Sisaypampa y Orcospampa, que son las de mayor recorrido en la zona alta de la cuenca principal. Por otra parte, en las laderas de los flancos del valle en que los taludes son de fuerte pendiente, el retroceso glacial de los frentes se dio en forma casi paralela al eje longitudinal de la corriente glacial principal.

Actualmente los glaciares que pertenecen a Aobamba están concentrados alrededor de los cerros Palkay (5422 m.), Salkantay (6264 m.) y Tokorhuay (5473 m.); evidentemente año tras año continúan perdiendo extensión y volumen. En los últimos treinta años el ritmo de fusión glacial se ha incrementado en forma acelerada, atribuyéndose las causas de dicha fusión a los efectos del fenómeno invernalero.

### 6.2 Inventario y Evaluación de glaciares.

Debido a que las fotografías aéreas y los mapas al 25,000 cubren parcialmente las zonas de Salkantay y Tokorhuay, en este último se ha efectuado un inventario parcial basado en las observaciones de campo e imágenes satelitales. Asimismo se debe indicar que las áreas glaciares de los tres grupos: Palkay, Salkantay y Tokorhuay para los años de 1993 y 1998 han sido

determinadas a partir de las imágenes satelitales, las cuales sobre todo por la escala y grado de resolución, en áreas pequeñas, la información que puede obtenerse de ellas no se ajusta con exactitud a lo que existe en el terreno y en materia de medición de superficies el porcentaje de error es alto, pero ante la carencia de fotografías aéreas recientes y la inexistencia de controles topográficos de detalle de los glaciares de Aobamba y a los efectos de poder relacionar o comparar el grado de evolución que los glaciares han experimentado en los últimos 35 años, es que nos hemos visto obligados a utilizar las imágenes antes indicadas apoyándonos con las observaciones de campo.

En la cuenca de Aobamba se han inventariado un total de 27 glaciares importantes, de los cuales 12 corresponden al grupo Palkay, 5 al grupo Salkantay y 10 al grupo Tokorhuay (ver ubicación y características en el Cuadro N° 1).

### 6.2.1. GRUPO PALKAY

La cadena de cerros de Palkay conforma la margen derecha de la quebrada Sisaypampa y tiene predominantemente una orientación Norte - Sur, con elevaciones en la línea de cumbres que fluctúan entre los 4800 y 5422 msnm.

De acuerdo al Inventario Nacional de Glaciares de la Unidad de Glaciología e Hidrología - Huaraz, este grupo en 1963 se encontraba básicamente conformado por 13 glaciares del tipo de montaña emplazados en la ladera occidental de la cadena, de los cuales, 04 pertenecen a la quebrada Mesada (glaciares N°s 01, 02, 03 y 04), los restantes a la quebrada Sisaypampa. Durante los trabajos de campo del presente año se ha observado que el glaciar N° 5 ya ha desaparecido (ver foto N°1). La mayoría de estos glaciares están orientados hacia el sur oeste como se puede ver en el Cuadro N° 1.

La roca que constituye la base de las masas glaciares del grupo Palkay es de carácter metamórfico (pizarras y esquistos del Grupo San José. Ordoviciano Medio - Inferior), presenta generalmente escarpas con pendientes fuertes y homogéneas, así como farallones casi verticales. Esto parece haber influido en el hecho de que el retroceso glaciar en muchos puntos se llevó a cabo en forma rápida y ha motivado que el mayor volumen de material glaciar se encuentre en la parte inferior de la ladera bajo la forma de depósitos de piedemonte; sólo en el extremo sur del glaciar N° 9 se ha observado un grupo de pequeñas morrenas laterales muy bien definidas y conservadas que encerraban la lengua glaciar del mismo, y tiene las características de un glaciar de valle, pero al producirse la desconexión de la zona de alimentación, justamente por un cambio de pendiente en la roca base, el hielo de la lengua se ha extinguido, quedando depositado actualmente sólo el material (fragmentos y bloques) trabajado por ésta, durante su retroceso.

Las morrenas y los depósitos de ladera o piedemonte existentes en este sector que han sido generados a partir de la roca metamórfica, presentan un bajo

porcentaje de bloques grandes y son mucho más consolidados que sus similares existentes en los grupos de Salkantay y Tokorhuay donde la roca base es predominantemente de tipo granítico.

Los 13 glaciares del grupo Palkay en el año 1963 cubrían un área glaciaria total de 4,76 Km<sup>2</sup>. En las imágenes satelitales de 1993 y 1998 se ha observado una reducción a 1,65 Km<sup>2</sup> y 1,16 Km<sup>2</sup> respectivamente. De la comparación entre los años 1963 y 1998, o sea para un periodo de 35 años, el porcentaje de pérdida es del orden del 75,63 % (ver comparación en el mapa N°2).

Se ha observado que el área de Palkay no presenta huellas o evidencias de que se hayan originado fenómenos geodinámicos de envergadura. Actualmente las zonas que representan mayor riesgo están dadas por los glaciares N°s 8 y 9 que presentan el plano de contacto roca - hielo con pendientes muy fuertes y tanto la superficie glaciaria como los frentes terminales se encuentran bastante agrietados, considerándose, especialmente que de las partes altas del glaciar N° 8 pueden llegar a producirse avalanchas de hielo, pero éstas serán de pequeña a mediana magnitud.

#### 6.2.2. GRUPO SALKANTAY

Salkantay con 6,264 m. de altura es el nevado más importante de la cordillera Vilcabamba y ocupa la posición sur de la cuenca estudiada. De sus laderas nacen las quebradas Sisaypampa, Orcospampa y Paccha Grande.

En 1963 se inventariaron 5 glaciares principales (del N° 14 al N° 18. Ver mapa N° 2) como pertenecientes a la cuenca del río Aobamba, ubicados en el lado septentrional de la montaña y orientados al Noreste y Noroeste (ver Cuadro N° 1). De estos, cuatro corresponden al tipo montaña y uno al tipo de valle (glaciar N° 18 o Paccha grande).

La superficie glaciaria total del nevado Salkantay en el ámbito de la cuenca del Aobamba, al año 1963 era de 8,59 Km<sup>2</sup> y a 1998 según la imagen satelital es de 3,98 Km<sup>2</sup>, en consecuencia se ha encontrado una reducción de 4,61 Km<sup>2</sup> de hielo que corresponde a una pérdida del área glaciaria del 53,6 % para un periodo de 35 años. En el Gráfico N° 1 y mapa N° 2, se muestra en forma objetiva la comparación de la variación de áreas para los 5 glaciares de este grupo.

En la actualidad el borde inferior del área glaciaria de Salkantay se encuentra a los  $\pm$  4800 msnm. y debido al acelerado proceso de desglaciación, este nivel seguirá ascendiendo en los próximos años. Con la finalidad de obtener datos que permitan en el futuro conocer en forma más exacta el comportamiento de los glaciares en la zona, hemos visto que en el frente glaciario existente en la parte superior de la laguna Salkantay pueden efectuarse controles topográficos anuales, recomendándose por razones de seguridad el contar con los servicios de guías de alta montaña para las labores de demarcación; los puntos en roca fija que deben servir como base para dichas mediciones, pueden estar ubicados en la margen derecha de la laguna Salkantay.

Desde el punto de vista geodinámico, es en el sector de Salkantay donde se han generado entre 1996 y 1998 los cinco eventos indicados en la Tabla N°1. Tres de los 4 que se produjeron en la cuenca del río Aobamba y que ocurrieron el 12 de Julio de 1996, 12 de Marzo y 22 de Noviembre de 1998, fueron originados a partir de la ruptura y desprendimiento de masas glaciares colgantes. (ver mapa N° 2 y fotos N°s 4, 5 y 6). El aluvión del 27 de febrero de 1998 que produjo el represamiento del río Vilcanota y afectó la C.H. Machupicchu, se produjo a consecuencia de un proceso de solifluxión que se originó en el talud exterior del arco morrénico frontal que encierra la lengua glacial N° 18 (ver mapa N° 2 y foto N° 7), cuyo flujo en el tramo inicial donde se presenta un escalón de roca de aproximadamente 80 m. de desnivel, incrementó su velocidad y capacidad de destrucción (ver foto N° 8).

Muchas partes de la montaña donde se presentan cambios de pendiente en la roca base de tipo granítico y las masas glaciares han tenido poco espesor, éstas últimas ya se han ablacionado, quedando cada vez mayores superficies de roca expuesta, por lo cual las corrientes de hielo principales están subdividiéndose y en la medida en que el proceso de desglaciación continúe al ritmo en que se viene produciendo, en los próximos años se infiere que habrán sectores en la zona baja del Salkantay que se presentarán como depósitos de hielo aislados, con tendencia a extinguirse.

En torno al aspecto de riesgos, la pérdida de área glacial y la ostensible disminución del volumen de hielo no sólo en Salkantay, sino también en el resto de glaciares de los grupos evaluados, se traduce como una situación favorable en el sentido de que las avalanchas y desplomes de las masas de hielo cada vez serán de menor magnitud. Se ha observado que la zona baja de los glaciares N°s 15 y 16 que pertenecen al Salkantay (ver fotos N°s 4, 9 y 10) y de donde se produjeron las avalanchas citadas en líneas anteriores, en la actualidad son de poco espesor y yacen sobre superficies de roca de mediana pendiente; sólo del frente terminal glacial N° 15 que se ubica en la parte superior izquierda de la laguna Salkantay, se están produciendo continuos desplomes de hielo que caen directamente sobre la masa glacial en proceso de extinción que ha generado la formación y desarrollo de la laguna. Otras avalanchas de pequeña a regular magnitud están produciéndose de los frentes glaciares colgantes ubicados en las zonas altas de la cuenca, mayormente del glacial N° 15.

A excepción del glacial N° 18, en el cual no fue posible una observación directa, se considera que en condiciones normales (sin que influya la acción de movimientos sísmicos), las avalanchas y/o desprendimientos de hielo que van a seguir produciéndose en el área de Salkantay serán de pequeña a mediana magnitud. Esto no significa que el peligro por parte de los glaciares ya no exista, pues a medida que la regresión continúe se formarán a una mayor altura nuevos frentes glaciares que se constituirán en zonas de riesgos potenciales.

### 6.2.3. GRUPO TOKORHUAY

La cadena de cerros que conforman el grupo de Tokorhuay, con elevaciones que fluctúan entre los 5200 y 5473 msnm. tiene una orientación Norte – Sur, ubicándose en el extremo sur oeste de la cuenca de Aobamba y cierran con el nevado Salkantay el anfiteatro glaciar de la quebrada Paccha Grande.

En Tokorhuay se ha inventariado un total de 10 glaciares cuya numeración va del 19 al 28 (ver Cuadro N° 1 y mapa N°2). Todos son del tipo montaña, con el área de ablación orientada mayormente hacia el sector Este; ocho se emplazan en el flanco oriental de la cadena y drenan directamente a la quebrada Paccha Grande (ver foto N° 3), los glaciares N°s 27 y 28 forman parte de las nacientes de la quebrada conocida también como Tokorhuay, que constituye un afluente de la margen izquierda del río Aobamba, cuyo punto de confluencia entre ambos es a los 3200 msnm.

Tanto el inventario como la determinación de las áreas glaciares para el presente grupo, ha sido realizado tomando como base las imágenes satelitales de 1993 y 1998, habiéndose obtenido que en 1993 el área total de los glaciares era del orden de los 2,90 Km<sup>2</sup> y a 1998 le corresponden 1,48 Km<sup>2</sup>, significando que para un período de sólo cinco años, la pérdida de superficie glaciar representa el 48,97 %. Aún cuando en el campo se ha observado que los glaciares en este sector están experimentando una fuerte recesión, el índice de pérdida es bastante alto para un lapso de tiempo muy corto y requerirá de un chequeo o comprobación en la medida en que se pueda disponer de aerofotografías actuales de baja altitud que puedan ser comparadas con sus similares de 1963.

En lo que respecta a riesgos, podemos indicar que especialmente en el sector comprendido entre los glaciares N°s 21 y 25 (sector oriental de Tokorhuay. Ver foto N° 3) se presentan masas colgantes de hielo con frentes y superficies agrietadas de donde pueden generarse avalanchas de pequeña a mediana magnitud, pero las fuertes pendientes de los taludes de la roca base y los farallones verticales existentes al pie de las masas de hielo favorecen la velocidad de flujo, pudiendo erosionar fácilmente los depósitos de piedemonte y especialmente el material morrénico de la lengua glaciar Paccha grande ubicada en la parte baja, cuyo frente terminal ya se encuentra disturbado al haberse iniciado de este sector el proceso de soliflucción que dio origen al aluvión del 27 de febrero de 1998. Al igual que Salkantay, la roca que constituye el macizo Tokorhuay es granito y los depósitos antes mencionados son de bajo grado de consolidación muy susceptibles a desequilibrarse ante los efectos de las precipitaciones pluviales o ser fácilmente arrastrados ante el impacto de masas de hielo de mediano a gran volumen.

Finalmente, los glaciares 27 y 28 pertenecientes a la cabecera de la quebrada Tokorhuay, han sido solo inventariados y no evaluados debido al difícil acceso.

### 6.3 Area Periglaciar

En la cuenca de Aobamba, es la zona comprendida a partir del actual borde inferior del hielo:  $\pm$  4800 msnm. hasta los aproximadamente 3400 msnm., en la cual se observa claramente en las quebradas de Paccha Grande y Sisaypampa diferentes estructuras, tales como: morrenas, circos glaciares y depósitos: glaciares, fluvioglaciares y piedemonte, como resultado de la actividad que los glaciares efectuaron durante las diferentes etapas de avance, estacionamiento y/o retroceso (ver fotos N<sup>os</sup> 11, 12 y 13).

Desde el punto de vista de riesgos y de geodinámica, esta zona periglaciar debe ser objeto de especial atención, sobre todo en el sector del nevado Salkantay donde se ha observado que la actividad glaciar ha sido intensa, por otra parte y como ya se ha mencionado antes, el macizo del Salkantay que presenta laderas de gran pendiente hacia las quebradas de Sisaypampa, Orcospampa y Paccha Grande, está constituido predominantemente por roca granítica del Batolito de Machupicchu; esto último ha influido en el tipo de abrasión y labrado que los glaciares han realizado en sus lechos durante sus periodos de avance y retroceso, modelando la roca granítica con superficies lisas y formas sub redondeadas y redondeadas (ver fotos N<sup>os</sup> 14 y 15); por otra parte la acción mecánica de ruptura que ejerce el hielo sobre las rocas (gelivación o gelifración) ha dado lugar en el área de Salkantay a la acumulación de depósitos en estado caótico con materiales conformados mayormente por bloques y fragmentos angulosos, englobados por arenas, inconsolidados y muy poco cohesionados que continuamente están desequilibrándose (ver fotos N<sup>os</sup> 16 y 17), por cuanto la circulación del agua de fusión del propio glaciar en el plano de contacto roca - hielo y el agua de infiltración producto de las precipitaciones pluviales lavan los materiales finos. Donde la acumulación de materiales se ha producido en lugares de mediana a fuerte pendiente, simplemente por gravedad se puede iniciar un movimiento de rocas o un proceso de solifluxión y el impacto de una avalancha de hielo de mediana a gran magnitud sobre este tipo de depósitos acrecentaría el volumen de flujo.

El trabajo de horadación en la roca que realizan los glaciares generalmente durante el retroceso, permite la formación de lagunas con cubetas de esta naturaleza, tal es el caso de la laguna Salkantay y al haber perdido contacto con el glaciar principal que la formó, se considera que se encuentra emplazada en el ámbito periglaciar. (ver fotos N<sup>os</sup> 18 y 19).

### 6.4 Determinación de riesgos

#### 6.4.1. En el Area Glaciar

##### 6.4.1.1. Grupo Palkay

En este grupo se considera que los glaciares N<sup>os</sup> 8 y 9 son los que muestran mayores posibilidades en donde se produzcan desprendimientos de masas glaciares, pero éstas serán de

pequeña a mediana magnitud, por las características que presenta (ver capítulo 6.2.1).

#### 6.4.1.2. Grupo Salkantay

La zona del nevado Salkantay, es actualmente la más activa en materia de producción de avalanchas de hielo, habiéndose observado que las que se están produciendo en la zona baja del glaciar N° 15, son de poco volumen y caen sobre el glaciar remanente que tiene contacto con el espejo de agua de la laguna Salkantay. En la parte alta de las cuencas de los glaciares N° 15 y 16 se han observado frentes glaciares colgantes agrietados, de donde pueden originarse desprendimientos de hielo de mediana magnitud, que en caso de llegar a la laguna Salkantay pueden comprometer la estabilidad de ésta. Además se observó que la pendiente en esta zona es muy fuerte (aproximadamente 40°), lo cual favorece cualquier evento de avalanchas y desprendimientos (ver sección N° 1), e incrementa la velocidad y fuerza erosiva del flujo.

En general, se considera que en condiciones normales (sin que influya la acción de movimientos sísmicos), las avalanchas y/o desprendimientos de hielo que van a seguir produciéndose en el área de Salkantay serán de pequeña a mediana magnitud; esto no significa que el peligro por parte de los glaciares ya no exista, pues a medida que la regresión continúe se formaran a una mayor altura nuevos frentes glaciares que se constituirán en zonas de riesgos potenciales.

#### 6.4.1.3. Grupo Tokorhuay

Esta zona presenta fuertes pendientes, masas colgantes de hielo con frentes y superficies agrietadas de donde pueden generarse avalanchas de pequeña a mediana magnitud, específicamente entre los glaciares N° 21 y 25. Las avalanchas de mediana magnitud pueden afectar los depósitos de piedemonte y el material morrénico de la lengua glaciar Paccha Grande, ubicada en la parte baja; sin embargo se considera que sus efectos no serán de gran envergadura.

### 6.4.2. En el área periglacial

#### 6.4.2.1. En la quebrada Paccha Grande.

Las morrenas laterales y frontal que encierran la lengua glaciar N° 18 son potentes y por el bajo grado de consolidación y cohesión, muy susceptibles a los procesos de soliflucción, como el que se



generó justamente en la morrena frontal y dio lugar al aluvión del 27 de febrero de 1998.

En esta área el riesgo siempre tendrá el carácter de latente, sobre todo en la temporada de lluvias y al margen de las inspecciones que deben efectuarse periódicamente, se recomienda la realización de un levantamiento topográfico del glaciar de valle (según se indica en el mapa N° 2), a escala 1: 5000, con la finalidad de que se efectúen controles puntuales sobre el comportamiento y evolución de esta zona; y un estudio geodinámico de detalle que permita analizar las características geológicas - geotécnicas de la zona mencionada.

#### 6.4.2.2. En la Quebrada Sisaypampa

##### A. Laguna Salkantay.

Esta laguna emplazada aproximadamente a los 4575 msnm. en la cabecera de la quebrada Orcospampa, ocupa un vaso enteramente de roca granítica (ver foto N° 18) y ha sido formada por el glaciar N° 15 que baja del lado Norte del nevado Salkantay (ver fotos N° 19 y 20). Es justamente de la zona terminal de este glaciar de donde se produjeron rupturas y desprendimientos de masas de hielo que incidieron en la laguna provocando su desborde y generándose los aluviones del 12 de julio de 1996 y 22 de noviembre de 1998.

El estado actual de la laguna, es que el espejo de agua en la parte posterior, aún contacta con un depósito de hielo remanente que se está extinguiendo paulatinamente, al haber quedado desconectado del glaciar principal y separado por un farallón casi vertical de roca (ver fotos N° 19 y 20).

La masa glaciar en extinción se presenta muy fracturada y continuamente del frente se producen desplomes que se depositan en la misma laguna, quedando en calidad de bloques de hielo flotantes (ver fotos N° 18, 20 y 21). Por otra parte del frente glaciar colgante todavía se siguen produciendo pequeñas avalanchas de hielo que se depositan en el lado izquierdo de la masa de hielo muerto (ver foto N° 21); el agua de fusión proveniente de la cuenca del glaciar N° 15 drena también hacia este sector, discurriendo en la zona de contacto entre la roca y el hielo (ver foto N° 22) haciendo el papel de lubricante, lo cual puede dar lugar a que en algún momento se produzca en forma repentina el desplazamiento de una gran parte de hielo muerto que provocaría un empuje hidrodinámico y generaría un desembalse brusco.

A raíz del aluvión del 22 de noviembre último, personal de EGEM S.A. viene realizando trabajos de corte abierto en el dique de roca de la laguna, con la finalidad de desaguarla en o casi su totalidad. La ejecución de esta obra contribuirá a reducir los riesgos en la quebrada Orcospampa, pues la posibilidad de que se produzcan avalanchas de las partes altas de la cuenca del glaciar N° 15 subsiste y sus efectos son de carácter impredecible.

Con la finalidad de hacer una correcta evaluación técnica sobre el estado de la laguna y realizar controles sobre las variaciones tanto de la laguna como del glaciar en extinción, se recomienda efectuar un levantamiento topográfico de la cubeta a la escala 1: 2500 y del dique 1: 500, levantamiento batimétrico y mapeo geológico de detalle.

#### B. Otros Lugares

##### - Zona del Glaciar N° 16

Se ha observado que inmediatamente debajo del frente de este glaciar, que es la zona de origen del aluvión del 12 de Marzo de 1998, actualmente existe un depósito de "hielo muerto" (ver fotos N°s 23 Y 24) en vías de desaparición y acumulación de bloques, fragmentos y arena muy sueltos que por la acción de las lluvias o la incidencia de avalanchas de la parte alta del glaciar, pueden ser desplazados fácilmente.

Previa evaluación y cubicación, se requiere efectuar trabajos de voladura de rocas grandes y remoción de material con la finalidad de reducir riesgos, en este sector.

##### - Lado Noreste Dique Laguna Salkantay

Aproximadamente a 100 – 200 m. al Noreste del dique de la laguna también se ha podido identificar un depósito de material glaciar reciente, compuesto mayormente por fragmentos y bloques graníticos de tamaño mediano a grande que en conjunto pueden desestabilizarse ante la acción de las lluvias o un movimiento sísmico.

Esta zona también requiere de un tratamiento mediante voladuras y desquiches.

##### - Lado Noreste Glaciar N° 14

En la parte posterior izquierda de la quebrada Sisaypampa existe una pequeña quebrada (sin nombre), perteneciente a la cuenca del glaciar N° 14, donde anteriormente ya se ha

producido un deslizamiento. Se ha observado que en esta área, las fuertes precipitaciones pluviales pueden dar lugar a la reactivación y ocurrencia de un fenómeno similar, aunque se considera que su influencia será de poca magnitud.

En el mapa N° 2 se indican los lugares con riesgos geodinámicos observados en el área periglacial durante los trabajos de campo, los cuales requieren ser evaluados en detalle en el estudio geodinámico integral de la cuenca que viene realizando EGEMSA., con la finalidad de proceder al tratamiento que corresponda.

## 7.0 Conclusiones Finales

- 7.1. En la cuenca de Aobamba a 1999 se han inventariado 27 glaciares: 12 pertenecen al grupo Palkay (Cabe indicar que el glaciar N° 5 ha desaparecido), 5 al grupo Salkantay y 10 al grupo Tokorhuay. Sólo uno es de tipo Valle (glaciar N° 18), los restantes son glaciares de montaña.
- 7.2. El área glaciar total de la cuenca Aobamba al año 1998, calculada en base a las imágenes satelitales es de 6,6 Km<sup>2</sup>.
- 7.3. Para los glaciares del Grupo Palkay, tomando como base las fotografías aéreas de 1963, la superficie glaciar total era de 4,76 Km<sup>2</sup> y a 1998 según imágenes satelitales 1,16 Km<sup>2</sup>, lo cual significa que en un periodo de 35 años se ha perdido el 75,63 % de superficie de hielo.

En los glaciares del grupo Salkantay, a 1963 el área glaciar total arrojó 8,59 Km<sup>2</sup> y 3,98 Km<sup>2</sup> para el año 1998, lo cual representa una pérdida del orden de 53,67 %, para un período de 35 años.

En el caso de los glaciares del grupo Tokorhuay, la comparación ha sido realizada entre las imágenes satelitales de 1993 y 1998, habiéndose obtenido áreas de 2,90 y 1,48 Km<sup>2</sup> respectivamente. En sólo 5 años la disminución de superficie glaciar alcanza al 48,97%.

Los índices obtenidos son bastante altos y deben ser objeto de comprobación utilizando fotografías aéreas actualizadas a una escala similar a las de 1963.

- 7.4. En los últimos treinta años el ritmo de retroceso de los glaciares se ha incrementado en forma acelerada no sólo en las cordilleras nevadas del País, sino también a nivel mundial, atribuyéndose las causas de dicha fusión a los efectos del fenómeno invermadero.
- 7.5. En torno al aspecto de riesgos, la pérdida de área glaciar y la ostensible disminución del volumen de hielo, no sólo en Salkantay sino también en el resto de glaciares de los grupos evaluados, se traduce como una situación favorable en el sentido de que las avalanchas y desplomes de las masas de hielo cada vez serán de menor magnitud, pero esto no otorga un grado de

seguridad absoluta, por cuanto un movimiento sísmico puede generar grandes avalanchas que comprometerían seriamente la estabilidad de la cuenca.

- 7.6. Debe tomarse en cuenta que todos los eventos geodinámicos ocurridos en la cuenca del río Aobamba entre 1996 y 1998, han tenido su origen en las áreas glaciaria y periglaciaria del nevado Salkantay. En lo que corresponde a los glaciares no hay forma de impedir o combatir la producción de avalanchas, pero si es factible reducir riesgos tratando el área periglaciaria, la cual debe ser objeto de una atención de carácter prioritario.
- 7.7. La zona de la quebrada de Paccha Grande donde se inició el proceso de solifluxión que generó el aluvión del 27 de febrero de 1998, ha quedado muy erosionada y el riesgo de que se reactive este tipo de proceso siempre tendrá el carácter de latente, sobre todo en la temporada de lluvias.
- 7.8. Cualesquiera que sea el costo de las inversiones que se efectúen en estudios y trabajos para minimizar o reducir los riesgos en la cuenca del río Aobamba es mínimo, comparados a la seguridad que se brindará a la C.H. Machupicchu y también a los poblados emplazados en la zona de influencia aluviónica.

## 8.0 Recomendaciones Finales

Se recomienda:

- 8.1 Controles topográficos anuales del borde glaciaria inferior en el nevado Salkantay (glaciaria N° 15), a partir de bases en roca fija en la margen derecha de la laguna Salkantay, con la finalidad, de establecer el índice de retroceso o avance glaciaria.
- 8.2 La Instalación de una estación meteorológica en la cuenca alta del Aobamba (Laguna Salkantay), básicamente para medición de precipitaciones pluviales, temperaturas y humedad, con la finalidad de contar con datos que posibiliten la evaluación de las condiciones climáticas de la cuenca y su relación en torno al comportamiento de los glaciares de la zona. En lo posible, se recomienda también efectuar regularmente aforos en las quebradas de Sisaypampa y Paccha Grande.
- 8.3 Efectuar el levantamiento topográfico a escala 1:5000 y estudio geodinámico de detalle del valle glaciaria de Paccha Grande.
- 8.4 Efectuar un Vuelo Aerofotográfico integral de la cuenca.
- 8.5 Restitución del mapa 1 al 25 000 de las zonas correspondientes a los nevados Salkantay y Tokorhuay.

- 8.6 En relación a la laguna Salkantay, debe efectuarse un levantamiento topográfico de la cubeta a escala 1 : 2000 ó 2500, del dique 1 : 500; mapeo geológico y, batimetría.
- 8.7 En base a los resultados que se obtengan del Estudio geodinámico de la cuenca del río Aobamba que viene realizando EGEM S.A., se recomienda la elaboración, en lo posible, de un programa especial de acciones para reducir los riesgos, el cual deberá iniciarse en la zona periglacial atacando los puntos o zonas que se determinen como probables focos de derrumbes, flujos, huaicos.
- 8.8 Realizar inspecciones técnicas periódicas a la cuenca alta de Aobamba, especialmente a las zonas de Tokorhuay, la laguna y nevado Salkantay.



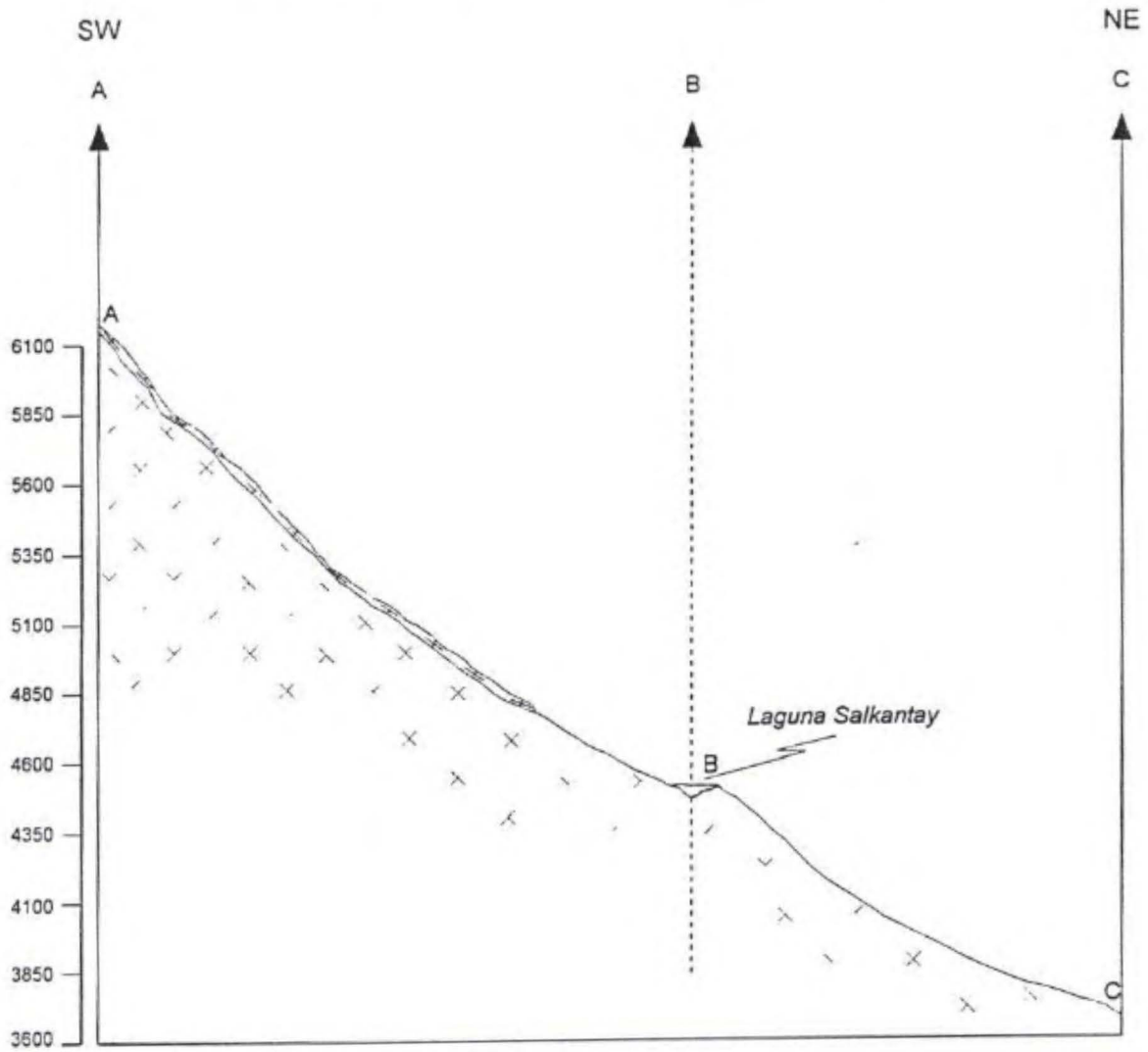
GRAFICO N° 1



GLACIARES DEL GRUPO SALKANTAY

GLACIAR N°	AREA 1963	AREA 1998
14	0.87	0.40
15	1.94	1.12
16	1.80	1.23
17	1.31	0.51
18	2.67	1.03

# SECCION A TRAVES DE LA LAGUNA SALKANTAY



## LEYENDA

-  Glaciar
-  Laguna
-  Granito

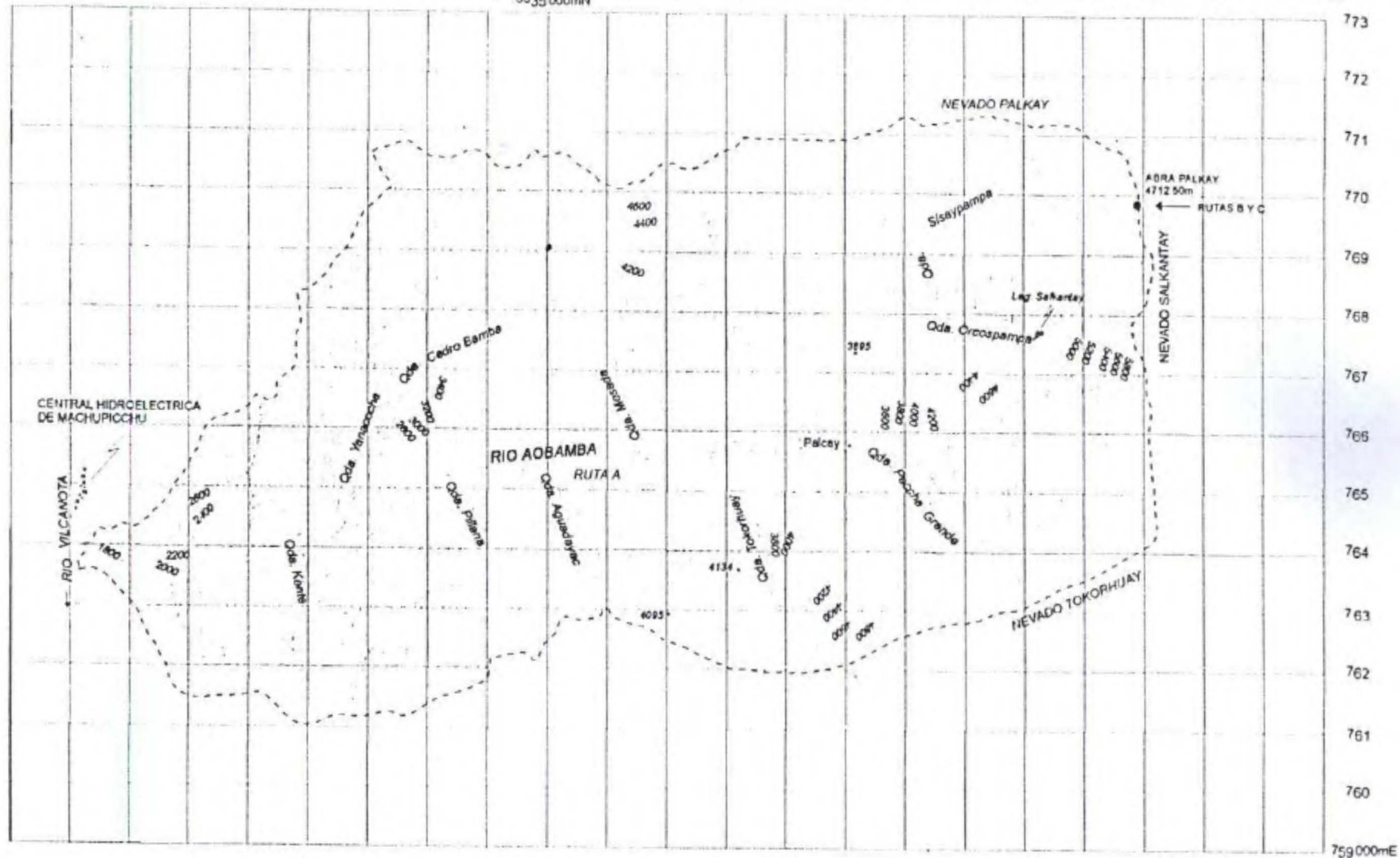
0 200 400 600 800 1000m



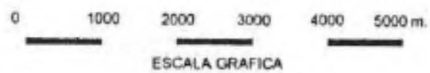
ESCALA : 1/25,000

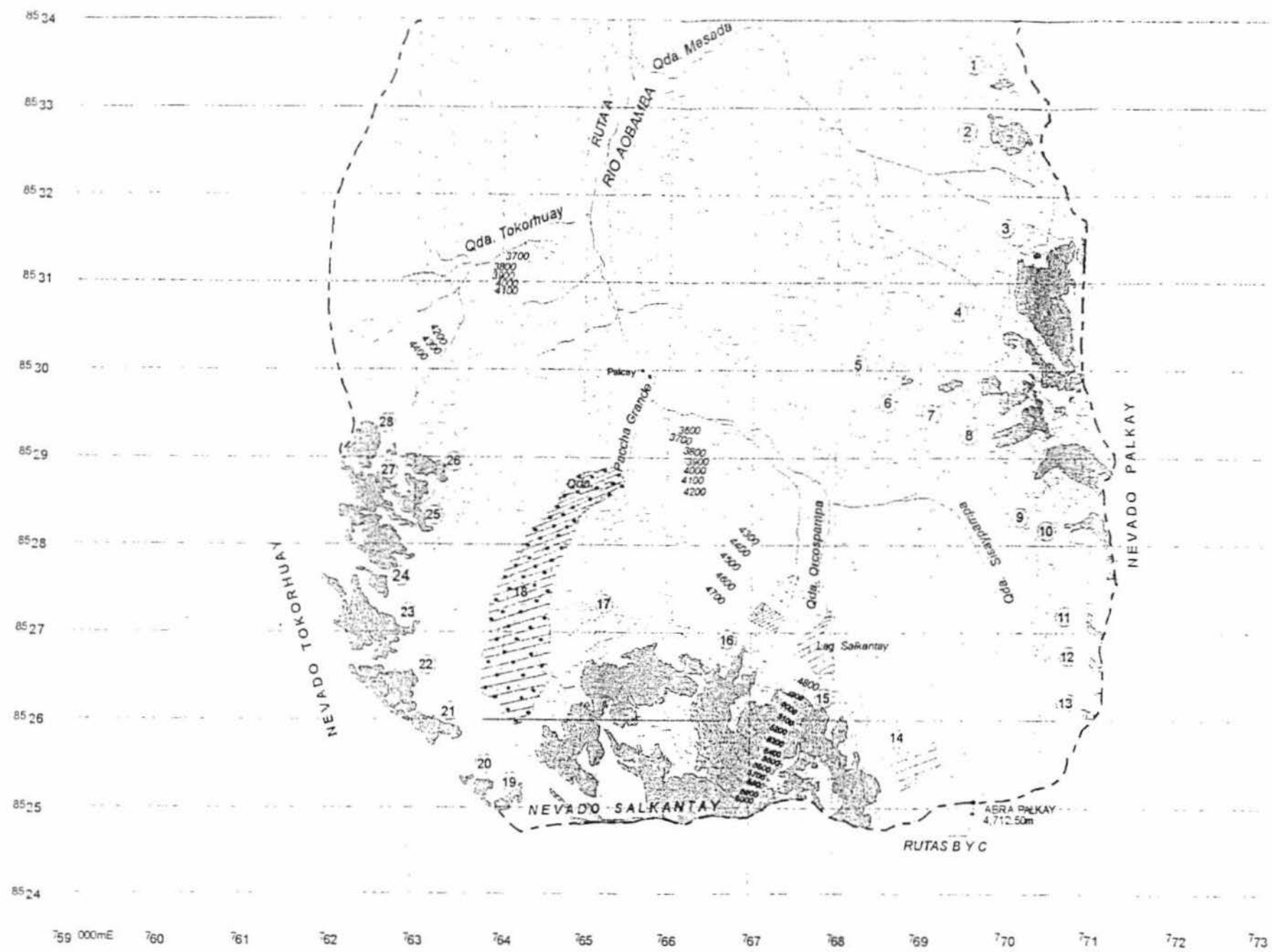


85 44 85 43 85 42 85 41 85 40 85 39 85 38 85 37 85 36 85 35 000mN 85 34 85 33 85 32 85 31 85 30 85 29 85 28 85 27 85 26 85 25 85 24 85 23 85 22






MAPA DE UBICACION

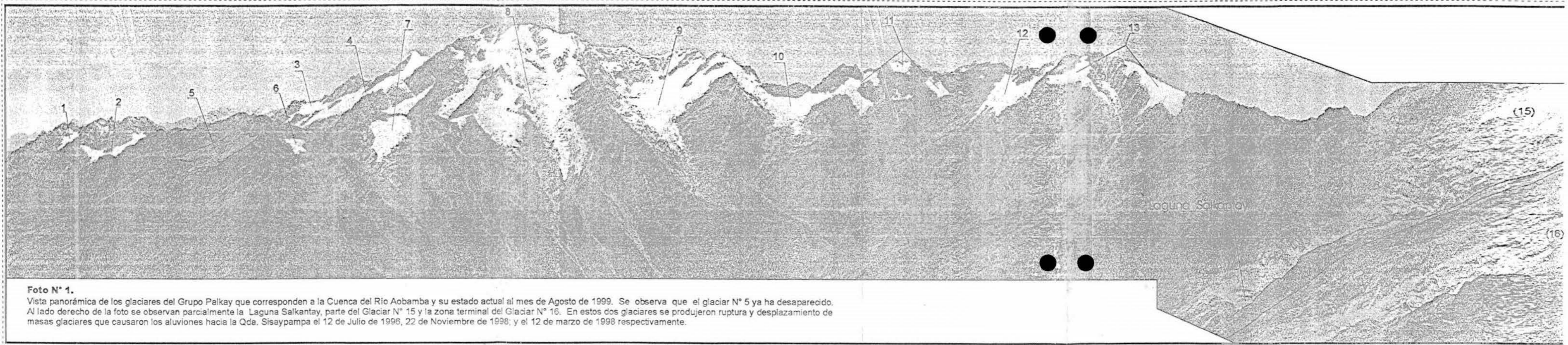




LEYENDA

-  Glaciares al año 1998
-  Glaciares al año 1953
-  Areas de riesgo
-  Area recomendada del levantamiento topográfico





**Foto N° 1.**

Vista panorámica de los glaciares del Grupo Palkay que corresponden a la Cuenca del Río Aobamba y su estado actual al mes de Agosto de 1999. Se observa que el glaciar N° 5 ya ha desaparecido. Al lado derecho de la foto se observan parcialmente la Laguna Salkantay, parte del Glaciar N° 15 y la zona terminal del Glaciar N° 16. En estos dos glaciares se produjeron ruptura y desplazamiento de masas glaciares que causaron los aluviones hacia la Qda. Sisaypampa el 12 de Julio de 1996, 22 de Noviembre de 1998; y el 12 de marzo de 1998 respectivamente.

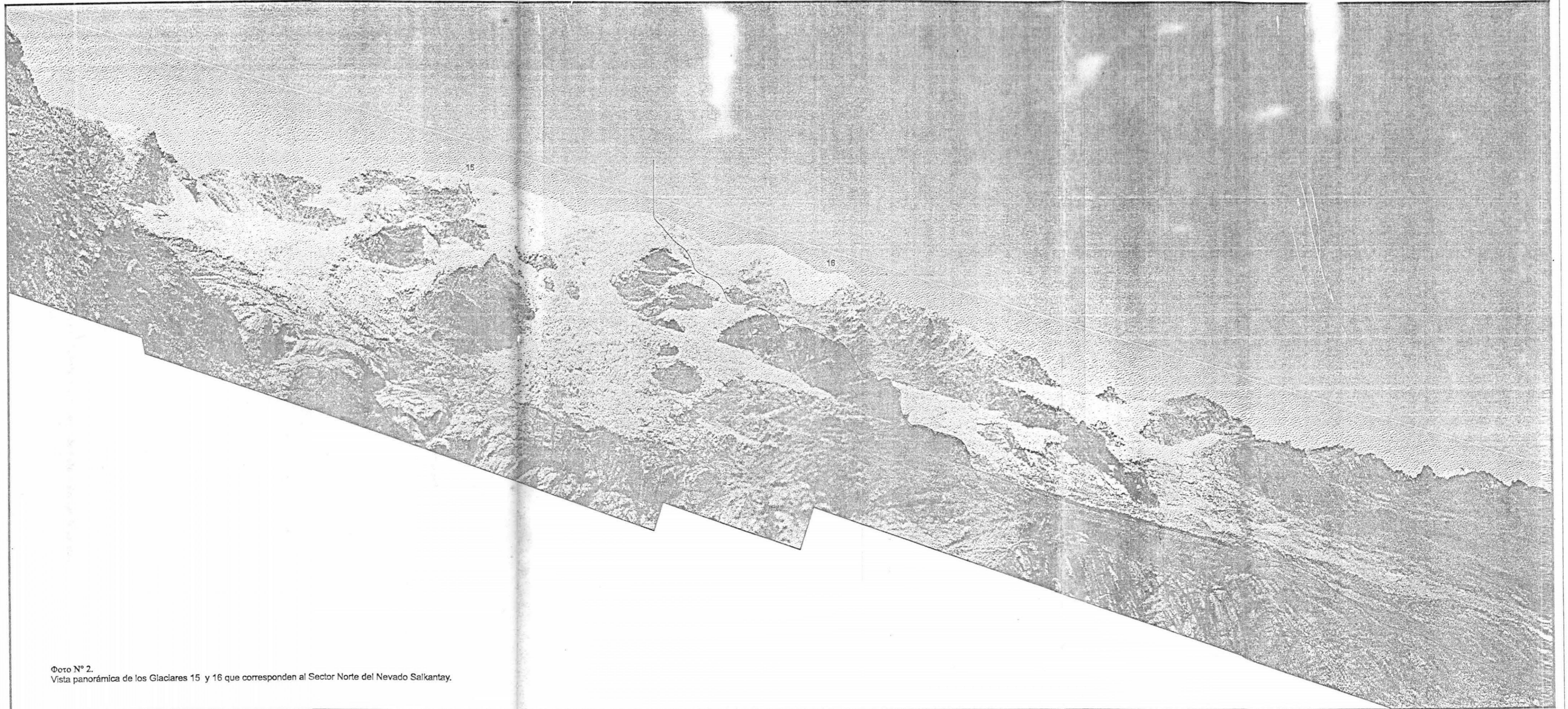
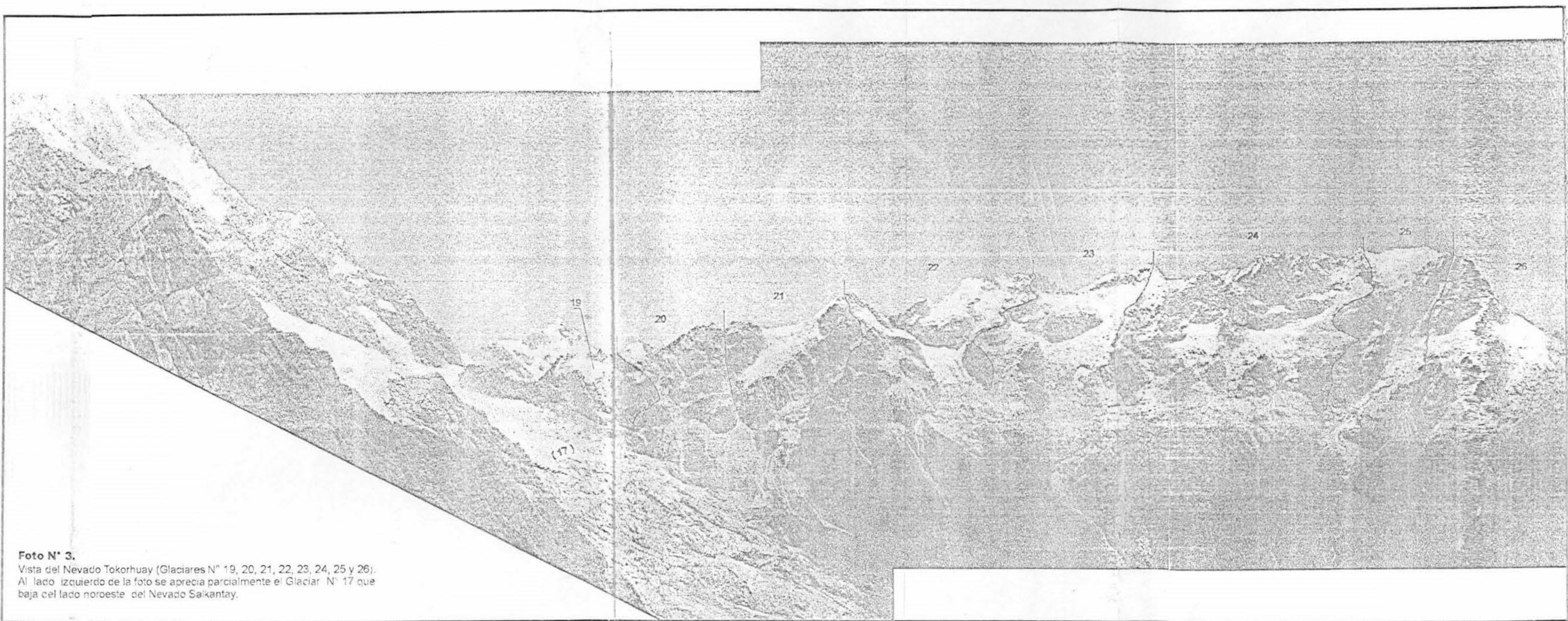
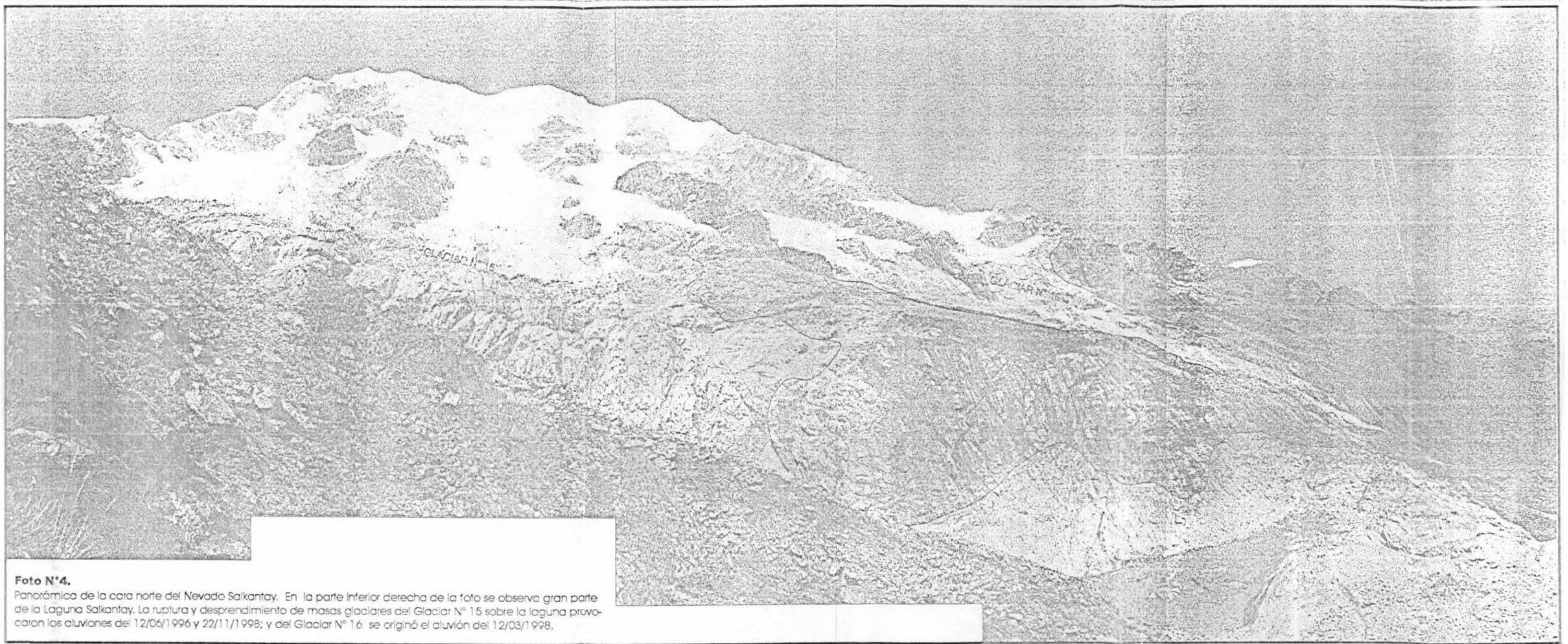


Foto N° 2.  
Vista panorámica de los Glaciares 15 y 16 que corresponden al Sector Norte del Nevado Salkantay.



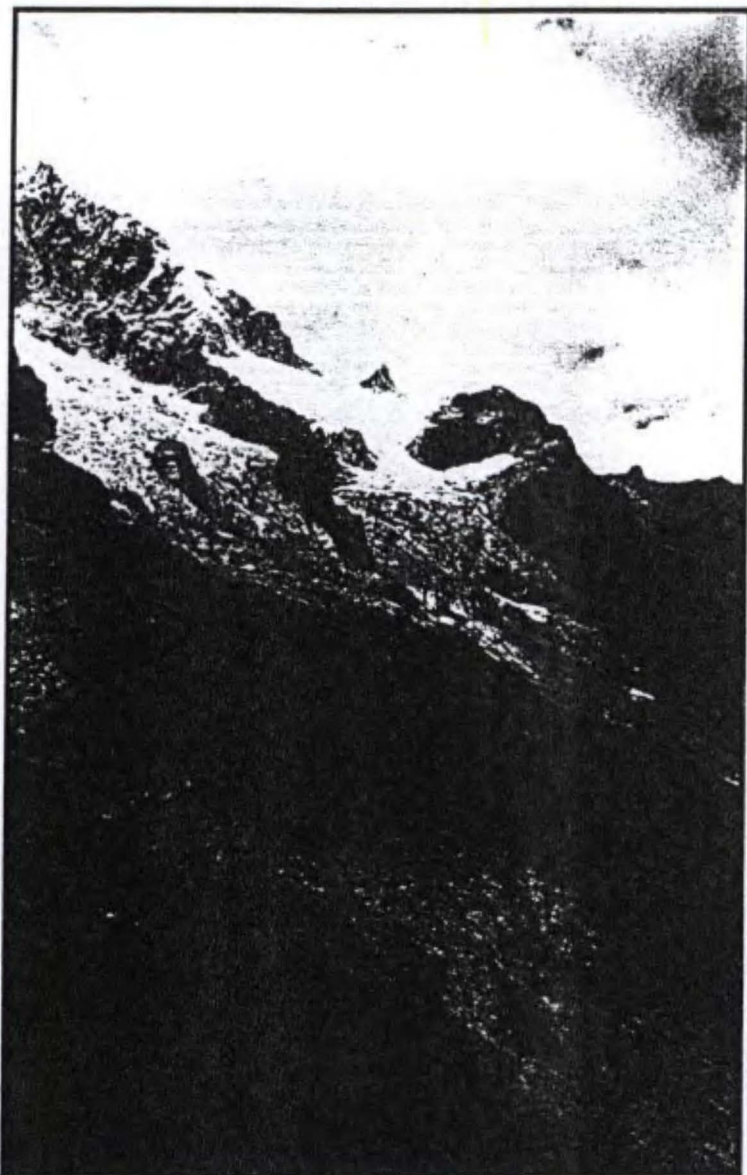
**Foto N° 3.**

Vista del Nevado Tokorhuay (Glaciares N° 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 y 26).  
Al lado izquierdo de la foto se aprecia parcialmente el Glaciar N° 17 que  
baja del lado noroeste del Nevado Salkantay.



**Foto N°4.**

Panorámica de la cara norte del Nevado Salkantay. En la parte inferior derecha de la foto se observa gran parte de la Laguna Salkantay. La ruptura y desprendimiento de masas glaciares del Glaciar N° 15 sobre la laguna provocaron las aluviones del 12/06/1996 y 22/11/1998; y del Glaciar N° 16 se originó el aluvión del 12/03/1998.



**Foto N°5. ( Izquierda )**

Vista del Glaciar N° 16 y de la Laguna Salkantay. Las avalanchas de hielo que provocaron el desborde de la Laguna Salkantay (A) originaron los aluviones del 12/07/1996 y 22/11/1998. La ruptura y desplazamiento del Glaciar N° 16 (B) generaron el aluvión del 12/03/1998.

**Foto N°6. ( Abajo )**

Vista del dique de la Laguna Salkantay (A) (naciente de la Qda. Orcospampa) denudado por efecto de los eventos geodinámicos del 12/07/1996 y 22/11/1998; huella del flujo de material del 22/11/1998 en su desembocadura a la Qda. Sisaypampa (B); huella del flujo de material del 12/03/1998 (C); y la Qda. Sisaypampa (D).



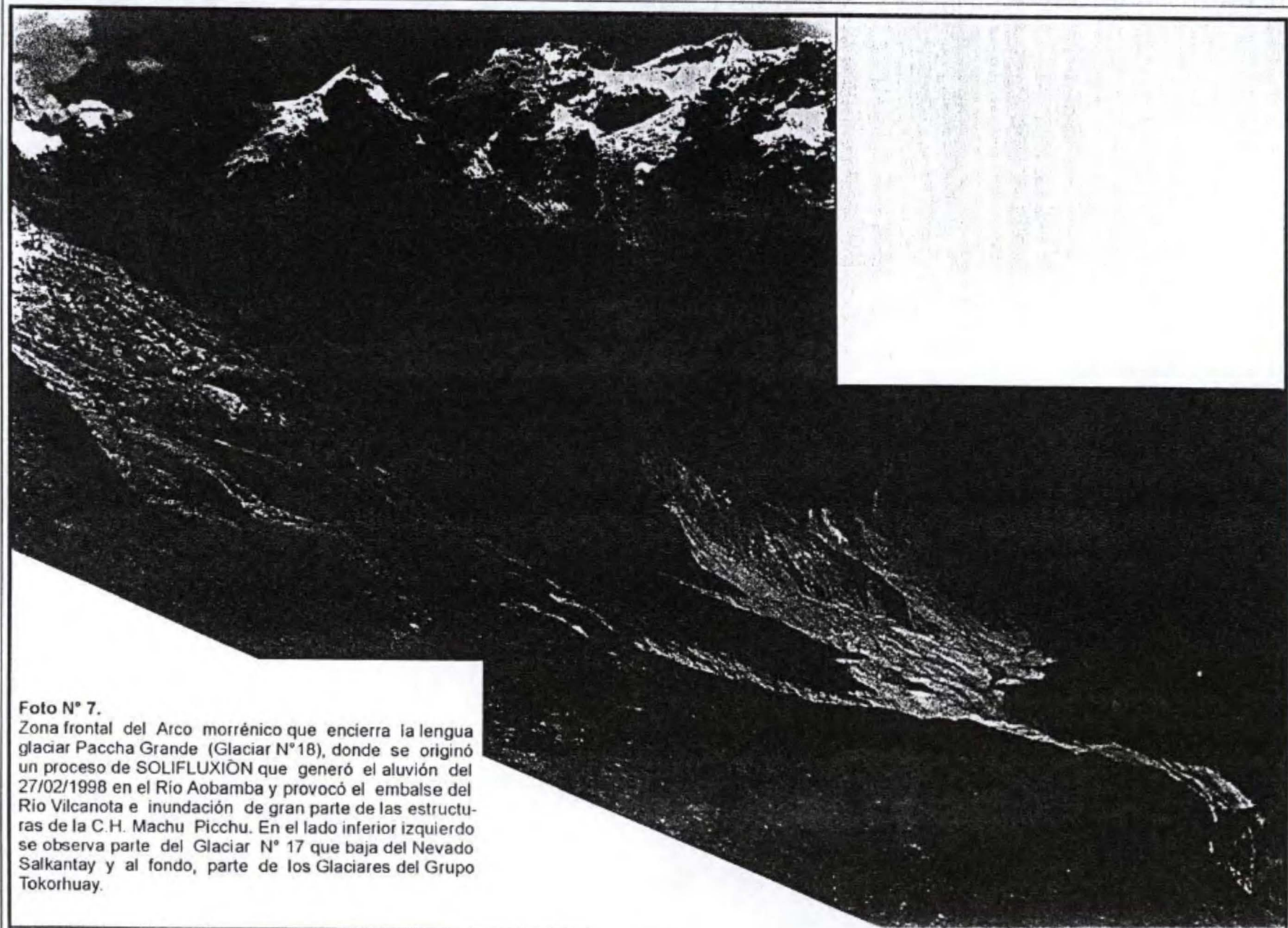


Foto N° 7.

Zona frontal del Arco morrénico que encierra la lengua glaciaria Paccha Grande (Glaciar N° 18), donde se originó un proceso de SOLIFLUXIÓN que generó el aluvión del 27/02/1998 en el Río Aobamba y provocó el embalse del Río Vilcanota e inundación de gran parte de las estructuras de la C.H. Machu Picchu. En el lado inferior izquierdo se observa parte del Glaciar N° 17 que baja del Nevado Salkantay y al fondo, parte de los Glaciares del Grupo Tokorhuay.



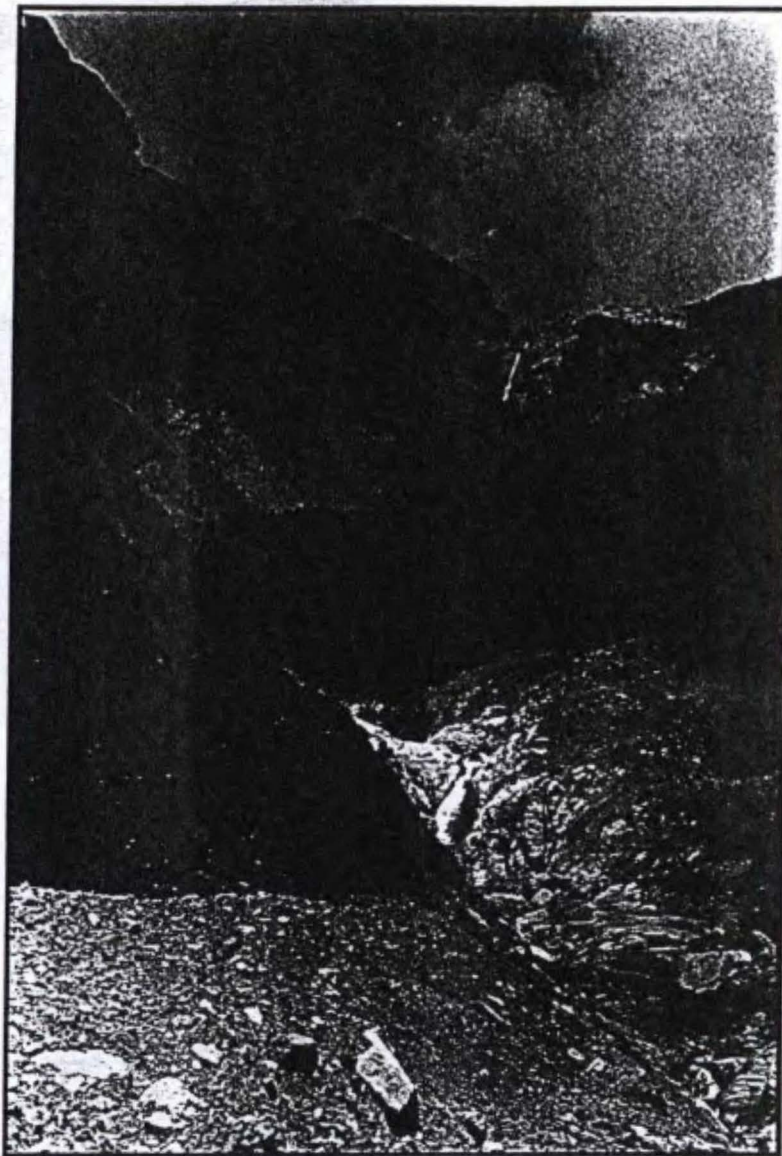
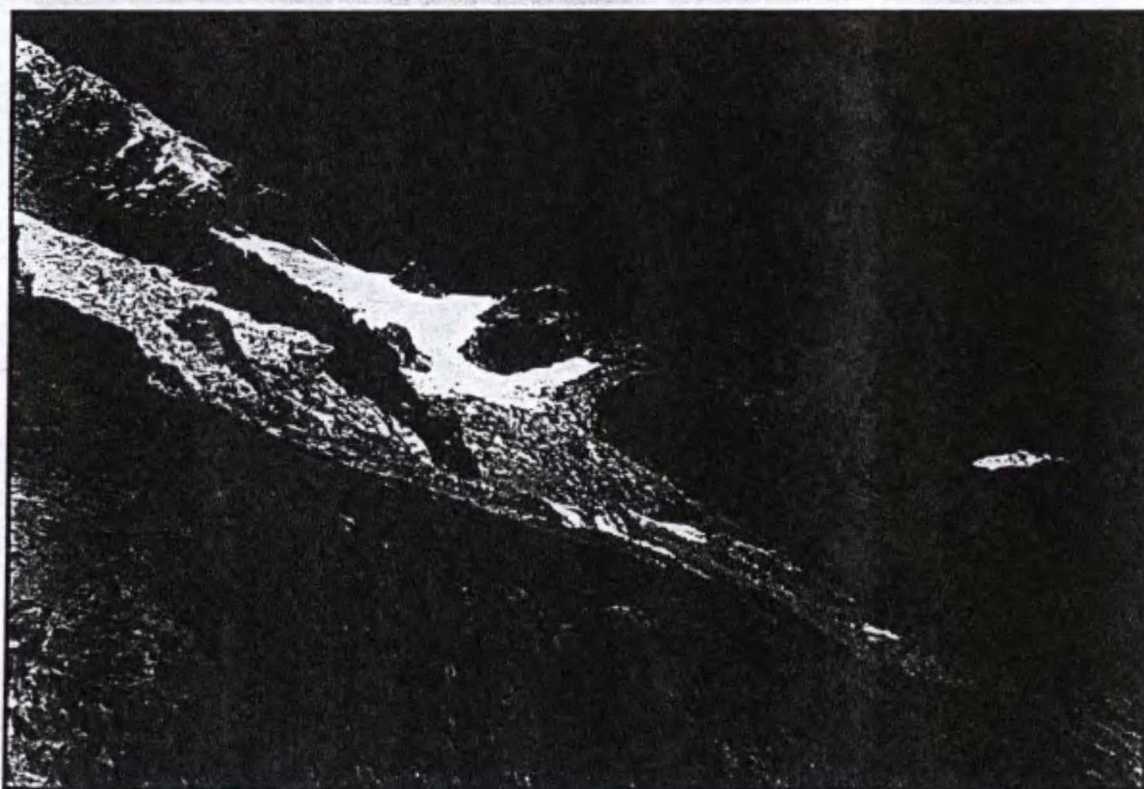


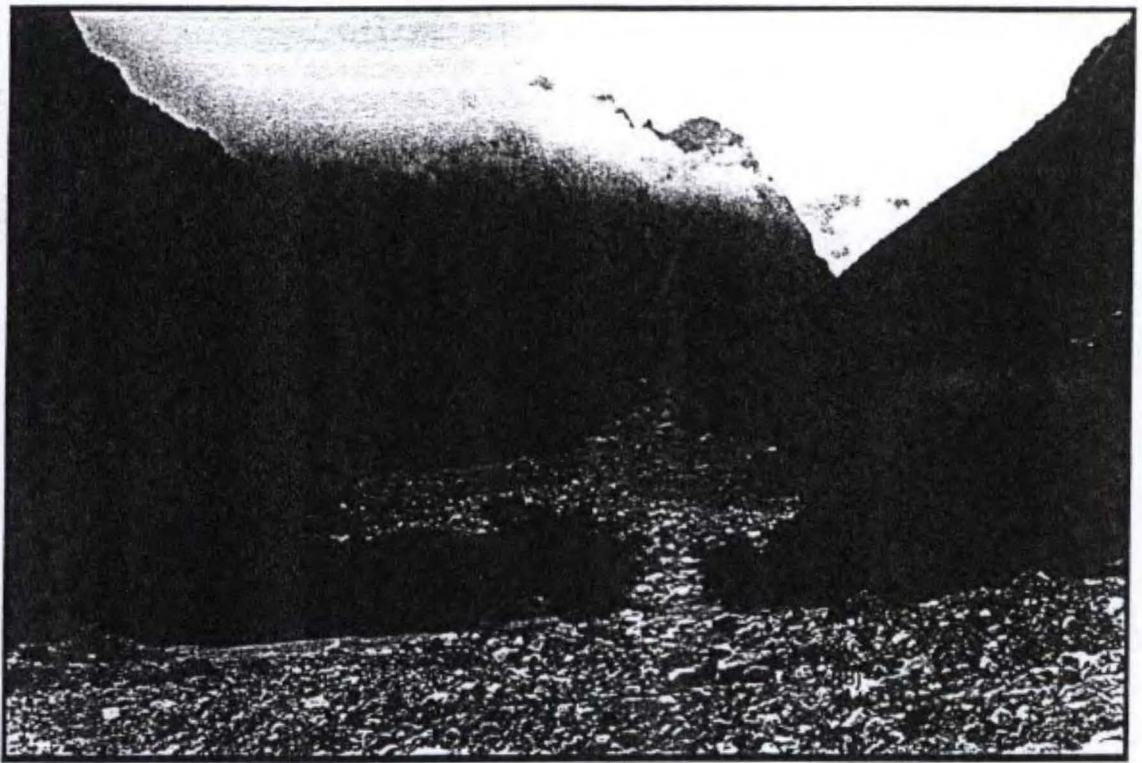
Foto N°8. Al fondo se observa el frente vertical del escalón de roca de  $\pm 80$  m. de altura que favoreció el aumento de velocidad del flujo de material proveniente del frente morrénico del Glaciar N°18 (Qda. Paccha Grande), iniciándose en este sector el aluvión del 27/02/1998.



**Foto N° 9.** Vista parcial del Nevado Salkantay. Se observa el Glaciar N° 15, de cuya zona baja, todavía se están produciendo desplomes de hielo de pequeño volumen. Se considera que debido al acelerado ritmo de desglaciación actual, las masas glaciares seguirán perdiendo área y espesor.

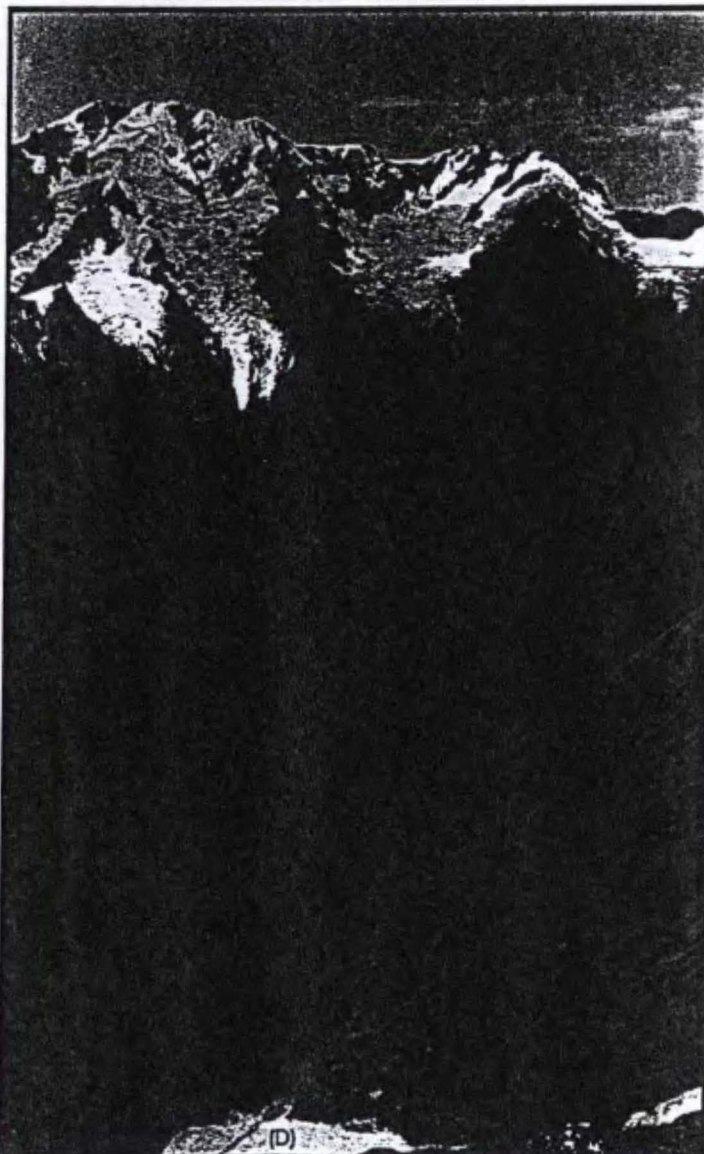


**Foto N° 10.** Zona terminal del Glaciar N° 16, donde se originó el aluvión del 12/03/1998. Actualmente, como resultado de la fuerte ablación, el glaciar está subdividiéndose y disminuyendo en área y volumen.



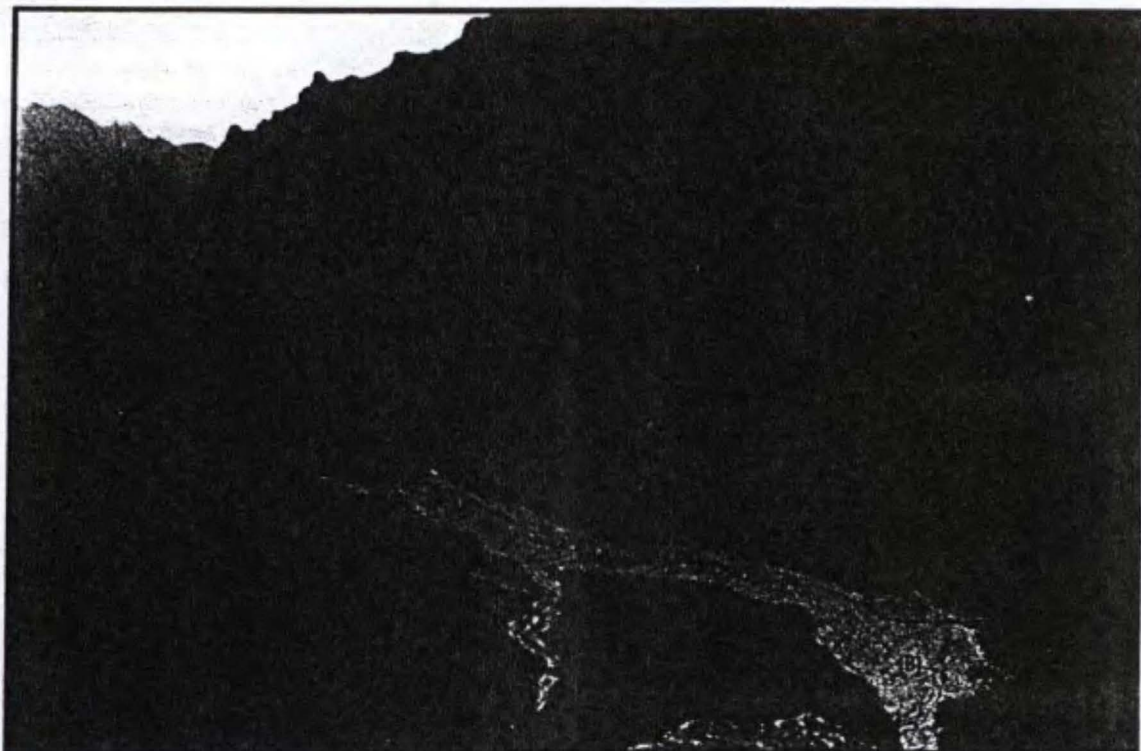
**Foto N°11.** (Arriba)

Sección transversal de un típico valle glaciar en forma de "U" que muestra la Qda. Sisaypampa antes de su confluencia con la Qda. Paccha Grande. Se observa la zona erosionada (A) por el paso de los aluviones de Julio de 1996, Marzo y Noviembre de 1998; y parte del material perteneciente al aluvión del 27/02/1998 (B), originado en la Qda. Paccha Grande.

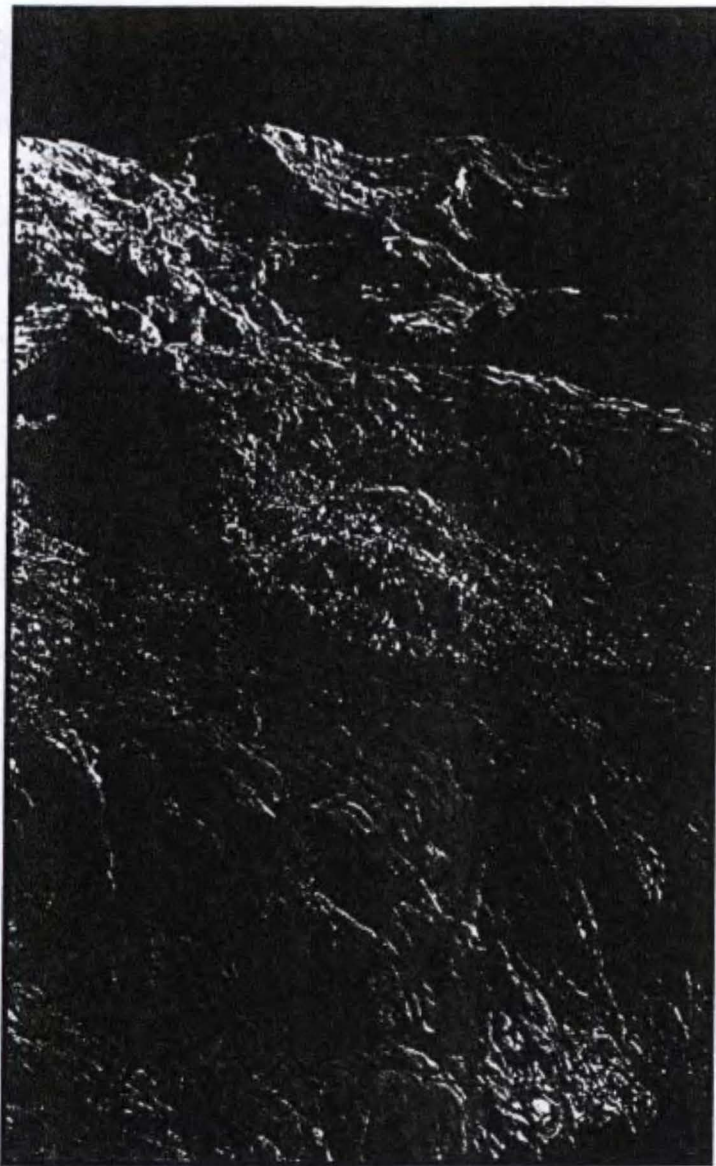


**Foto N° 12.** (Izquierda)

Vista de la zona media del valle glaciar Sisaypampa, donde se observan: morrenas laterales (A); depósitos fluvio-glaciares (B); depósitos de piedemonte (C); y depósitos aluvionales (D).



**Foto N° 13.** Zona media-inferior de la Qda. Sisaypampa, en la cual se observan: valle glaciar colgado (A); curso de los flujos aluvionales del 12/07/1996 y 22/11/1998 (B); y curso del flujo aluvional del 12/03/1998 (C).

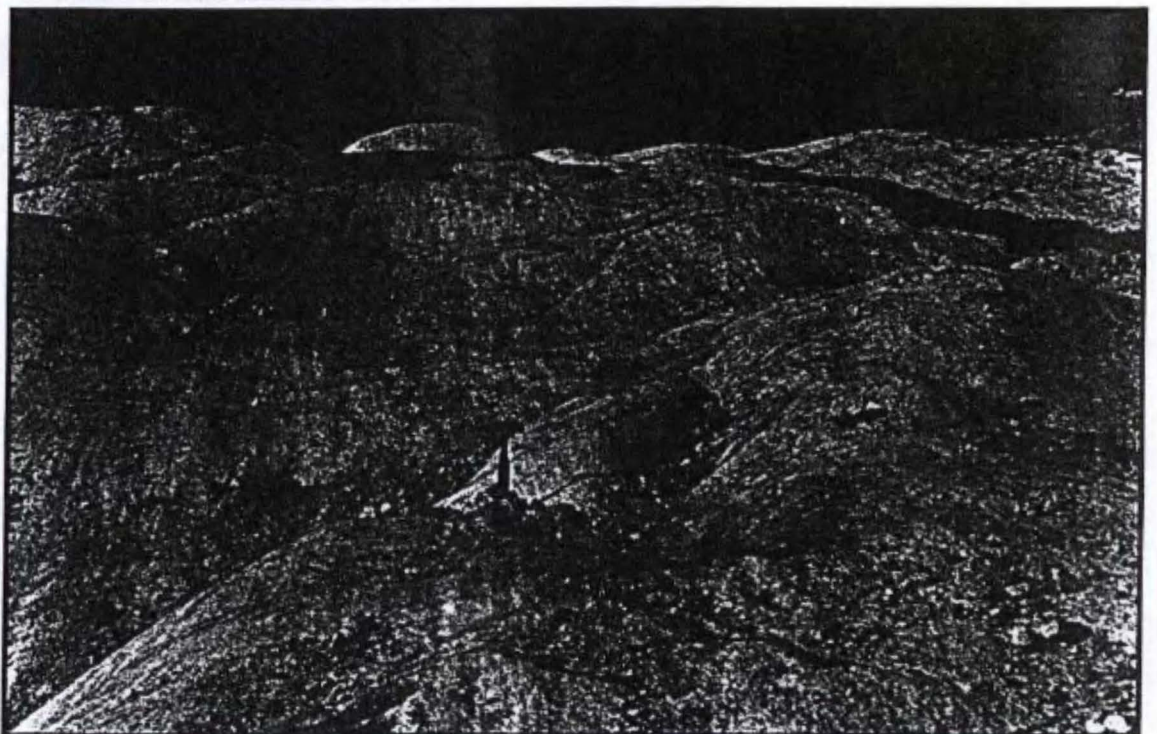


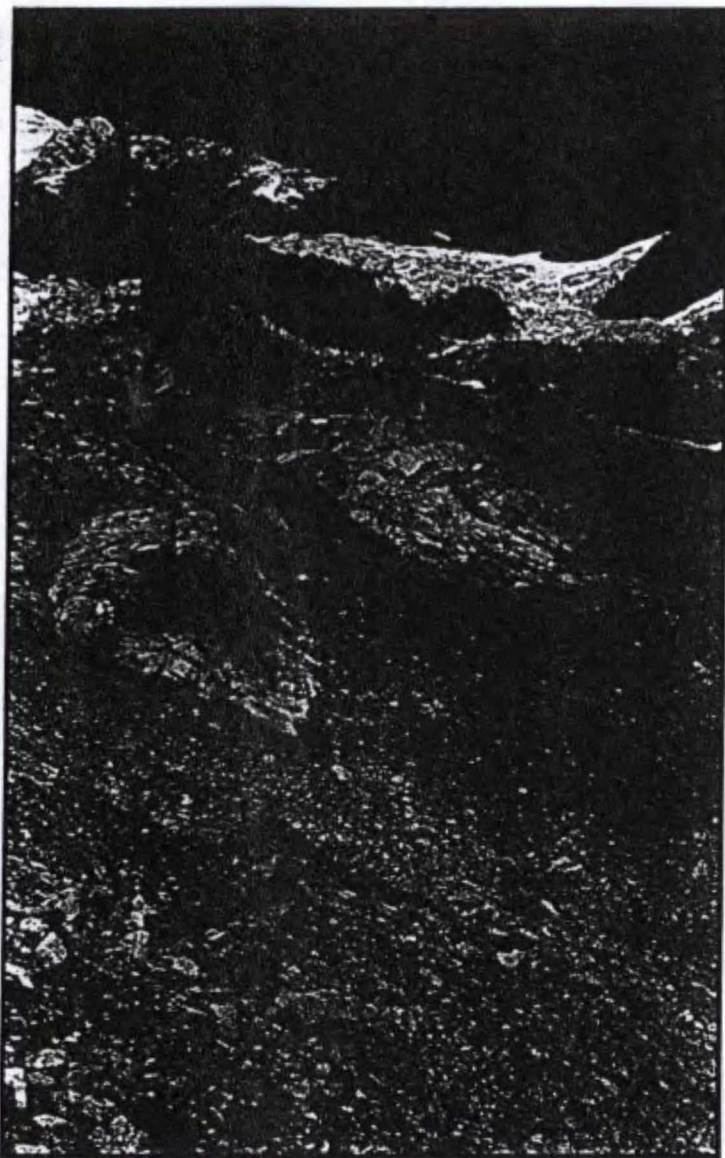
**Foto N° 14.** (Izquierda)

Roca granítica que conforma la base de los glaciares en Salkantay, la cual muestra superficies pulidas y subredondeadas a consecuencia de la abrasión glaciar.

**Foto N° 15.** (Inferior)

Zona inmediata inferior del Glaciar N° 16. Vista de arriba hacia abajo, donde se observa que la abrasión glaciar ha pulido la superficie del granito, modelándolo en forma redondeada.

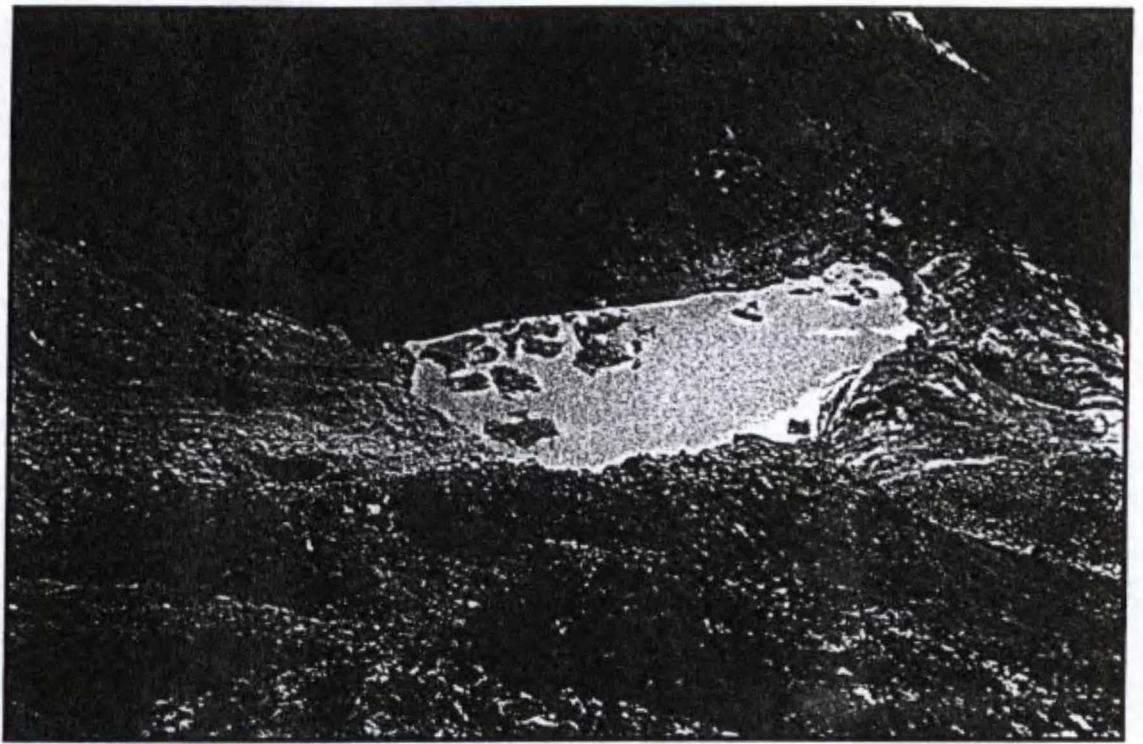




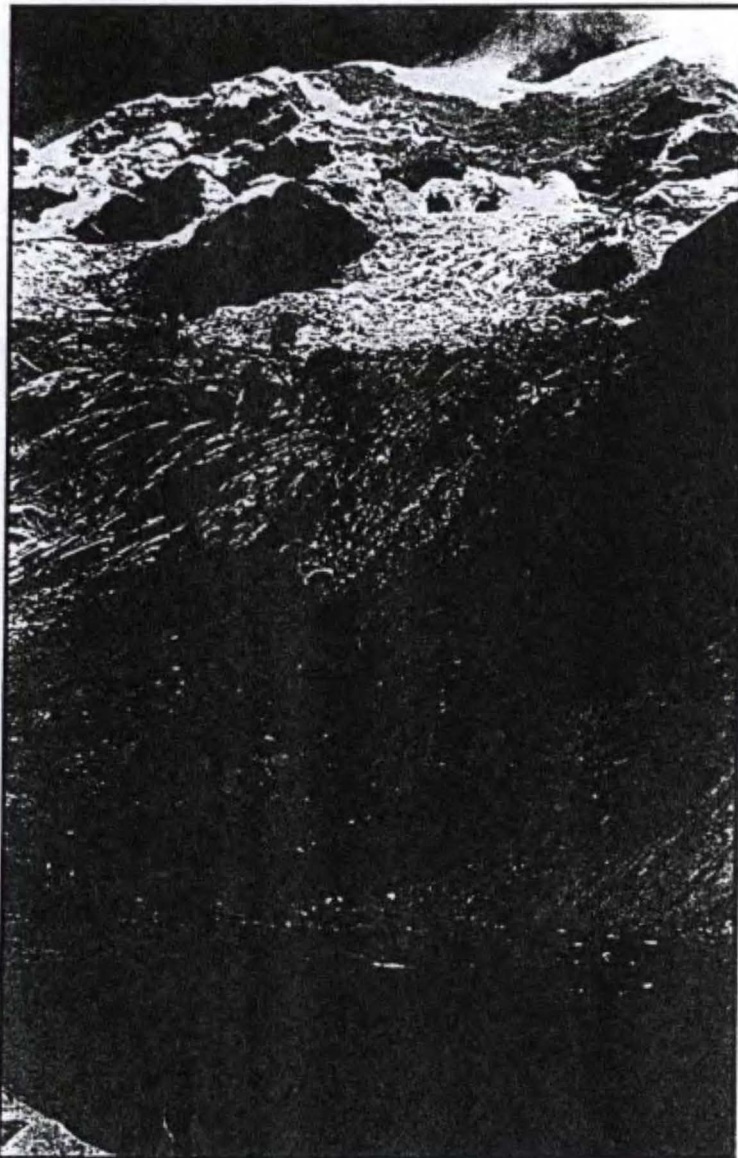
**Foto N°16.** (Izquierda)  
Estado actual del área inmediata inferior del Glaciar N° 16, en la cual se observa "hielo muerto" y materiales inconsolidados conformados por bloques y fragmentos angulosos, englobados por arenas.



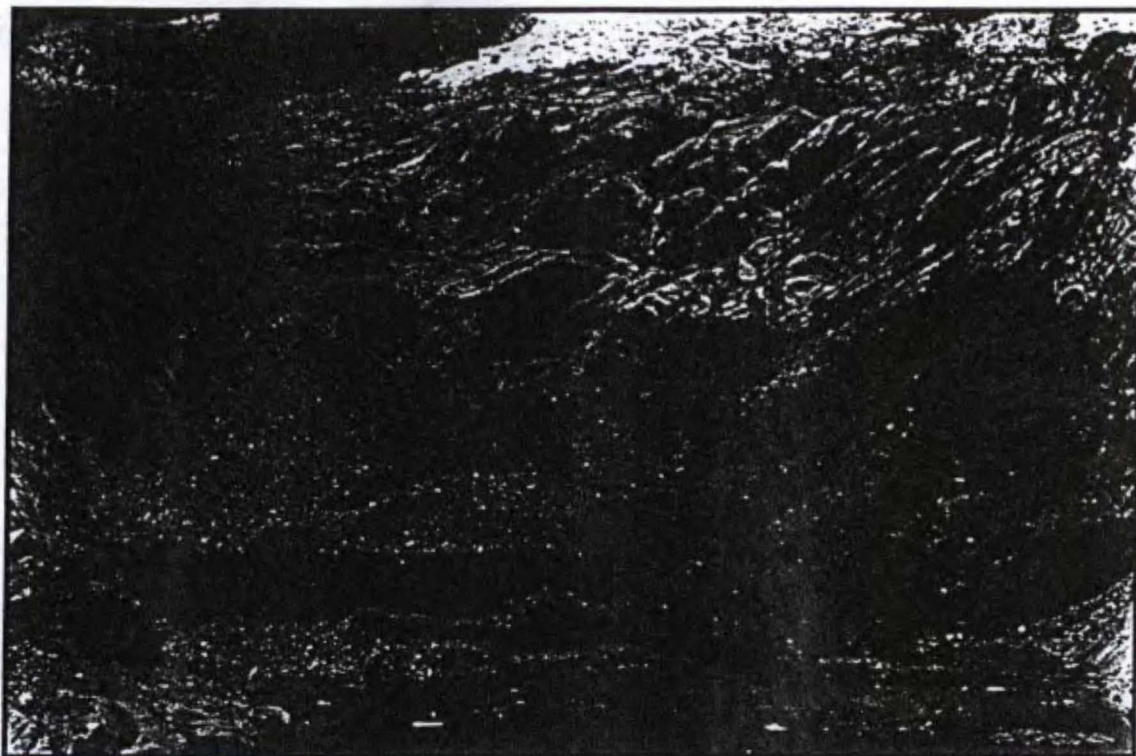
**Foto N° 17.** (Abajo)  
En el lado derecho de la Laguna Salkantay se observa gran cantidad de materiales inconsolidados, desde arenas hasta bloques de 4 a 7 m.



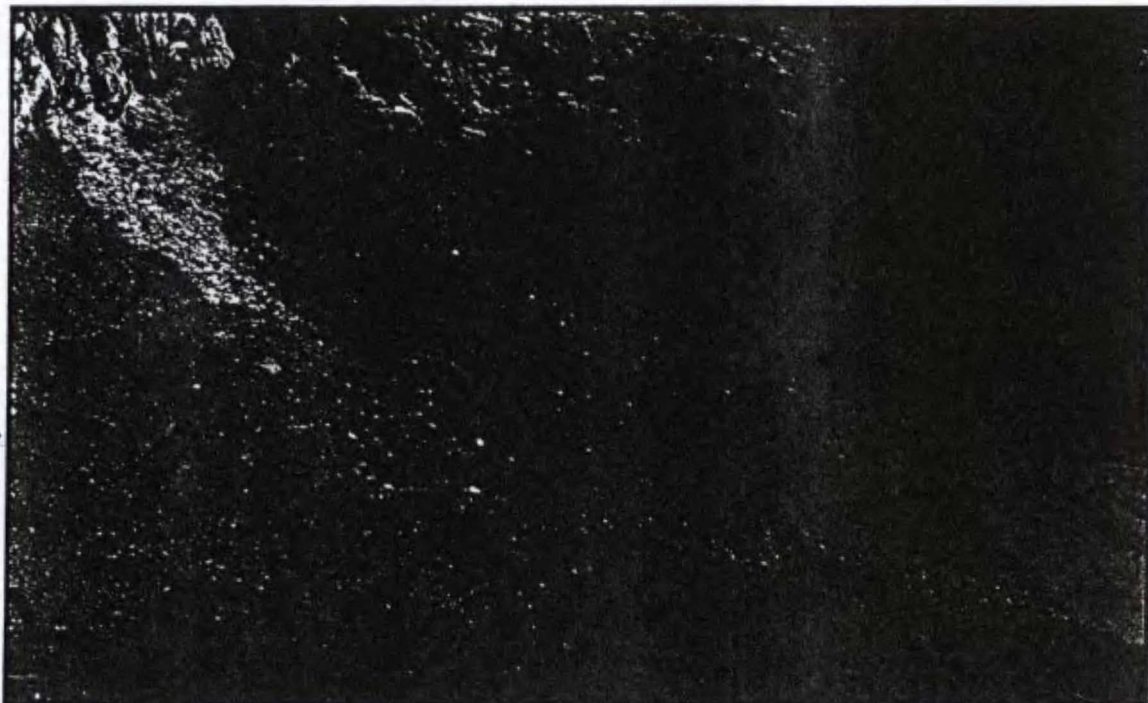
**Foto N° 18.** (Arriba)  
Laguna Salkantay emplazada a los  $\pm$  4575 msnm. en la cabecera de la Qda. Orcospampa. La cubeta de roca granítica ha sido labrada por el Glaciar N° 15 durante su proceso de retroceso.



**Foto N° 19.** (Izquierda)  
Zona posterior de la Laguna Salkantay, donde se observa que el espejo de agua contacta con la masa glaciaria en extinción. El glaciar principal ya está desconectado de esta última.



**Foto N° 20.** Masa glaciar en vías de extinción que contacta con la Laguna Salkantay, se encuentra muy fracturada y de la zona frontal se producen continuos desplomes de hielo que se depositan en la Laguna. De la parte baja del Glaciar N° 15 también se producen pequeñas avalanchas, pero se depositan en el lado izquierdo de la masa glaciar remanente.

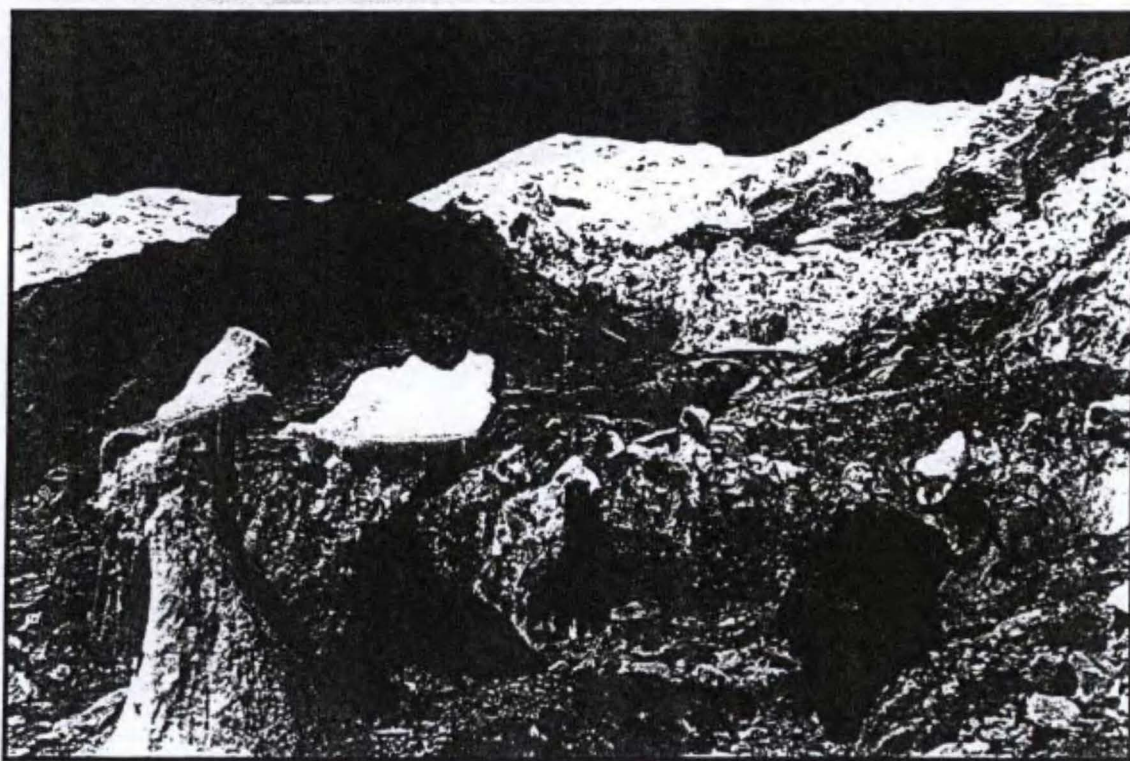


**Foto N° 21.** Vista del hielo muerto que descende a la Laguna Salkantay. En el ángulo superior izquierdo de la foto se observa la zona donde se deposita el hielo que cae de la zona inferior del Glaciar N° 15. En el ángulo inferior derecho se nota la presencia de bloques de hielo flotantes en la Laguna Salkantay.

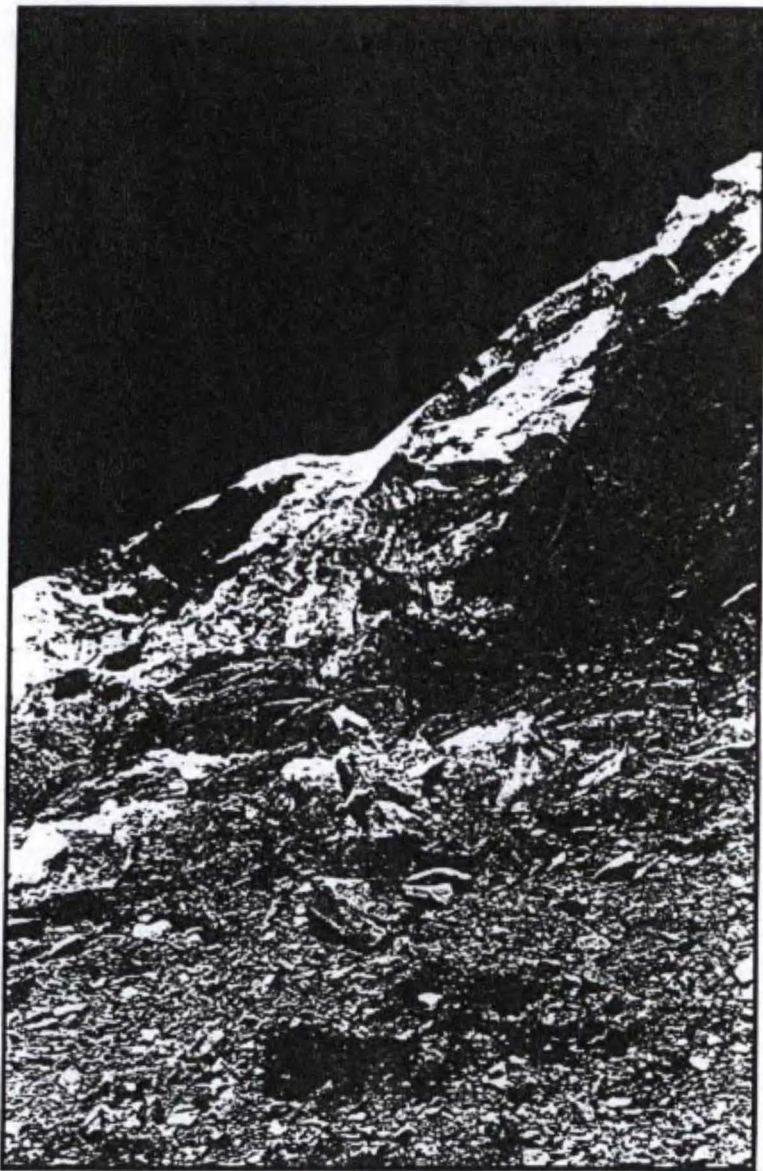




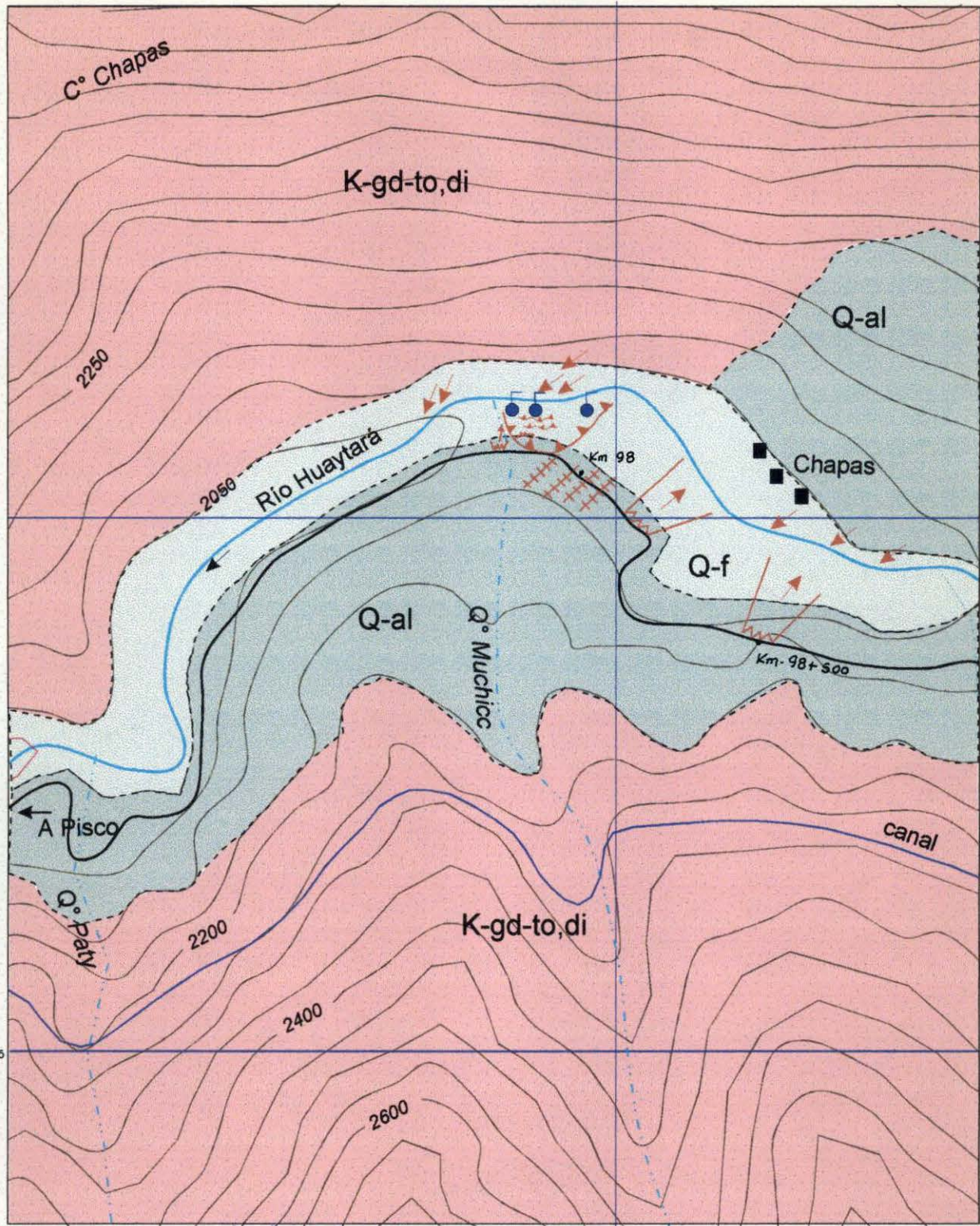
**Foto N° 22.** Vista del contacto entre la roca granítica (G) y el hielo muerto (HM). Se observa cómo el agua se infiltra a través de él y actúa como agente "lubricante", lo cual puede dar lugar a la desestabilización y desplazamiento brusco de masa glaciar hacia la Laguna Salkantay.



**Foto N° 23.** Zona inmediata al borde inferior del Glaciar N° 16, en el que se observa un depósito de "hielo muerto" (HM) y algunos penitentes de hielo (P). Los fragmentos y bloques de roca granítica son producto de la acción de gelifración.



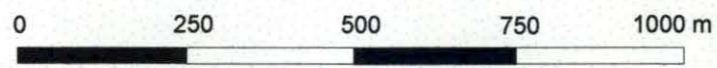
**Foto N°24.** En la parte inferior de la foto se observa el depósito de "hielo muerto" con una ligera cubierta de fragmentos y bloques graníticos, producto de la gelifracción. Asimismo se puede ver un pequeño frente glaciar (del Glaciar N° 16) en contacto con la roca base, de donde se producen desprendimientos de bloques de hielo. Todo este material depositado es muy inestable.



7233  
8496  
425

MAPA GEOLÓGICO Y PELIGROS GEOLÓGICOS

LEYENDA		PELIGROS GEOLÓGICOS		SIMBOLOGIA	
Dep. Fluvial	Q-f	Deslizamiento Activo		Río	
Dep. Aluvial	Q-al	Derrumbre		Quebrada	
Granodiorita/ Tonalita y diorita	K-gd,to,di	Agrietamiento		Puquiales	
Contacto Inferido		Erosión de ribera		Canales de Riego	
				Carretera	



ESCALA GRAFICA

MAPA N° 1