

DIRECCION GENERAL DE AGUAS  
Centro de Información Recursos Hídricos  
Área de Documentación



**INFORME TECNICO - TECHNICAL REPORT**

---

**INTERVENCIONES DE GLACIARES ROCOSOS  
EN MINERA LOS PELAMBRES, REGION DE COQUIMBO, CHILE**

***INTERVENTIONS IN ROCK GLACIERS  
IN THE LOS PELAMBRES MINE, COQUIMBO REGION, CHILE***

Guillermo Azócar  
Alexander Brenning

Department of Geography and Environmental Management  
University of Waterloo  
Waterloo, Ontario, Canada

1 de Octubre de 2008

**INTERVENCIONES DE GLACIARES ROCOSOS EN MINERA LOS PELAMBRES,  
REGION DE COQUIMBO, CHILE**

**INDICE**

<b>1.- INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2.- ANTECEDENTES GENERALES .....</b>	<b>4</b>
<b>3.- INTERVENCION DE GLACIARES ROCOSOS EN EL AREA .....</b>	<b>6</b>
<b>4.-DISCUSION .....</b>	<b>12</b>
<b>5.- REFERENCIAS.....</b>	<b>13</b>

**TABLAS**

<b>Tabla N° 1: Localización y parametros morfométricos de los glaciares rocosos en la Cuenca Superior Río Choapa, area Minera Los Pelambres. ....</b>	<b>6</b>
<b>Tabla N° 2: Glaciares rocosos afectados y sus equivalentes en agua. ....</b>	<b>11</b>

**ILUSTRACIONES**

<b>Figura N° 1: Glaciares rocosos afectados por Minera Los Pelambres entre los años 1997 y 2006. . .</b>	<b>8</b>
<b>Figura N° 2: Remoción y alteración de glaciares rocosos en el área Noroeste (deposito de estériles Noroeste) de Minera Los Pelambres. ....</b>	<b>9</b>
<b>Figura N° 3: Construcción de caminos sobre glaciares rocosos en el área Oriente de Minera Los Pelambres.....</b>	<b>10</b>

## **1.- INTRODUCCIÓN**

---

Los glaciares rocosos (también llamados glaciares de roca o glaciares de escombros) son la expresión geomorfológica del permafrost de montaña y corresponden a las formas más significativas en los ambientes periglaciales de montaña en la Tierra.

Poseen una geometría en forma de lengua o lóbulo, su estructura interna está constituida por una mezcla de hielo (40-60%), roca y sedimentos finos, y se desplazan lentamente ladera o valle abajo, a velocidades que varían entre los 10-100 cm/año (Barsch, 1996; Burger et al., 1999). En general el tamaño de los glaciares rocosos es variable: Su longitud va desde de unos pocos metros a varios kilómetros pero su longitud típica es de unos 200 a 800 metros medidos en forma paralela a la dirección del movimiento (Humlum, 2000), presentan empinados frentes con alturas típicas que varían entre 20 a 100 metros y con ángulos de inclinación de 25°-45°, según el estado de actividad de la geoforma.

Los glaciares rocosos se originan principalmente a partir de material detrítico gravitacional (talus) y/o morrénico (debris), por lo que se distingue entre glaciares rocosos de talud y morrénicos. Según su dinámica se clasifican entre formas activas (en movimiento y con hielo en su interior), inactivas (sin movimiento pero aun con hielo en su interior) y fósiles (sin movimiento y donde se ha fusionado completamente su contenido de hielo).

Numerosas investigaciones han reconocido la importancia hidrológica de los glaciares rocosos, debido a que por su estructura interna constituyen reservorios naturales de agua (Corte, 1976; Barsch, 1996; Burger et al., 1999; Brenning, 2005a,b; Brenning & Azócar, 2008).

En el caso de las regiones montañosas áridas y semiáridas, la importancia de los glaciares rocosos es significativamente mayor al constituir reservorios de aguas, que controlan la escorrentía superficial de los ríos de montaña, especialmente durante los meses secos. Recientes investigaciones realizadas en Chile han entregados por primera vez estimaciones de los volúmenes de hielo y equivalentes en agua de los glaciares rocosos localizados en el Centro y Norte de Chile, junto con determinar su distribución en relación al clima y a la topografía (Brenning, 2003, 2005a,b, 2008; Brenning & Trombotto, 2006; Brenning & Azócar, 2008).

El impacto de las actividades mineras sobre los glaciares rocosos en Chile ha sido escasamente estudiado. El primer estudio sobre este tema fue realizado por Brenning (2008). Según este trabajo, glaciares rocosos con un equivalente en agua de más de 20 millones de metros cúbicos han sido removidos y/o afectados por la explotación minera en las minas de División Andina (CODELCO) y Los Bronces (Compañía Minera Disputada de Las Condes) durante las últimas tres décadas. Por otro lado y en forma más reciente el desarrollo futuro del proyecto Minero Pascua-Lama (Barrick Gold) afectará un glaciar rocoso que será enterrado bajo un botadero de estériles (Geotécnica Consultores, 2001).

En el presente informe se describen las intervenciones mineras sobre glaciares rocosos detectadas en el área de la mina Los Pelambres en la Región de Coquimbo, Chile. Corresponde a una investigación desarrollada en forma paralela al proyecto de investigación sobre "*Mapeo y modelamiento de la distribución de glaciares rocosos en los Andes Centrales*". Se agradece al Ministerio de Asuntos Exteriores y Comercio Internacional (DFAIT) de Canadá el financiamiento de este proyecto a través de una beca del Programa de Intercambio de Estudiantes de Posgrado (GSEP).

## 2.- ANTECEDENTES GENERALES

### 2.1.- Area de estudio

---

El proyecto minero Los Pelambres se localiza en la cuenca superior Norte del sistema fluvial Río Choapa, a los 31.6°S y 70.5°W, a una altitud sobre los 2000 m s.n.m.

La zona se caracteriza por presentar la influencia del anticiclón subtropical del Pacífico Sur, sistema de alta presión que inhibe la llegada de precipitaciones ciclónicas desde latitudes más altas. Ello favorece ocurrencia de condiciones persistente de una alta radiación solar y escasas precipitaciones, y una corta temporada de precipitaciones invernales entre mayo y agosto, aproximadamente. Se estima que las precipitaciones medias anuales en la alta cordillera de la zona de estudio alcanzan alrededor de los 700 a 800 mm (Brenning, 2005a).

Los últimos inventarios no han registrado la presencia de glaciares en la zona (Garín, 1987). Sin embargo, existen buenas condiciones topográficas y climáticas para el desarrollo de glaciares rocosos entre los 3700 y 4200 m s.n.m. (Brenning, 2005a).



## 2.2.- Antecedentes del Proyecto Minero.

---

Minera Los Pelambres explota un yacimiento de extracción cuprífera y minerales asociados (molibdeno, oro, plata etc.), se localiza administrativamente en la comuna de Salamanca, Región de Coquimbo, en las nacientes del Río Pelambres y un sector cordillerano próximo a la frontera con Argentina (Geotécnica Consultores, 1997). Su propiedad está en manos de la empresa chilena Antofagasta Minerals (60%) y de un consorcio japonés (40%). La producción del año 2005 de Minera Los Pelambres fue de 332 mil toneladas de cobre fino y 8.710 toneladas de molibdeno fino (Minergia, 2006).

Minera Los Pelambres comenzó sus operaciones en el año 1992 con un procesamiento de 5300 toneladas por día (tpd) de concentrado de cobre. Durante el año 1997 se presentó un proyecto de expansión al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), el cual fue calificado favorablemente, aumentándose la producción a 85 ktpd, con un horizonte de explotación de a lo menos 30 años. Posteriormente en los años 2002 y 2004 debido a reestructuraciones en el proceso de extracción, se iniciaron nuevas etapas de expansiones, aprobándose a través de las resoluciones de Calificación Ambiental N° 108/02 y N° 038/04 (COREMA Coquimbo, 2002, 2004), importantes aumentos en la producción, además de la construcción de nuevas obras. Sin embargo, ninguno de los documentos presentados al SEIA, mencionan la existencia de glaciares rocosos en esta área y el posible impacto de las actividades mineras sobre estos.

El proceso de extracción minera en un comienzo se realizó de manera subterránea pero a partir del año 1997 se realiza a rajo abierto. El material estéril es depositado al Sur (Depósito Los Pelambres), al Poniente (Depósito Las Hualtatas) y al Norte de rajo (Deposito cerro amarillo), y además en pequeños botaderos localizados en el perímetro de la mina (Deposito Noroeste). Los montos a depositar en cada unos de los botaderos son los siguientes: 1353 millones de toneladas en el botadero Los Pelambres, 150 millones en Las Hualtatas, 58 Millones Cerro Amarillos y 81 millones en el botadero Noroeste<sup>1</sup> (Gestión Ambiental Consultores, 2004). En esta última área se concentran las intervenciones de mayor impacto sobre glaciares rocosos, las cuales se describen en la sección siguiente.

La geomorfología original se encuentra alterada por las actividades mineras y el emplazamiento de obras de acceso, encontrándose modificado el patrón de escurrimiento, a través de conductos que desvían la esorrentía superficial. Además el

---

<sup>1</sup> Botadero Noroeste es el único que ha mantenido los valores de acumulación aprobados en los inicios del proyecto, los demás presentaron modificaciones de acuerdo a los distintos informes entregados a la autoridad.

área central de la mina se caracteriza por presentar laderas con pendiente agudas, que favorecen el desarrollo de movimientos de masa, tales como avalanchas, derrumbes y aluviones.

### 3.- INTERVENCION DE GLACIARES ROCOSOS EN EL AREA

Al interior de la cuenca donde se localiza Minera los Pelambres, se identificaron 15 glaciares rocosos ubicados entre los 3.500 y 3.900 m.s.n.m aproximadamente, correspondiendo en su mayoría a glaciares rocosos activos originados a partir de depositos de talud. En la siguiente tabla se detallan las principales características para cada una de las geoformas.

Tabla N° 1: Localización y parámetros morfométricos de los glaciares rocosos en la Cuenca Superior Río Choapa, área Minera Los Pelambres.

Nº	Nombre	Clasificación según el origen del material <sup>1</sup>	Forma <sup>2</sup>	Actividad	Posición	Exp.	Altitud mínima m.s.n.m	Área km <sup>2</sup>
1	GR1	de talud	Transicional	Activo	Ladera de valle	SE	3849	0.012
2	GR2	de talud	Transicional	Activo	Ladera de valle	S	3734	0.019
3	GR3	de talud	Lengua	Activo	Ladera de valle	S	3732	0.007
4	GR4	de talud	Complejo	Activo	Ladera de valle	S	3755	0.023
5	GR5	de talud	Complejo	Activo	Ladera de valle	S	3792	0.021
6	GR6	de talud	Complejo	Activo	Ladera de valle	S	3725	0.018
7	GR7	de talud	Lóbulo	Activo	Ladera de valle	SW	3668	0.013
8	GR8	de talud	Transicional	Activo	Ladera de valle	S	3680	0.006
9	GR9	de talud	Transicional	Activo	Ladera de valle	NE	3968	0.010
10	GR10	de talud	Lengua	Activo	Ladera de valle	SE	3784	0.019
11	GR11	de talud	Lengua	Activo	Ladera de valle	S	3741	0.037
12	GR12	de talud	Lengua	Activo	Ladera de valle	SE	3606	0.038
13	GR13	de talud	Lóbulo	Activo	Ladera de valle	S	3533	0.024
14	GR14	de talud	Transicional	Activo	Ladera de valle	W	3816	0.033
15	GR15	morrénico	Lengua	Activo	Fondo de valle	SW	3657	0.112

<sup>1</sup>Según clasificación de Barsch (1996) y sobre la base de imágenes SAF- GEOTEC, 1997, escala aproximada 1:60.000.

<sup>2</sup>Según clasificación de formas de Parson (1987).

Al comparar las imágenes SAF-GEOTEC tomadas el año 1997 con una imagen satelital SPOT, Noviembre 2006, es posible identificar que parte de los glaciares rocosos ubicados

al Noroeste y Oriente del rajo de la mina han sido afectados por actividades mineras. Los glaciares rocosos GR10, GR11, GR12 y GR13, localizados en la parte Noroeste, han desaparecido casi completamente por el avance de botaderos de material estéril (ver Figuras N°1 y N° 2). A diferencia los glaciares rocosos GR14 y GR15, localizados al Oriente de la mina, los cuales sólo han sido intervenidos por la construcción de caminos.

Las actuales operaciones en el área Noroeste y Oriente de Minera los Pelambres han degradado o intervenido un área total de 0.11 y 0.14 km<sup>2</sup> respectivamente. La mayores intervenciones se han concentrado en el área Noroeste debido a la cercanía al rajo minero, a diferencia de los glaciares rocosos localizados al Oriente, más distantes y con un menor grado de alteración. El conjunto de glaciares rocosos intervenido tanto en el area Noroeste y Oriente presentan geomorfología de flujo, es decir, corresponden a formas activas, factor que es un claro indicador de la presencia de hielo al interior de estos cuerpos.

Se estima que el hielo afectado por remoción y alteración de glaciares rocosos en la zona tiene un equivalente en agua líquida entre los 1.9 y 2.8 millones de m<sup>3</sup>, asumiendo un contenido volumétrico de hielo entre 40 y 60%, un espesor del permafrost rico en hielo de 20 m, y una densidad de hielo de 0.9 g cm<sup>3</sup> (Brenning, 2005a).

En una imagen satelital Landsat ETM+ del año 2000 (fuente: Global Land Cover Facility, University of Maryland, EE.UU.) no se observan impactos de actividades mineras en el área de Minera Los Pelambres sobre los glaciares rocosos. Por lo tanto las intervenciones comenzaron a partir de o después del año 2000.

DIRECCION GENERAL DE AGUAS  
Centro de Información Recursos Hídricos  
Área de Documentación

Figura N° 1: Glaciares rocosos afectados por Minera Los Pelambres entre los años 1997 y 2006.

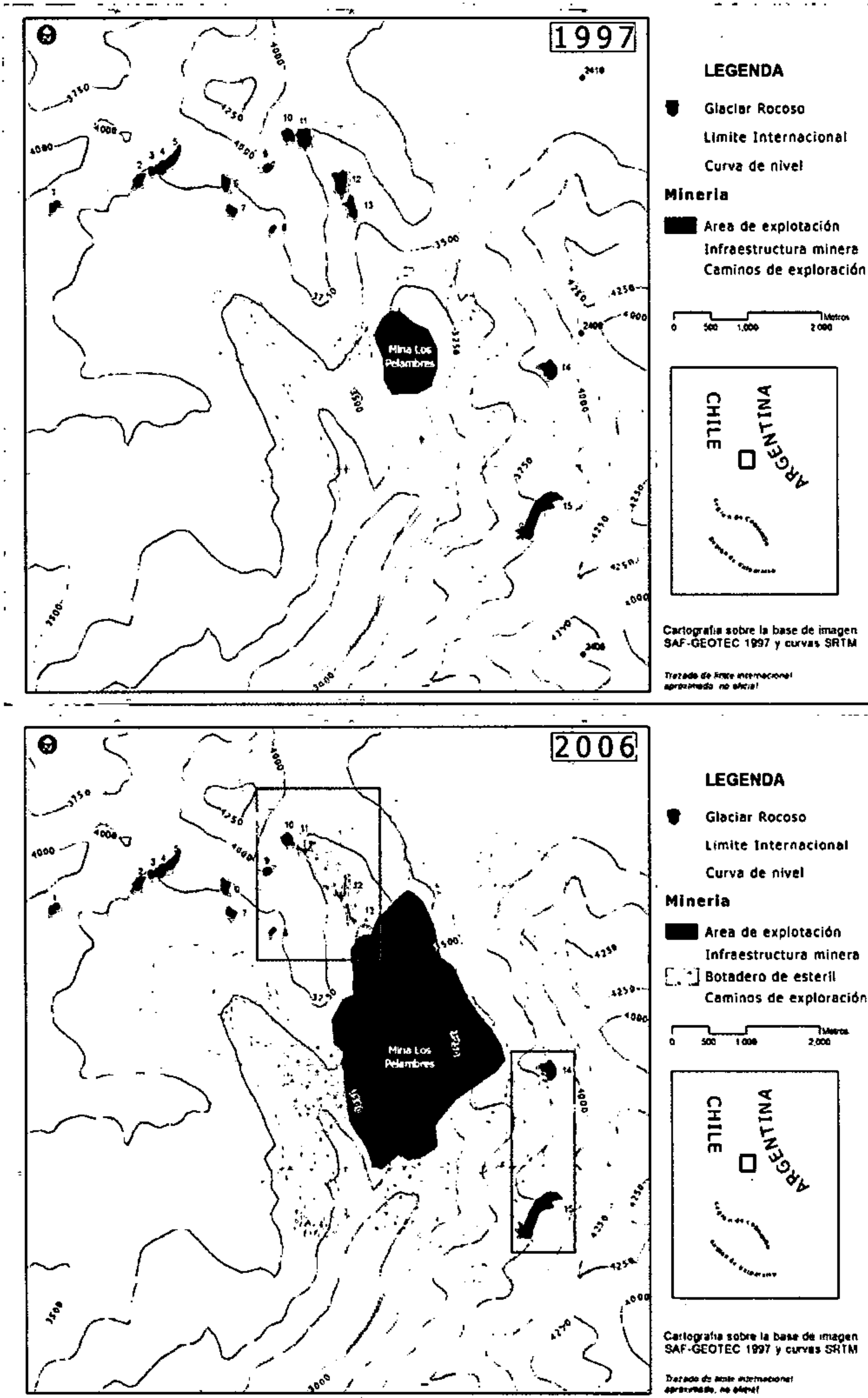
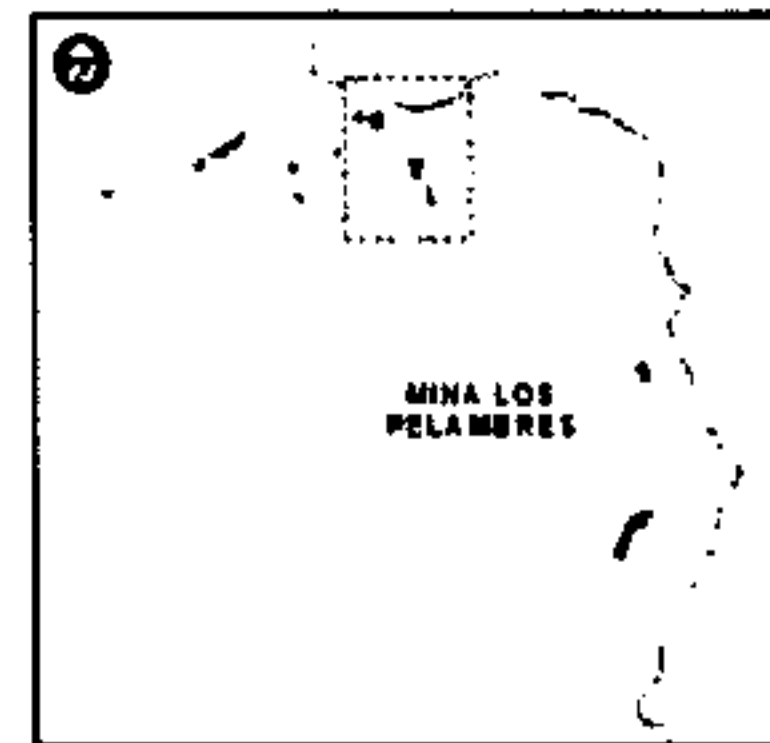




Figura N° 2: Remoción y alteración de glaciares rocosos en el área Noroeste (deposito de estériles Noroeste) de Minera Los Pelambres.

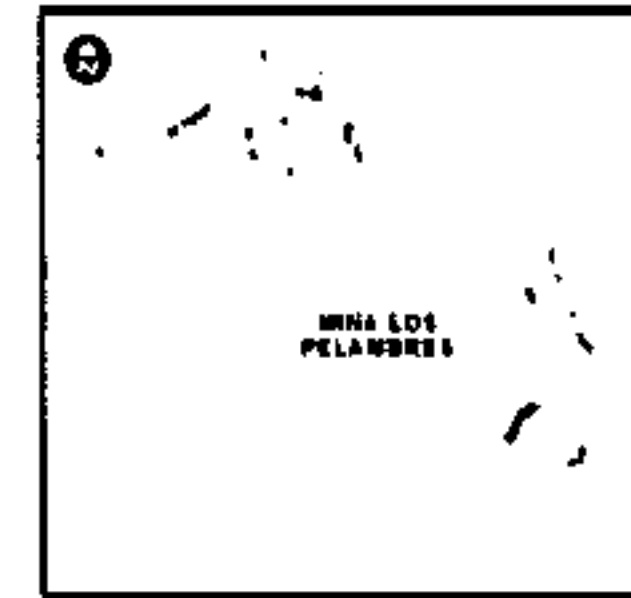
A.- FOTOGRAFIA AREA SAF-GEOTEC 1997 (N° 2409)



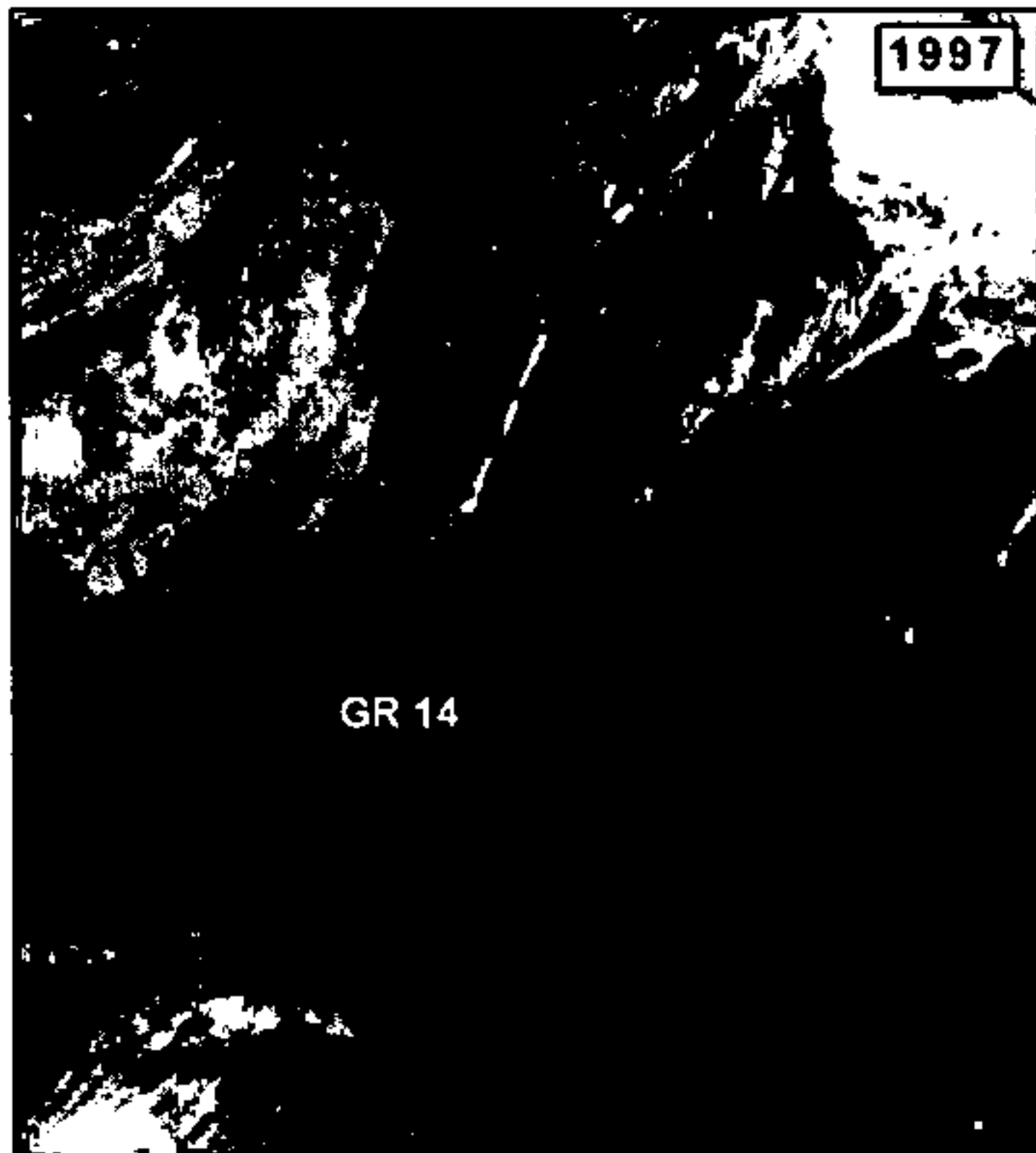
B.- IMAGEN SATELITAL SPOT, NOV 2006.



Figura N° 3: Construcción de caminos sobre glaciares rocosos en el área Oriente de Minera Los Pelambres.



A.- FOTOGRAFIA AREA SAF-GEOTEC 1997 (N° 2409)



B.- IMAGEN SATELITAL SPOT, NOV 2006

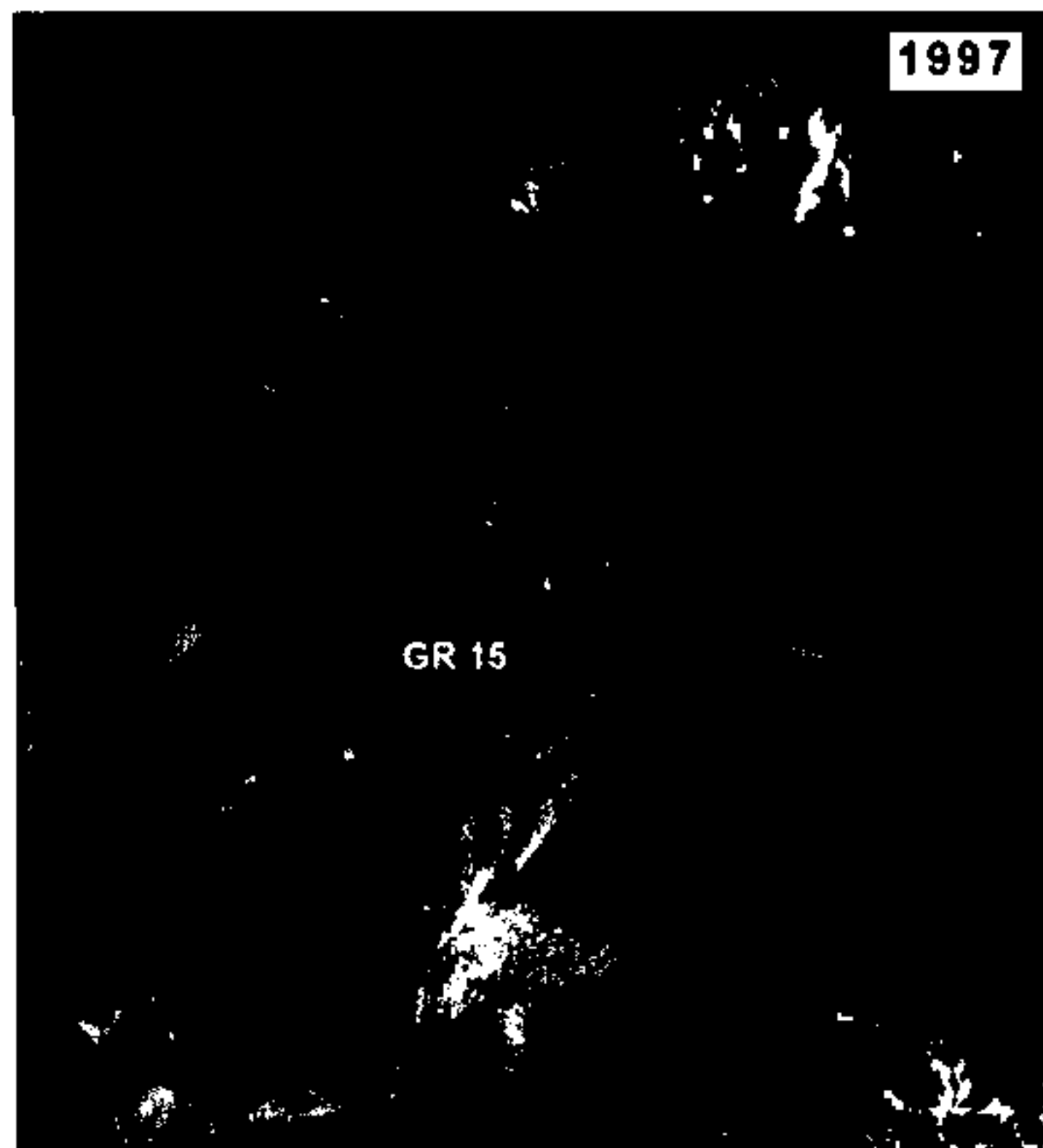
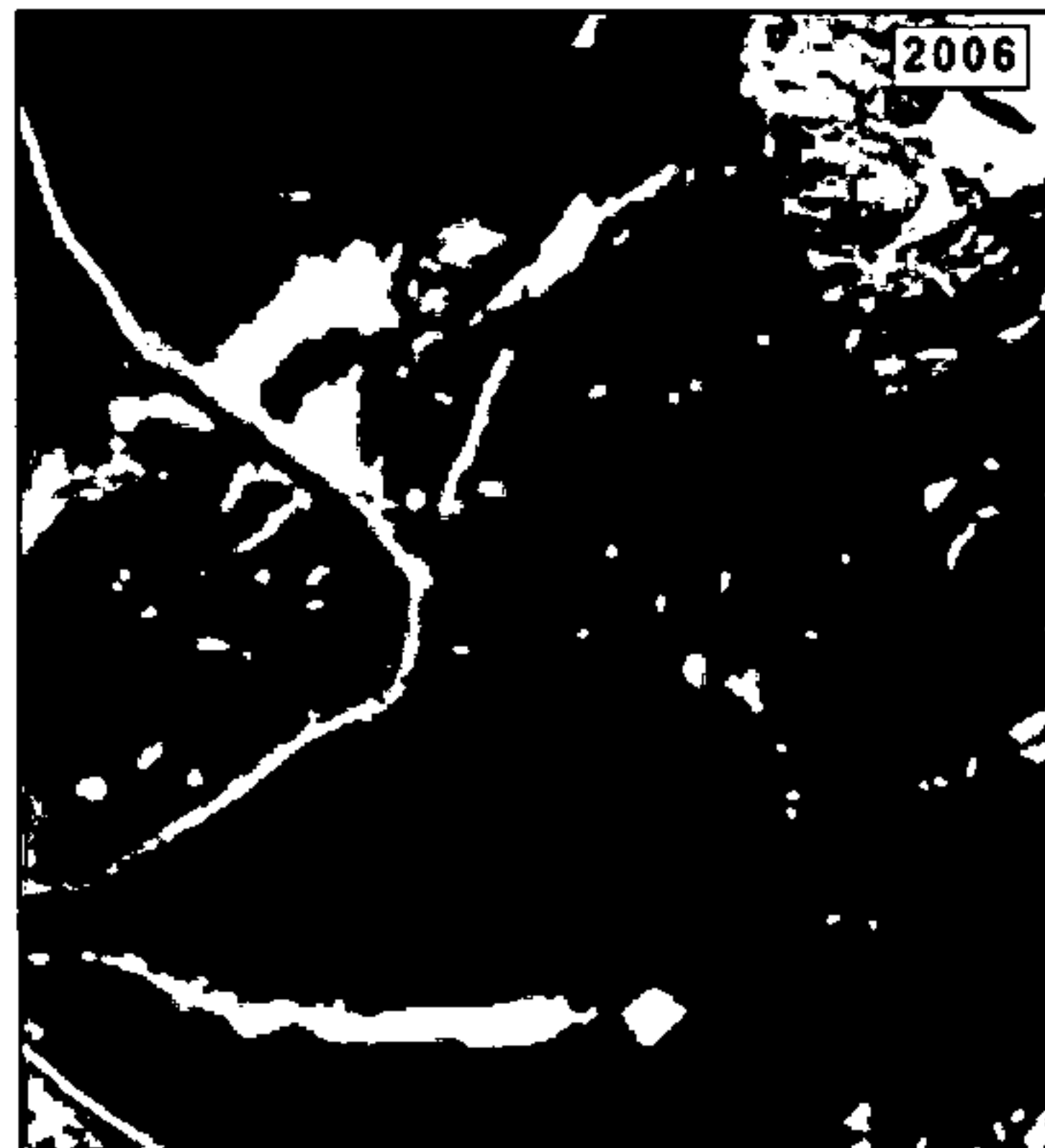


Tabla N° 2: Glaciares rocosos afectados y sus equivalentes en agua.

Núm.	Nombre	Área (km <sup>2</sup> ) (a)	Equivalente en Agua (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> ) (b)	Estado	Tipo de intervención
1	GR1	0.012	0.086-0.130	Normal	-
2	GR2	0.019	0.137-0.205	Normal	-
3	GR3	0.007	0.050-0.076	Normal	-
4	GR4	0.023	0.166-0.248	Normal	-
5	GR5	0.021	0.151-0.227	Normal	-
6	GR6	0.018	0.130-0.194	Normal	-
7	GR7	0.013	0.094-0.140	Normal	-
8	GR8	0.006	0.043-0.065	Normal	-
9	GR9	0.01	0.072-0.108	Normal	-
10	GR10	0.019	0.137-0.205	Intervenido	Deposito de estériles
11	GR11	0.037	0.266-0.400	Intervenido	Deposito de estériles
12	GR12	0.038	0.274-0.410	Intervenido	Deposito de estériles
13	GR13	0.024	0.173-0.259	Intervenido	Remoción
14	GR14	0.033	0.238-0.356	Intervenido	caminos
15	GR15	0.112	0.806-1.210	Intervenido	caminos
					<b>Totales</b>
<i>Glaciares rocosos área Minera Los Pelambres, año 1997</i>					0.392 km <sup>2</sup>
<i>Área intervenida o afectada, año 2006</i>					0.263 km <sup>2</sup>
<i>Equivalente en agua, año 1997</i>					2.82 – 4.23 × 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
<i>Equivalente en agua afectada, año 2006</i>					1.89 – 2.84 × 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
<i>Equivalente en agua afectada – al Noroeste del rajo, 2006</i>					0.85 – 1.28 × 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
<i>Equivalente en agua afectada – al Oriente del rajo, año 2006</i>					1.04 – 1.57 × 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>

a Calculado a partir de fotografías areas SAF-GEOTEC 1997 e imagen satelital Landsat ETM+, año 2000.

b Calculado asumiendo un una capa rica en hielo de 20 m, un contenido volumétrico del hielo entre 40% y 60%; y una densidad del hielo de 0.9 g/cm<sup>3</sup> (Brenning, 2005a).

#### 4.-DISCUSION

---

Minera Los Pelambres ha intervenido glaciares rocosos con un equivalente de agua de 1.89 - 2.84 millones de metros cúbicos entre los años 2000 y 2006. Las intervenciones incluyen la remoción de glaciares rocosos, depositación de roca estéril y construcción de caminos de exploración u operación de la mina.

En el caso de las intervenciones sobre glaciares rocosos en el área noroeste, es posible que se hayan llevado a cabo entre los años 2004-2006, debido a que según la información entregada en último estudio de impacto ambiental, se declara que este sector no ha sido utilizado antes de esa fecha para la acumulación de material estéril (EIA: Plan de Desarrollo Integral Pelambre, año 2004).

La actual intervención de glaciares rocosos en el área de minera Los Pelambres constituye el tercer caso consumado de alteración y remoción de glaciares rocosos en Chile, y el primero que se ha iniciado en forma posterior a la creación de la actual legislación ambiental (Ley 19.300, año 1994; Reglamento del SEIA, 1997).

Las intervenciones de glaciares rocosos por Minera Los Pelambres no fueron anunciadas en ninguno de los estudios ambientales presentando a la autoridad entre los años 1997-2004 (Geotécnica Consultores, 1997; COREMA Coquimbo, 2002, 2004). Sin embargo, se conocía de su existencia, debido a que durante el año 1998 se encargó a la empresa consultora Geoestudios Ltda. la identificación y evaluación del conjunto de glaciares rocosos en el área (Geoestudios, 1998). Sin embargo, por causa que desconocemos se omitió esta información en los posteriores estudios, por lo tanto, a nuestro entender, no cuentan con la aprobación de parte de las autoridades ambientales y sectoriales involucrados en el proceso de evaluación.

Las intervenciones de glaciares rocosos pueden tener varios efectos ambientales a mediano y largo plazo (Ripley et al., 1995; Burger et al., 1999; Brenning, 2008):

- Procesos geoquímicos en los depósitos de estériles pueden producir drenajes ácidos con alto contenido de metales pesados (*Acid Rock Drainage*, ARD), afectando tanto el agua que descarga desde los glaciares rocosos como el mismo hielo acumulado durante varios milenios.
- La construcción de depósitos de roca estéril sobre glaciares rocosos altera la composición y las condiciones térmicas internas, por lo tanto puede aumentar el riesgo de deslizamientos con impacto directo en actividades mineras.
- El efecto de sobrecarga de depósitos de estériles construidos sobre glaciares rocosos va a aumentar su velocidad de desplazamiento y puede causar



inestabilidades con impacto directo en actividades mineras. Altas velocidades se ha observado en el pasado, en depósitos de estéril localizados en el área de Minera Los Bronces y División Andina (Contreras & Illanes, 1992; Apablaza et al., 2001; Valenzuela, 2004; Brenning, 2008).

- La remoción o alteración de glaciares rocosos en zonas semiáridas implica la pérdida de importantes reservorios naturales de agua fósil, en estado congelado. El área de Minera Los Pelambres no posee glaciares propiamente dichos, por lo cual los glaciares rocosos y el permafrost de montaña son los únicos reservorios permanentes de hielo en esta zona y por lo tanto de importancia crítica para el sistema hidrológico (Brenning, 2005a,b; Brenning & Azócar, 2008).

Con el fin de reducir y controlar los efectos ambientales y riesgos geomorfológicos de las intervenciones en glaciares rocosos se recomienda establecer un programa de monitoreo científico independiente de los glaciares rocosos intervenidos y cuyos resultados sean puestos continuamente a disposición pública.

## 5.- REFERENCIAS

---

APABLAZA, R., E. FARIAS, R. MORALES, J. DÍAZ & A. KARZULOVIC, 2001. The Sur Sur mine of Codelco's Andina division. En W. A. Hustrulid, M. K. McCarter & D. J. A. van Zyl (eds.), *Slope stability in surface mining*, Society for Mining Metallurgy and Exploration, pp. 171-175.

CORTE, A.E., 1976b. The hydrological significance of rock glaciers. *Journal of Glaciology*, 17: 157-158.

BARSCH, D., 1996. *Rockglaciers*. Springer, Berlin. Alemania.

BRENNING, A., 2003. La importancia de los glaciares de escombros en los sistemas geomorfológico e hidrológico de la Cordillera de Santiago - fundamentos y primeros resultados. *Revista de Geografía Norte Grande*, 30: 7-22.

BRENNING, A., 2005a. *Climatic and geomorphological controls of rock glaciers in the Andes of Central Chile: Combining statistical modelling and field mapping*. Tesis de doctorado, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät II, Humboldt-Universität zu Berlin. Publicación electrónica: <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/brenning-alexander-2005-08-31/PDF/Brenning.pdf>

BRENNING, A., 2005b. Geomorphological, hydrological and climatic significance of rock glaciers in the Andes of Central Chile (33-35°S). *Permafrost and Periglacial Processes*, 16(3): 231-240. DOI: 10.1002/ppp.528

BRENNING, A. & D. TROMBOTTO, 2006. Logistic regression modeling of rock glacier and glacier distribution: topographic and climatic controls in the semi-arid Andes. *Geomorphology*, 81(1-2): 141-154.

- BRENNING, A., 2008. The impact of mining on rock glaciers and glaciers: examples from Central Chile. En *Darkening peaks: glacier retreat, science, and society*, eds. B. S. Orlove, E. Wiegandt & B. Luckman. University of California Press, Berkeley, pp. 196-205.
- BRENNING, A. & G.F. AZÓCAR, 2008. Mapping and modeling rock glacier distribution in the dry Andes: a progress report. *Abstracts, 4th Alexander von Humboldt International Conference, The Andes - Challenge for Geosciences*, 24-28 November 2008, Santiago, Chile, forthcoming.
- BURGER, K.C., J.J. DEGENHARDT & J.R. GIARDINO, 1999. Engineering geomorphology of rock glaciers. *Geomorphology*, 31: 93-132.
- CONTRERAS, A. & J.L. ILLANES, 1992. Depósito de lastre glaciar Infiernillo Sur, mina Los Bronces. En *Minería en altura; Proceedings, 43a Convención del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile*, La Serena, Octubre 1992, vol. 1, 18 pp. Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, Santiago, Chile.
- COREMA Coquimbo (Comision Regional del Medio Ambiente, Región de Coquimbo), 1997. *Resolución exenta N° 71: "Expansión Minera Los Pelambres 85.000 tpd"*. La Serena, Chile, 6 de Octubre 1997.
- COREMA Coquimbo (Comision Regional del Medio Ambiente, Región de Coquimbo), 2002. *Resolución exenta N° 108: "Optimización de la operación actual a 114 ktpd"*. La Serena, Chile, 28 de mayo 2002.
- COREMA Coquimbo (Comision Regional del Medio Ambiente, Región de Coquimbo), 2004. *Resolución exenta N° 038: "Proyecto integral de desarrollo minera los Pelambres (MLP)"*. La Serena, Chile, 07 de abril 2004.
- GEOESTUDIOS, 1998. *Estudio de glaciares de roca en el área de mina Los Pelambres*. Informe técnico #376 para Bechtel Chile Ltda. Geoestudios Ltda., Santiago, Chile.
- GEOTECNICA CONSULTORES, 1997. *Estudio de impacto ambiental: Proyecto de Expansión Minera Los Pelambres 85.000 tpd*. Resumen ejecutivo. Santiago. Chile.
- GEOTECNICA CONSULTORES, 2001. *Estudio de impacto ambiental: Proyecto Pascua-Lama*. Copiapo. Chile.
- GESTION AMBIENTAL CONSULTORES, 2004. *Estudio de impacto ambiental: Proyecto integral de desarrollo minera los Pelambres (MLP)*. La Serena. Chile.
- GARIN, C., 1987. Inventario de los glaciares de los Andes Chilenos desde los 18° a los 32° de latitud Sur. *Revista Geográfica Norte Grande*, 14: 35-48.
- HUMLUM, O., 2000. The geomorphic significance of rock glaciers: estimates of rock glacier debris volumes and headwall recession rates in West Greenland. *Geomorphology*, 35: 41-67.
- MINERGIA, 2006. Minera Los Pelambres. *Minergia*, 66: 8-18.
- PARSON, C.G., 1987. Rock glaciers and site characteristics on the Blanca Massif, Colorado, USA. En *Rock glaciers*, eds. J.R Giardino, J.F Shroder and J.J.D Vitek, 127-143. Allen & Unwin, Boston.
- RIPLEY, E.A., R.E. REDMAN & A.A. CROWDER, 1995. *Environmental effects of mining*. St. Lucie Press, Delray Beach, Florida.
- VALENZUELA, L., 2004. Stability issues in natural and man made slopes in mining. In: W. A. Lacerda, M. Ehrlich, S. A. B. Fontoura & A. S. F. Sayão (eds.), *Landslides: evaluation and stabilization*, A. A. Balkema Publishers, Leiden, vol. 1, pp. 467-473.