

**SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA EL MORRO  
PROYECTO EL MORRO  
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

**LÍNEA BASE GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA  
Y RIESGOS NATURALES**

**ANEXO A  
EL MODELADO PERIGLACIAR**

Preparado para:

Sociedad Contractual Minera El Morro  
Av. Andrés Bello 2777, Piso 8  
Las Condes, Santiago, Chile

***Knight Piésold S.A.***

*Avda. Vitacura 4380, Piso 17*

*Vitacura, Santiago, Chile*

*Teléfono:(56-2) 594 6400*

*Fax: (56-2) 594 6447*

*E-mail: santiago@kpsa.cl*

***Knight Piésold***  
**CONSULTING**

**SOCIEDAD CONTRACTUAL MINERA EL MORRO  
PROYECTO EL MORRO  
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL****LÍNEA BASE GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA  
Y RIESGOS NATURALES****ANEXO A - EL MODELADO PERIGLACIAR**

El término “periglaciario” fue introducido en 1909 por W. LOZINSKI con el objeto de identificar una familia de fenómenos que son el resultado de la meteorización por la helada y que se desarrollan en franjas de terreno marginales a las calotas de hielo del Cuaternario. Sin embargo, esta idea es más antigua. En efecto, en Gran Bretaña, los geólogos del s. XIX notaron que frecuentemente la parte superior de un afloramiento rocoso estaba cubierta por una mezcla de tierra y de fragmentos de roca a lo que llamaron “*head*”. Algunos geólogos llegaron a la conclusión que este depósito era producto de un clima muy frío pero no glacial.

Sin embargo, fue la exploración de las áreas polares emprendida a comienzos del s. XX la que reveló la existencia de un tipo especial de medio geomorfológico. El concepto de soliflujión fue explicado por ANDERSON en 1906 en las Islas Malvinas y la fragmentación por el frío estudiado por HÖGBOM en Spitsbergen en 1910-1911. Este concepto de geomorfología climática fue aceptado principalmente por científicos escandinavos, alemanes y eslavos; en los países anglosajones los estudios básicos emprendidos por LEFFINGWELL y EAKIN en Alaska, fueron parcialmente ignorados bajo la influencia de la “erosión normal” creada por W. M. DAVIS, de modo que el paisaje periglaciario no fue aceptado incluso como un “accidente climático”.

Los primeros estudios de geomorfología periglaciario se desarrollaron a partir de los actuales fenómenos subpolares así como también de los remanentes de los climas fríos del Cuaternario. Ya en 1916 SALOMON demostró la importancia de estos fenómenos en la fisiografía de los macizos montañosos alemanes antiguos; en otros países como Holanda, Bélgica y Francia el concepto periglaciario fue introducido a través del estudio del Pleistoceno. A partir de la II Guerra Mundial el conocimiento de estos fenómenos ha progresado muy rápidamente tanto en los países polares como en el Cuaternario de países templados.

El medio periglacial consiste de esa parte de la zona fría donde el agua no permanece en estado sólido (no glaciar) y en laderas montañosas, especialmente en torno de glaciares de montaña. Aun cuando el término “periglacial” ha sido criticado, puede no obstante ser respaldado por alguna justificación; en suma, es mejor que otros términos que han sido propuestos para suplantarlos, además que actualmente es ampliamente utilizado (TRICART in FAIRBRIDGE, 1968).

El fenómeno periglacial es la consecuencia de la modificación de las propiedades del agua cuando pasa de su condición líquida al estado sólido y vice versa.

- El agua es el único compuesto que tiene un volumen mayor en el estado sólido que en el líquido; el aumento es de 10%.
- El hielo se caracteriza por su alto coeficiente de expansión cercano al del acero.
- La cristalización del agua en los suelos modifica el equilibrio iónico y, como consecuencia, modifica el estado físico. Ejemplo: la resistencia de las arcillas (TRICART op. cit.).

Aunque en última instancia todas las acciones periglaciares se deben a cambios de fase sólido-líquido del agua, su intensidad y tipología, así como los efectos morfológicos a que da lugar, permiten definir ambientes característicos de los cuales el que más interesa es el de los ciclos térmicos hielo-deshielo o ciclos de helada. Estos son cambios de fase rítmicos que tienen lugar en las aguas superficiales y subsuperficiales del suelo, y dependen de la humedad y de las acciones térmicas ambientales. Una condición limitante tan general, hace que dichos ciclos puedan aparecer en cualquiera región; de allí que TRICART distinga el sistema periglacial de latitud y el sistema periglacial de altura, que concierne directamente a la región del Proyecto El Morro.

Modalidad en los ciclos (frecuencia, amplitud, relación hielo-deshielo y naturaleza del material sometido a sus acciones (textura, estructura, granulometría, composición), son los factores que regulan la incidencia y, por lo tanto, la eficacia morfogenética de los mismos.

El clima del nivel periglacial de las montañas de las bajas latitudes engendra una acción morfogenética caracterizada por:

- Una acción considerable del hielo ligado al gran número de días de hielo parcial;
- Una penetración poco profunda del hielo debido a su débil duración;
- Una gran humedad que paraliza la acción eólica salvo en las montañas áridas como la Puna de Atacama, y favorece los movimientos del suelo (TRICART, 1968).

La gelifración es el proceso de meteorización más importante de las zonas periglaciares. También se denomina gelivación y crioclastismo. El agua al congelarse aumenta su volumen y la roca se rompe cuando se supera la resistencia a la tensión. Si el agua se congela en un espacio confinada se ejercerán presiones (incluso superior a 14 kg / cm<sup>2</sup>) sobre la roca encajante. Sin embargo, la acción de la helada nunca es totalmente confinada, ya que el agua al helarse en una grieta puede extruir y sólo parte de la expansión se utiliza en disgregar la roca.

La ruptura produce clastos angulosos o gelifractos, pero también tiene lugar una desintegración granular. La rotura mecánica de las rocas es un importante agente geomorfológico, como lo indican los campos de bloques existentes sobre superficies aplanadas y los potentes y extensas acumulaciones de gelifractos en las laderas de los valles andinos.

El máximo efecto de la crioclastía se produce en primavera, cuando el agua resultante de la fusión nival penetra en las grietas y se congela con posterioridad. La continua producción de gelifractos trae consigo el retroceso de las paredes rocosas, que según experiencias de campo varía entre 0,3 mm/ año en Spitsbergen y 2,5 mm/ año en los Alpes suizos (GUTIERREZ ELORZA, 2001).

La efectividad de la gelifración depende del contenido de agua y del tipo de roca. Las rocas ígneas experimentan una menor desintegración que las pizarras. Esto está en relación con las características estructurales, fundamentalmente, con la densidad de planos de fisibilidad del macizo rocoso; en el caso de sedimentos la crioclastía depende de la porosidad. Aunque las partículas generadas por este proceso son principalmente de gran tamaño (macrogelifración), también pueden originarse otras de fracción arcilla (microgelifración), como lo indican experiencias de laboratorio en cámaras climáticas (GUILLIEN y LAUTRIDOU, 1970 in GUTIERREZ ELORZA).

Los gelifractos producidos son, por lo general, sanos y frescos, a menos que hayan sido afectados previamente por una alteración de tipo hidrotermal. En efecto, como el agua se encuentra en estado sólido, excepto en las etapas de deshielo, la actuación de la meteorización química es por lo general reducida. A esto hay que añadir que las velocidades de las reacciones químicas se hacen más lentas a temperaturas más bajas.

Productos periglaciares: materiales y formas De PEDRAZA (1996) establece que, en su mayoría, la erosión periglacial se limita a “remodelar morfologías previas” y el transporte no pasa de ser una removilización, a veces mínima y transitoria; por tanto, las acumulaciones originadas en estos procesos no pueden calificarse estrictamente como sedimentos.

Debido a lo anterior, los productos derivados de la actividad periglacial son difícilmente encuadrables dentro del esquema general que se sigue para los restantes procesos exógenos, es decir, clasificando las formas según acciones erosivas, sedimentarias o mixtas. Una alternativa al describirlos consiste en agregar como formaciones superficiales toda acción de removilización y desplazamiento o similar e, igualmente, todo lo que conlleve vaciado, arranque o desgaste, abordarlo desde la perspectiva genérica de un modelado.

***Formaciones sobre la superficie del suelo***

Son formaciones alóctonas o para-alóctonas; se generan en la zona de contacto directo entre el ambiente atmosférico y el suelo, por lo cual responden instantáneamente a las variaciones ambientales o meteorológicas y pueden asociarse a otras acciones elementales no estrictamente periglaciares.

Al margen de las formaciones de detritos periglaciares de ladera, glaciares coluviales periglaciares o canchales o pedreras (como se denomina en España), conos de escombros o de derrubios periglaciares, las formaciones más características y llamativas son los glaciares de roca.