

*Evaluación de las falencias detectadas en el Informe Impacto Ambiental elaborado para el
Proyecto Veladero, Cordillera de San Juan, Argentina*

GLOSARIO DE TÉRMINOS QUE DESCRIBEN UNA RESERVA HÍDRICA EN ESTADO SÓLIDO, MENCIONADA EN ESTE TEXTO:

- **Criósfera**: conjunto de depósitos de agua al estado sólido (hielo) superficiales y subsuperficiales (criosférico: adjetivo referido a la criósfera)
- **Glaciar**: masa de hielo permanente que presenta un movimiento perceptible.
 - **Glaciar descubierto**: glaciar en donde el hielo es visible en su superficie.
 - **Glaciar cubierto**: glaciar protegido por una capa de detritos superficiales, cuyo espesor varía desde pocos centímetros a 2-3 metros de espesor.
 - **Glaciar de roca**: (también denominado Glaciar de escombros, o de detritos) glaciar en donde el hielo se encuentra mezclado con detrito. Es a veces descrito como permafrost de montaña, pero a diferencia del permafrost s.s., éste se mueve, y presenta estructuras fluidales que lo demuestran.
- **Permafrost**: capa de suelo permanentemente congelada (**frost**: congelado, **perma**: permanente), se asocia con una capa activa superior.
- **Capa Activa**: es la capa superior del permafrost que se descongela anualmente y recongela en invierno.

Fuente: Corte (1995) Geocriología, el frío en la tierra. Ediciones Culturales de Mendoza, 398 pp.

RESUMEN DE LOS TEMAS PRINCIPALES TRATADOS EN ESTE INFORME:

1. Ocultamiento o ignorancia acerca de la extensión real de los recursos hídricos en el área del Proyecto Veladero.

De la revisión del Informe de Impacto Ambiental se desprende que no se le ha dado casi ninguna importancia a las reservas hídricas criosféricas (o sea, en estado sólido) presente en el área del proyecto. Solo se hace una escueta mención de **dos líneas** en el apartado de geología (ver ítem I.6.2.1. de este informe) y de **dos párrafos** en la sección hidrología. Para un informe de más de 500 paginas, 60 láminas y más de 150 gráficos, es claro que se ha desatendido este importante ítem, dado que los glaciares **están en el área del proyecto**.

2. Probabilidad de que las reservas hídricas criosféricas (glaciares y otros cuerpos de hielo) sean afectadas directa e indirectamente por las operaciones en el Proyecto Veladero.

Dado que los glaciares han sido virtualmente ignorados en la parte descriptiva del informe de impacto ambiental, poco puede conocerse del efecto de las operaciones mineras sobre ellos, a partir de lo descrito en el Informe de Impacto Ambiental (IIA). Estas reservas se van reponiendo y agotando debido a las precipitaciones y al equilibrio térmico del lugar. Un simple cambio de medio grado centígrado en la temperatura promedio del lugar puede causar la desaparición de gran parte de las mismas ya que la isoterma de 0°C se sitúa casi en el área del proyecto. El gradiente térmico es aproximadamente 1°C cada 180 m, por ello medio grado de ascenso elevaría la altura mínima de la ocurrencia de los suelos congelados (permafrost) en casi 100 metros de altitud. Al pasar de estado sólido (hielo) a líquido, el agua simplemente fluiría por el medio poroso que la contenía y dejaría de constituir una "reserva hídrica". No se hace ninguna mención del **efecto de esta mega-operación en este equilibrio térmico del área (ver ítem I.8)**.

El segundo punto de gran importancia es que como se ignoran las reservas hídricas criosféricas tales como glaciares cubiertos, glaciares de roca y permafrost, no se informa del **efecto directo de las operaciones sobre ellas**. Nuestro estudio de las mismas, que se detalla a continuación, demuestra una gran cantidad de este tipo de reservas no mencionadas, algunas de las que serán afectadas directamente por las operaciones mineras. Un caso directo lo demuestra la locación de la Escombrera Norte, parcialmente sobre un Glaciar de Roca. También la escombrera Sur, que engrana con la planta de Lixiviación están en relación a Glaciares de Roca pequeños, demostrando la existencia de permafrost cuyo equilibrio térmico y existencia va a ser modificada permanentemente. Estas simples cuestiones físicas, que involucran tanto la manipulación y afectación directa de este tipo de reservas hídricas, como los efectos indirectos de las operaciones como el efecto de los cambios termales en permafrost y glaciares de rocas, *ha sido completamente ignorado*. Demás esta decir que cualquier profesional sabe que muchas de las reacciones químicas involucradas en el proceso del mineral, liberan calor (particularmente al agregar el álcali al agua cianurada) y en este caso se está hablando de atacar químicamente un volumen de roca equivalente a una montaña entera. Nótese que estas observaciones no tienen en cuenta para nada el efecto de las operaciones en la calidad del agua del lugar, que sin duda alguna será afectada a pesar de lo que se dice.

Dado que los profesionales que analizaron el ciclo del agua no tuvieron en cuenta que se trata de una región criogénica, sin temor a equivocarnos, estimamos que también este ítem del IIA

de Veladero debe ser re-evaluado por profesionales autorizados para manejos hídricos en este tipo de terreno, en donde el agua cambia de fase numerosas veces. Nótese que se trata de una región hiper-árida (44 mm anuales promedio de precipitación), que caracteriza justamente, un área crítica en lo que se refiere a provisión de agua.

3. Valoración de las reservas hídricas en juego

Se brinda una estimación de los probables volúmenes de agua en forma de reserva criosférica en el Area de Veladero, dato que puede ser útil para darle una valoración estimada a estas reservas considerando la calidad del agua en juego, ponderándola por su cantidad o volumen aproximado. Se habla de calidad del agua, ya que el agua de un glaciar descubierto es una de las pura del planeta, ya que no ha sido "contaminada" naturalmente por tránsito en contacto a roca o suelo que le agregan rápidamente su contenido iónico natural.

La ponderación de volumen se debe hacer mediante estudios geofísicos detallados, los que involucran una larga labor de detalle en campo. Para efectuar la ponderación de las reservas hídricas de Veladero, se utilizaron datos de estudios en glaciares compatibles a los de Veladero, efectuados en la vecina cuenca del Arroyo de Agua Negra. Para tener una idea previa de los posibles volúmenes de agua involucrados en estos cuerpos se brindan los siguientes datos:

Glaciar típico del área (mediano a chico): Glaciar de Agua Negra (estudiado por: Milana y Maturano, 1999): tiene un volumen de $19,7 \times 10^6$ m³: 19,7 mil millones de litros

Glaciar de Roca típico del área: G.R. El Paso (estudiado por Croce y Milana, 2003): 6.3×10^6 m³: 6,3 mil millones de litros.

4. Otros aspectos del Informe de Impacto Ambiental del Proy. Veladero, que evidencian su mala elaboración.

El análisis del ciclo del agua en todo este informe es totalmente deficiente ya que no tiene en cuenta que la mayor parte del terreno en el área se encuentra en zona de permafrost como se documenta en este informe (y que hoy mismo puede ser probado por testigos oculares de lo mismo). Los cuerpos de hielo subsuperficiales, modifican y regulan los patrones de circulación del agua, tanto superficial como subterránea. Por ejemplo, es claro que la mayor parte del caudal generado por los glaciares de la Cuenca del Arroyo Potrerillos circula por el subsuelo (probablemente por debajo de los cuerpos de permafrost, como lo hemos comprobado en otros lugares) y ese agua aflora preferencialmente en las vegas de dicho arroyo, y donde se ha ubicado la planta de

lixiviación. Por mas que se haga un canal de derivación, la mayoría del caudal de esta cuenca será afectado y no se dice en que forma. Nótese que si las vegas están en ese lugar, es por el simple hecho de que al agua de fusión (única fuente de agua en este lugar) aflora justamente allí. Esta falta de análisis profundo, e ignorancia de procesos típicos de una región criogénica habla de la negligencia o quizás mala intencionalidad de la empresa, y en ambos casos se verán afectadas seriamente los recursos hídricos y será seriamente afectada la población. El movimiento económico del agro en San Juan es de aprox. 800 millones de USD...

5. Valoración de los especialistas que estudiaron los aspectos medulares del proyecto.

Se observó una falta notable de especialistas con capacidad para valorar el impacto de las actividades en los recursos hídricos en esta región geocriogénica, dado que no se incluyó ningún especialista en glaciares, y particularmente en el tipo de los que hay en el área que no son los tradicionales. Cabe denotar que el plantel de Knight Piésold contó con 7 ingenieros, 2 Licenciados en Ciencias ambientales, 1 geoquímico, 2 biólogos 1 abogado y sólo 4 geólogos, siendo dos de ellos de la empresa minera (Minera Argentina Gold), por lo que naturalmente no son especialistas en cuestiones ambientales. Esto podría resultar de contratar una firma chilena, y no de especialistas locales, que probablemente hubieran entendido mucho más de los problemas relacionados con los recursos hídricos criosféricos de esta región, y además se hubieran preocupado un poco por proteger el medio ambiente de su propio país. A nadie se le ocurriría confiar en una empresa extranjera la protección ambiental de un área de frontera Argentina, si el proceso de destrucción ambiental e hídrica de este proyecto podría resultar beneficioso comercialmente para su propio país.

Ninguno de los especialistas es reconocido en problemáticas hídricas de alta montaña y menos en el manejo ambiental de zonas criogénicas. Peor aún, no se contó con especialistas en glaciares. Como resultado, la sección del informe acerca del ciclo del agua y de las reservas hídricas reales (ver pto. I.5) es completamente errónea.

Esta falta de especialistas adecuados para una correcta valoración del ciclo del agua en la zona, y de las reservas hídricas que serán afectadas, se observa a lo largo de todo el IIA de Knight Piésold, en donde por ignorancia o intencionalidad oculta, se afirma que el impacto es mínimo, únicamente en el paisaje, lo cual es aceptable ya que está alejado de las poblaciones y se accede por un camino que solía ser público pero ahora está bajo el total control de Barrik y sus empresas subsidiarias

DESARROLLO DEL INFORME:

LAS RESERVAS HÍDRICAS OCULTAS DE VELADERO

INDICE DE CONTENIDOS

I.1. EL AGUA EN SAN JUAN

- A. El valor estratégico del agua
- B. El agua en San Juan

I.2. QUÉ ES EL CAUDAL BASE DE UN RÍO, Y DE UNO DE SAN JUAN?

I.3. EFECTO DE LAS SURGENTES, VERTIENTES Y VEGAS EN EL CAUDAL BASE DE RÍOS DE DESHIELO

I.4. IMPORTANCIA Y EFECTO REGULADOR DE LOS GLACIARES EN EL CAUDAL DE BASE .

Tabla 1: Importancia de la contribución de cuencas con glaciares durante emergencias hídricas

I.5. EL CICLO DEL AGUA EN EL PROYECTO VELADERO.

- I.5.1. Mención en el Informe de Impacto Ambiental.
- I.5.2. Análisis de la información brindada en el IIA:
- I.5.3. Análisis real del problema y re-definiciones

- A. Caudal de base anual: se produce por la fusión subyacente de cuerpos de hielo
- B. Caudal de base estival: Hasta en los años más secos (con ausencia total de nieve

I.6. RESERVAS HIDRICAS LOCALES Y SU MENCIÓN EN EL IIA DE VELADERO

I.6.1. Reservas hídricas en cuerpos de suelo congelado y glaciares de roca

I.6.1.2. Mención en el Informe de Impacto Ambiental.

I.6.1.3. Análisis real del problema y re-definiciones

- A. Glaciar de roca de valle: Al igual que los glaciares tradicionales, estos glaciares de roca
- B. Glaciar de roca de circo: A diferencia del anterior, estos cuerpos se suelen situar en
- C. Glaciar de roca de talud: Estos glaciares no son tan típicos como los anteriores y se
- D. Glaciares de roca inactivos: Estos cuerpos muestran las morfologías anteriormente
- D. Permafrost y suelos congelados: En muchos casos se puede observar características

I.6.2. Reservas hidricas en cuerpos de hielo, o glaciares tradicionales.

I.6.2.1. Mención en el Informe de Impacto Ambiental.

- A. Primer mención en el IIA
 - Comentarios
- B. Segunda mención en el IIA
 - Comentarios

I.6.2.2. Análisis real del problema: La importancia de los glaciares descubiertos en el área de Veladero

I.7. METODOLOGÍA DE VALORACIÓN DE LAS RESERVAS

I.7.1. Generalidades

I.7.2. Glaciares Descubiertos

A. Características Generales y Particulares

B. Estimación de volúmenes de agua

I.7.3. Glaciares de Roca y otras formas de Permafrost

A. Características Generales y Particulares

B. Estimación de volúmenes de agua

I.7.4. Permafrost

I.8. FACTORES QUE ALTERARÁN LOS DIFERENTES CUERPOS DE HIELO (Y POR ELLO EL EQUILIBRIO HIDROLÓGICO DE LA REGIÓN):

A. Alteración mecánica de los mismos:

B. Alteración del régimen termal del SUELO:

C. Alteración del régimen termal del AREA:

C.1: Procesos químicos exotérmicos en el SLV:

C.2: Utilización de combustibles fósiles:

C.3. Construcciones civiles:

Tabla 2: Información detallada de los Glaciares Descubiertos de Veladero

Tabla 3: Información detallada de los Glaciares de Roca y Permafrost de Veladero

MAPA 1: Ubicación de los glaciares detallados en tabla 2 y 3.

ANEXO DE AEROFOTOS PROBATORIAS

OTROS ANEXOS

- Curriculum Vitae del autor de este informe

- Publicaciones científicas del autor relacionadas a estos temas

I.1. EL AGUA EN SAN JUAN

A. El valor estratégico del agua

Es casi redundante hablar acerca de la importancia del agua. Para ahorrar palabras al respecto, se ha adosado como documento informativo un artículo publicado por Argenpress en el diario El Independiente para subrayar la importancia de este bien. Como lo indica este artículo, en las últimas cumbres internacionales, se ha convenido que el agua es un derecho del hombre y no una necesidad. Esto sienta las bases jurídicas del comercio del agua: un derecho se puede comprar, una necesidad no. Sin embargo, el agua sí es una necesidad, tal como el aire. El ser humano es mas del 90% de agua, y en general se deshidrata rápidamente lo que conduce a la muerte si no se repone esta agua perdida.

Esta mezcla entre capitalismo y necesidad no augura buenas perspectivas, y todos los economistas e investigadores geopolíticos nos lo auguran que este siglo será el de la crisis del agua, así como el anterior fue el de la crisis del petróleo, sino que hasta vaticinan que las guerras futuras serán muy relacionadas a la posesión de reservas hídricas. Y es así como se domina a los pueblos, mediante la necesidad. Por ello es importantísimo valorar este recurso adecuadamente y recordar que una vez que se ensucia, el mismo es muy difícil de recuperar.

B. El agua en San Juan

No importa que todos sepamos que el agua es una necesidad, hoy parece que se da por sentado que el agua nos sobra, y ha pasado a ser simplemente un bien comerciable. Quizás eso es cierto en las regiones húmedas del planeta pero ello no ocurre en San Juan, en donde el balance hídrico a lo largo de toda la provincia es marcadamente negativo. Esto quiere decir que la capacidad de pérdida de agua por evaporación o evapotranspiración supera ampliamente la cantidad de agua precipitada en forma líquida o sólida. Por suerte, la naturaleza es sabia, y permite que la misma, a pesar de este régimen negativo, se acumule en diferentes formas, componiendo reservas hídricas fundamentales para casos de necesidad como durante sequías.

Estas reservas de agua que en regiones húmedas pueden ser lagos, en las zonas agropecuarias de San Juan son en general los importantes volúmenes de agua subterránea. A estas reservas se le suma la presencia de ríos estables que aportan su cuota de agua al sistema socioeconómico de la región. Sin embargo, estas reservas subterráneas no se forman por agua de lluvia debido al balance negativo mencionado. Su generación es debida a la infiltración de la escorrentía fluvial a través del cauce permeable de los dos ríos principales de la provincia; el San Juan y el Jáchal. Sin embargo, ¿quiénes son los responsables de mantener el caudal de estos ríos?

I.2. QUÉ ES EL CAUDAL BASE DE UN RÍO Y PARTICULARMENTE DE UNO DE SAN JUAN?

La mejor respuesta a esta pregunta nos la da el hidrograma del Río San Juan, que se ha obtenido gracias a casi 100 años de medición diaria (Fig. 1), permitidas por el aporte de todos

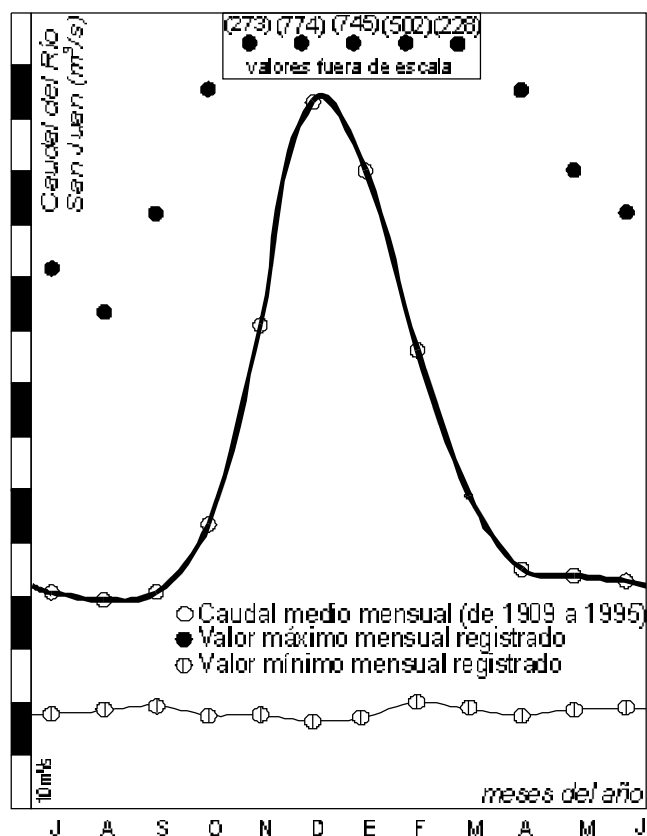


Fig. 1: Hidrograma del Río San Juan, y valores mensuales máximos y mínimos registrados desde 1909. Nótese que los mínimos son muy regulares, señalando un caudal de base en sequías (aporte glaciar).

nosotros. En este hidrograma se observa que a pesar de los frecuentes picos estivales, el caudal nunca descende de un valor mínimo de aproximadamente 18 m³/seg. No importa la intensidad de la sequía que se haya registrado en san Juan, nunca la media mensual de descarga descendió por debajo de esta cifra que si bien es bastante baja para el volumen de movimiento de San Juan, es aún suficiente para afrontar las emergencias hídricas debido a las reservas de agua subterránea. Este caudal que parece estar asegurado en un río, fruto de la medición de su caudal a la largod e diferentes escenarios climáticos y ambientales es lo que se denomina "caudal de base". Para manejar este citado caudal es entonces fundamental conocer cuales son los factores responsables del mantenimiento

del mismo. Los autores del IIA de Veladero, aseguran que el mismo es producido por surgentes y vertientes (en general asociados a vegas debido a que es allí donde crecen principalmente pasturas verdes), alimentadas por agua de infiltración producto de precipitaciones nivales o lluvia (a pesar de que se habla que las mismas son bastante raras).

I.3. EFECTO DE LAS SURGENTES, VERTIENTES Y VEGAS EN EL CAUDAL BASE DE RÍOS DE DESHIELO

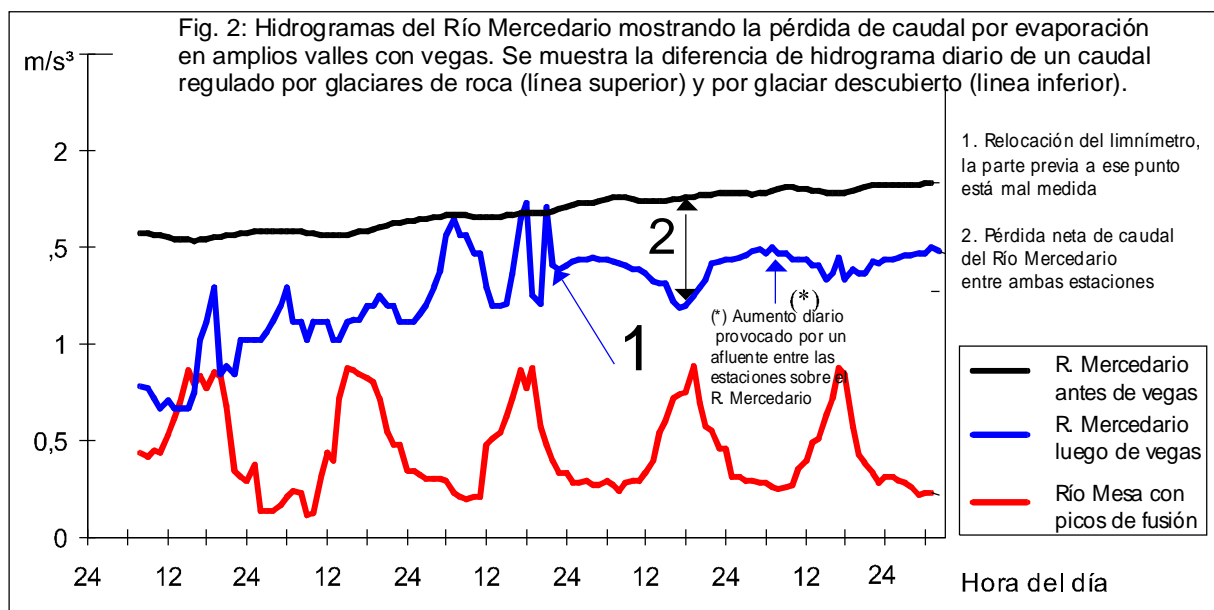
Entender la razón de quien es el responsable del caudal base es la clave para explicar porqué, aún durante las sequías más graves, los ríos de deshielo de San Juan han podido mantener su caudal de base, permitiendo surtir los valles económicamente activos, de agua y recargar los acuíferos de forma permanente, que de otra forma se salinizarían irremediablemente como ocurre en

otras zonas hidrogeológicas de San Juan no conectadas a estos ríos principales (súmele el Río Huaco).

La respuesta normalmente provista por la mayoría de los profesionales que han trabajado en relación a recursos hídricos ha sido siempre la misma: La Cordillera es una especie de "esponja", y absorbe mucha agua durante los años nivales y la brinda durante los años secos. Esta teoría es muy linda pero nadie se ha puesto a medir datos y comprobarla, ya que salvo las compañías mineras y los turistas, son pocos los que se atreven a recolectar datos hídricos del corazón de la Cordillera.

Uno de los objetivos del grupo de trabajo de glacio-hidrología que lidero en la UNSJ fue tratar de medir y cuantificar este "efecto esponja". En realidad, este efecto "esponja" (denominación en lenguaje común), se refiere al vaciamiento de acuíferos o reservorios de agua en terrenos permeables, que existen en los amplios valles cordilleranos y que drenan a través de las conocidas "vegas" que alcanzan en algunos de estos valles una gran extensión. Una de estos amplios valles verdes, el Valle de Los Patos Sur, sirvió de modelo para comprobar que en vez de aportar agua, estas famosas vegas desgastan el recurso hídrico básico. Esto se debe a que estas grandes extensiones con pasturas de altura, contribuyen a la pérdida del recurso por una combinación de evaporación y evapotranspiración (evaporación por transpiración de las plantas, que aumenta en la altura).

La mayoría de los Valles Cordilleranos, parecen cumplir con este proceso (Los Patos Sur, Valle Hermoso, del Río Volcán, y Mercedario). El estudio de detalle comprendió solo el Valle del Río Mercedario, el que fue estudiado mediante aforos de precisión durante el Enero de 1997 (año de emergencia hídrica). Allí se comprobó una pérdida del 30% del caudal del Río Mercedario (de 1,7



m³/s a 1,36 m³/s, Fig. 2) entre el ingreso del Río Mercedario a su amplio valle aluvial, y el egreso del mismo, unos 18 km aguas abajo. Ambos puntos de aforo se situaron en áreas con roca aflorante, lo que garantiza un mínimo de tránsito de caudal por el aluvión permeable.

Lo más importante a tener en cuenta es que el caudal de entrada a este amplio valle de 1,7 m³/s estaba generado exclusivamente por derretimiento de hielo glaciar, ya que no hubo casi nada de precipitación nívea estacional. Ese mismo verano, el arroyo que proveía el agua al puesto de Gendarmería Nacional Alvarez Condarco prácticamente se agotó, y se tuvo que recurrir al transporte de agua desde Barreal. Este arroyo, alimentado de forma similar a las "vegas", muestra que durante las sequías este recurso tiende a desaparecer o causar efectos negativos.

I.4. IMPORTANCIA Y EFECTO REGULADOR DE LOS GLACIARES EN EL CAUDAL DE BASE .

Las mediciones mencionadas antes demostraron que el caudal de base de los ríos cordilleranos no tiene nada que ver con las "surgentes y vertientes", como quieren hacer creer la empresa chilena que elaboró el Inf. de Impacto Ambiental de Veladero. Aún así, no se explica bien porqué no disminuye más el caudal del Río San Juan aun durante las sequías más feroces. Y es aquí cuando ocurre uno de los fenómenos que favorece más a los sanjuaninos: **los glaciares se comportan inversamente respecto a las sequías**. Dicho en otras palabras, cuanto mayor es la sequía y menos nieve ha caído durante el invierno, el glaciar entrega una cuota mayor de agua, nivelando entonces la mengua en las famosas "surgentes y vertientes". Este fenómeno, que hemos podido medir y cuantificar, está relacionado a complejos intercambios de energía en la superficie del glaciar, y mantiene el caudal base del Río San Juan sin que disminuya a valores críticos.

El concepto básico de este comportamiento regulador hídrico de los glaciares se relaciona a como éste se adapta a la absorción de energía solar. Durante años menos nevadores la superficie del glaciares más oscura y más sucia debido a que queda expuesto el hielo más viejo y con más tierra y fragmentos de rocas dispersos, y tienen más capacidad de absorber el "calor" solar y convertir el hielo en agua. Este es el mismo principio por el cual, las vestimentas negras se calientan más bajo el sol que las blancas. A diferencia de las vestimentas, el hielo no se puede calentar por encima de 0°C, por lo que esa energía se utiliza para derretir hielo y producir agua. Si se quiere corroborar este comportamiento, basta poner al sol dos cubos de hielo, y esparcir un poco de polvo oscuro o tierra sobre uno de ellos, y ver cual se derrite más rápido.

En un glaciar, esto no es tan fácil de comprobar ya que los intercambios de energía en la superficie de un glaciar son bastante más complejos que lo que se indica, y además el agua generada

fluye debido a la pendiente y generalmente se introduce hasta la base del glaciar a lo largo de grietas. Sin embargo, para tipificar este comportamiento, se efectuaron mediciones detalladas de caudal en el Río Colorado (afluente del Río Blanco y luego del Río de Los Patos), que probablemente es la cuenca hídrica con la mayor concentración de glaciares en San Juan.

El caudal de esta cuenca fue estudiado durante años de alto déficit hídrico, intermedio y superávit hídrico, durante los primeros días de Marzo, y los resultados se resumen en la Tabla 1. En la misma se observa que, mientras la producción hídrica de todas las cuencas nivales (básicamente las que alimentan al Río San Juan durante años normales) disminuyó notablemente, durante la emergencia hídrica, la Cuenca del Río Colorado aumentó notablemente su producción hídrica. Nótese que se dan valores de mínimas y máximas que corresponden a los picos y valles de la curva de caudal ese río que responden a los picos de fusión diaria (Figura 3). Durante el año de sequía, los picos fueron mucho mayores respecto a la mínima debido al efecto del glaciar más oscuro que absorbe mas energía. Vemos así que durante la emergencia hídrica de 1997, una cuenca con solo 68 km² producía un quinto del agua colectada por el Río San Juan, con una cuenca de 20.000 km², o sea casi 300 veces mas extensa.

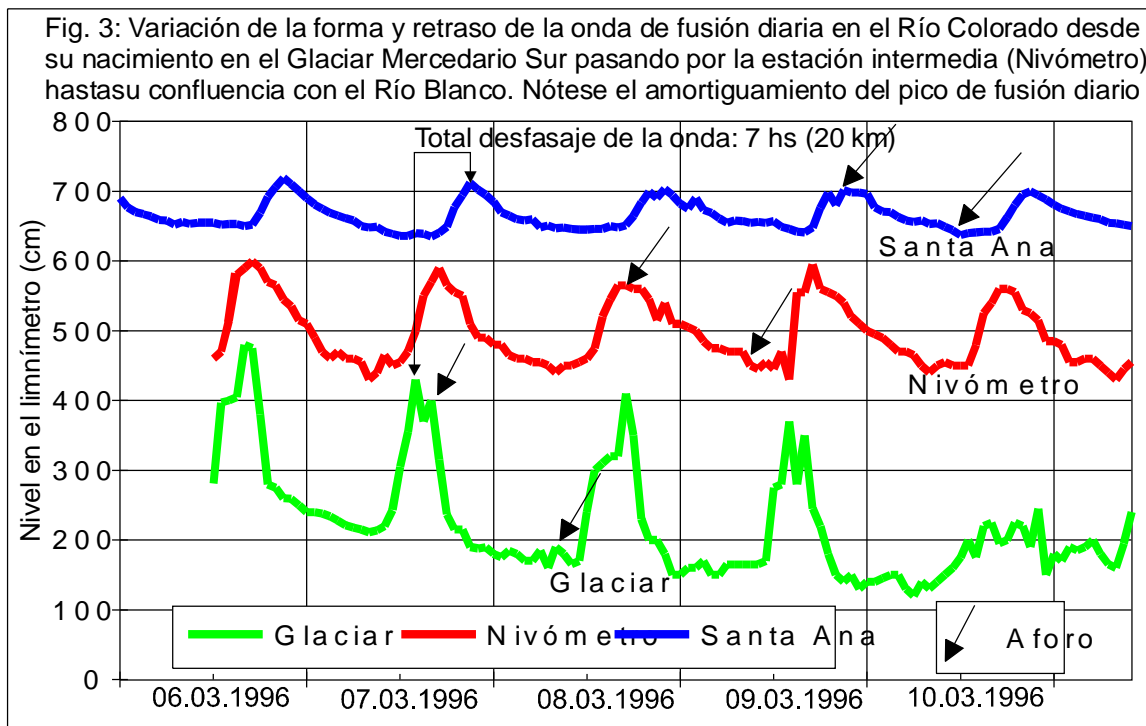


Tabla 1: Importancia de la contribución de cuencas con glaciares durante emergencias hídricas

AÑO (marzo)	Caudal Río San Juan 20.000 km ²	Variación	Río Colorado Aforo Nivómetro 68 km ² *	Variación	Rendimiento* Río Colorado vs. San Juan	Contribución de la cuenca	Situación hídrica en los oasis
1996	30 m ³ /s		MEDIA: 1,95 m ³ /s mínima: 1,84 m ³ /s máxima: 2,27 m ³ /s		19,11	6,5 %	Sequía Moderada
1997	22 m ³ /s	- 27 %	MEDIA: 4,20 m ³ /s mínima: 3,28 m ³ /s máxima: 5,19 m ³ /s	+ 78 % + 129 % + 115 %	56,15	19,1 %	Emergencia Hídrica
1998	233 m ³ /s	+676 %	MEDIA: 3,05 m ³ /s mínima: 2,89 m ³ /s máxima: 3,33 m ³ /s	+ 57 % + 47 % + 56 %	3,85	1,3 %	Superavit Hídrico e Inundaciones

* El rendimiento indica cuantas veces más agua produce esta cuenca en relación a la producción promedio.

Esto demuestra que muchas veces hay mecanismos naturales que entran en juego para evitar crisis mayores. En este caso, y aunque el sanjuanino promedio no lo sabe, gran parte de la intensa actividad económica agropecuaria e industrial sanjuanina es permitida gracias a la presencia de estas reservas hídricas que se encargan no solo de seguir aportando su cuota en ausencia de los recursos nivales sino que además, la aumentan para evitar una sequía catastrófica.

Por esto, el valor de los glaciares es doble: además de ser una importante reserva hídrica que mantiene el caudal de base de nuestros ríos más importantes es también un elemento de regulación de crisis hídricas, aportando más caudal durante las mismas.

Es claro que durante estos años de sequías los glaciares se desgastan más que lo normal, pero por suerte durante los años con mayores nevadas pueden recuperar su masa perdida, de forma tal de conformar reservas hídricas permanentes. Existe un retroceso y una merma natural de este recurso, comprobado en varios glaciares de nuestra provincia y de Mendoza, pero la misma es aún lenta, aunque se teme que la intervención antrópica desencadene un efecto devastador en estos frágiles sistemas naturales

I.5. EL CICLO DEL AGUA EN EL PROYECTO VELADERO.

I.5.1. Mención en el Informe de Impacto Ambiental.

En el IIA del Proyecto Veladero se habla del ciclo del agua en el siguiente ítem:

- 2. Descripción del Ambiente
 - 2.4. Hidrología e Hidrogeología
 - 2.4.1. Caracterización de los cuerpos de Aguas superficiales y subsuperficiales
 - 2.4.1.1. Descripción de las Cuencas

subtítulo: "Corrientes de agua" (Pag. 2-46)

"La precipitación en la región de Veladero se produce **fundamentalmente** en forma de **nieve**. El derretimiento de nieve es el **proceso principal** que afecta el régimen de agua superficial, a pesar de que se han documentado eventos de lluvia a finales de otoño y comienzos de primavera. Además las corrientes y ríos en la región de Veladero se encuentran en continuidad hidráulica con los depósitos aluviales. La **interacción entre el agua subterránea en los sedimentos aluviales** y el agua de la superficie en los cursos de agua tiene una influencia significativa en las tasas de caudal de las corrientes."

"El caudal de las corrientes y ríos en el área del Proyecto proviene de las siguientes fuentes:"

1. "Esguerrimiento por derretimiento de nieve-agua que se derrite de la nieve, adyacente a, o gradiente arriba del curso de agua cuando las temperaturas están por encima del punto de congelamiento."
2. "Caudal base-agua de lluvia o de derretimiento de nieve, que se filtra a los acuíferos del área y sigue un curso migratorio para emerger en o por encima de una corriente, incluye áreas donde los niveles de agua subterránea muestran gradientes hidráulicas ascendentes. Esas gradientes ascendentes pueden provocar la descarga de aguas subterráneas a las corrientes. Este proceso se evidencia en las vertientes, surgentes y vegas en el área del Proyecto, y en el caudal medido en las corrientes en los meses finales de verano y del invierno después de que el derretimiento de nieve se ha escurrido de las cuencas."
3. "Surgentes y vertientes"

(la numeración sustituye las viñetas en el IAA original)

I.5.2. Análisis de la información brindada en el IIA:

1. Esta es la única fuente hídrica real citada, pero es solo de tipo estacional, produce los picos de descarga a principios del verano. No está garantizada interanualmente, y puede ser una fuente hídrica casi nula durante años de sequías, las cuales pueden sucederse en años consecutivos.

2 y 3. En realidad en ambos puntos se describe el mismo proceso, el punto dos describe la dinámica de como se compone (según ellos) el caudal base, y el punto 3, describe los lugares a

través de los cuales dicho "caudal de base" pasa de flujo granular subterráneo a escorrentía superficial, a través de vegas, surgentes y vertientes.

Esto, además de demostrar que existe una necesidad de "inflar" la información que evidentemente no manejan bien, también demuestra una ignorancia acerca de como se maneja el ciclo del agua en una región geocriológica (véase Corte, 1995), en donde suceden frecuentes cambios de fase de agua a hielo y viceversa. En una región como la de Veladero, repleta de permafrost como lo hemos documentado, los sistemas son muy diferentes a lo descrito. En general los gradientes topográficos de la región son altos y el aluvión portante de agua presenta una alta permeabilidad media, por lo que los acuíferos suelen tener poco tiempo de retención media, y funcionan principalmente como medio de paso. Se puede considerar entonces el aporte de los acuíferos como un **caudal de base dependiente**, ya que es afectado notablemente con la variación climática interanual (precipitación nival), pero nunca como el "caudal de base" verdadero, ya que no los es. El caudal de base verdadero es generado por cuerpos cuya presencia es mucho más permanente. Durante años secos, los acuíferos mencionados se vacían rápidamente y las surgentes y vertientes tienden a secarse, habiendo numerosos ejemplos de esto. Las famosas vegas, que se sitúan en áreas de descarga, no solo tienden a secarse durante sequías, sino que desgastan al "caudal de base" que se menciona, como lo hemos documentado en este extenso informe (ver ítem.XXX.).

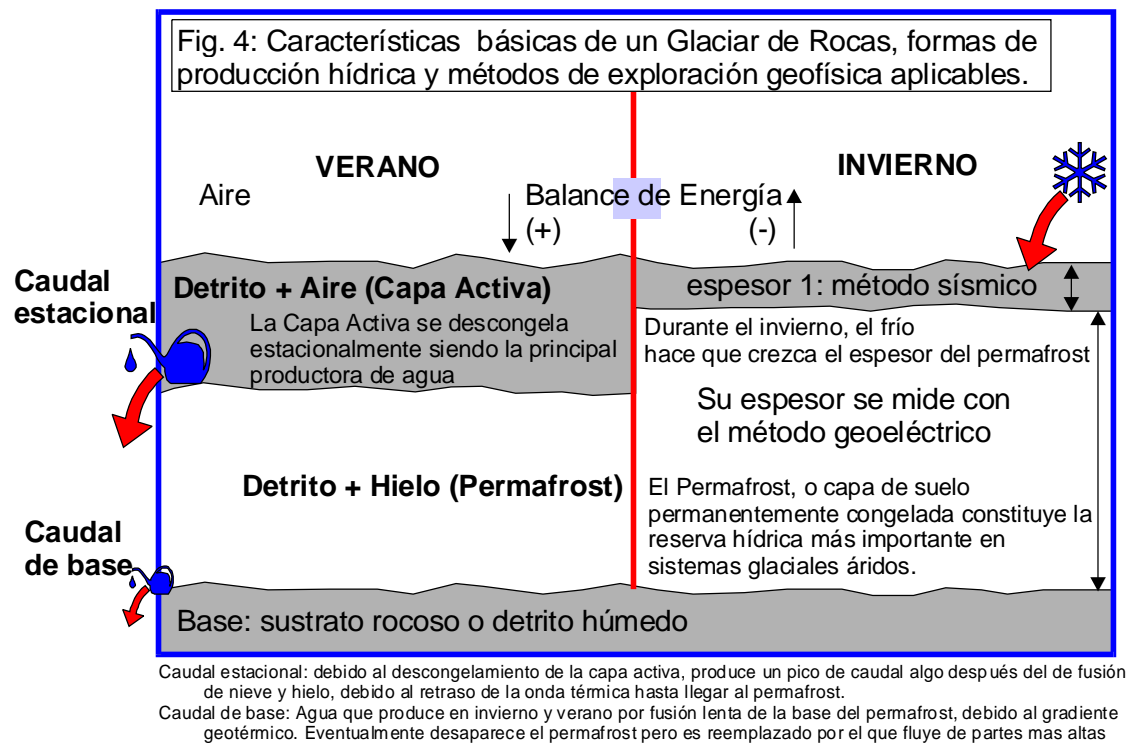
I.5.3. Análisis real del problema y re-definiciones

Redefinimos entonces los caudales de base del proyecto como:

A. **Caudal de base anual**: se produce por la fusión subyacente de cuerpos de hielo descubierto o cubierto (glaciares cubiertos, de roca y permafrost en general). El caudal generado por los glaciares tradicionales tiende a congelarse durante los meses fríos en su mayoría, al abandonar el sistema de drenaje subglacial. Esto es debido a que la temperatura media es muy baja y el agua generada no se halla protegida por la masa del glaciar. Al contrario, la descarga generada en glaciares de roca y cuerpos de permafrost estables tiende a llegar a la red de avenamiento debido a que se sitúan a alturas más bajas, y las temperaturas no causan su congelamiento masivo.

B. **Caudal de base estival**: Hasta en los años más secos (con ausencia total de nieve estacional) se observa un aumento de la descarga durante los meses estivales, debido a dos procesos básicos. El **primero** se refiere al descongelamiento estacional de la capa activa, o sea la parte superior de los cuerpos permanentemente congelados o "permafrost" (Fig. 4). El **segundo** se debe a fusión permanente en cuerpos de hielo descubierto. En muchos casos este caudal ingresa a los sistemas geocriogénicos (glaciares de roca, de talud y permafrost en general) ubicado a alturas

menores y entonces es regulado por la dinámica interna de los mismos (puede, por ejemplo congelarse si el régimen térmico del sistema lo permite). En general, en la cuenca del Río Jáchal, la dinámica del permafrost es más importante en la generación de caudales probado por el pico retrasado respecto al del Río San Jua, más influenciado por glaciares descubiertos. Esto indica la gran importancia de los glaciares de roca y cuerpos de permafrost en la cuenca hidrográfica y la generación del cuadal del Río Jáchal.



Nótese que en esta composición del caudal no se denota el efecto regulador de vertientes y surgentes. Como bien se dice, estas vertientes y surgentes son simplemente reguladoras, causando lo que se podría denominar como "**amortiguación**" de la curva de fusión diaria. Este fenómeno de amortiguación fue también evaluado en la Cuenca del Río Colorado, en la cual se pudo observar que los picos de fusión diaria van diluyéndose a medida que el álveo y subálveo (sección de conducción superficial y sección de conducción sub-superficial) intercambian agua por infiltración y re-surgencia. Este fenómeno ha sido medido y cuantificado para el Río Taguas en el IIA (sección Hidrología). Para ilustrar este amortiguamiento se incluyó la Fig. 3, que es parte de un informe de trabajo de un proyecto de investigación dirigido por el Dr. Milana que suscribe el presente informe.

I.6. RESERVAS HIDRICAS LOCALES Y SU MENCIÓN EN EL IIA DE VELADERO

I.6.1. Reservas hídricas en cuerpos de suelo congelado y glaciares de roca

I.6.1.2. Mención en el Informe de Impacto Ambiental.

En el IIA del Proyecto Veladero no se menciona en ningún momento este tipo de reservas hídricas

I.6.1.3. Análisis real del problema y re-definiciones

Como destacamos en el punto I.2 e I.4, ni los depósitos hidrogeológicos en el área del proyecto, ni sus áreas de descargas que son vegas, vertientes y surgentes pueden considerarse como reservas hídricas ni como constituyentes principales (aunque sí dependientes) del caudal de base de los ríos en el proyecto. Sí los son los cuerpos permanentes de hielo ampliamente distribuidos en la región. Estos cuerpos de hielo son frecuentemente alterados sin conocimiento de los que lo hacen debido a que en general existe una gran ignorancia acerca de la morfología, dinámica y función de los mismos. Para ejemplificar esto, deseamos mostrar como un glaciar de roca, en la cuenca del Arroyo Agua Negra ha sido seccionado transversalmente por el camino internacional, *sin que los ingenieros viales se hayan percatado de lo mismo* (Foto 1). Evidentemente, el lento movimiento de este glaciar hace que permanentemente se derrumben partes del mismo sobre el camino, lo cual es comentado por los maquinistas que mantienen este camino.



Foto 1:
Pequeño
glaciar de
roca
seccionado
por la ruta
internacio-
nal del paso
Agua negra

Por eso, la ignorancia, es el mayor enemigo que acecha en estas frágiles áreas. La ignorancia de saber que se está dañando irremediablemente un recurso hídrico, que no son demasiados en San Juan, es un gran peligro en las operaciones que se llevarán a cabo en Veladero. Podemos proveer testigos de que frecuentemente, durante la ejecución de caminos y durante la perforación de los

pozos de exploración en el Proyecto Veladero se encontraron con la sorpresa de que existe a nivel subsuperficial una formación muy dura que es mezcla de hielo y rocas, que no es otra cosa que parte de la reserva hídrica fundamental del lugar: **el permafrost**.

El permafrost se define como suelo permanentemente congelado. Ello no quiere decir que solamente su temperatura esté por debajo del los 0°C, sino que los fragmentos del suelo están ligados por agua al estado sólido, dándole características estructurales, físicas y geofísicas muy diferentes a la de un suelo frío. Entre ellas, es la capacidad de fluir plásticamente como lo hace el hielo mismo en los conocidos glaciares tradicionales. El permafrost se halla distribuido en el Proyecto Veladero en muy diferentes formas, y en general constituye una delgada capa presente en casi toda la región, debido a que el suelo granular presenta poco espesor en este tipo de terreno. Esta delgada capa no es tan importante hidrológicamente debido al escaso volumen que puede reunir. Sin embargo, las condiciones locales de topografía (generalmente valles cerrados que miran hacia el sur) y aporte de material granular suelto permiten que en algunos lugares se generen acumulaciones significativas de permafrost, las que son probadamente reservas hídricas mensurables y significativas. Estos cuerpos serán denominados genéricamente glaciares de roca, y han sido estudiados durante varios años por el grupo que lidero en la UNSJ. Una clasificación morfológica de los mismos fue recientemente publicada por Croce y Milana (2002) que los agrupa en Glaciares de roca de valle, de circo y de talud. Previamente, se ha utilizado una clasificación genética de los mismos (que para poder usarla se debe al menos hacer una perforación de ellos) que los divide en Glaciares de Roca criogénicos y glaciogénicos. Esta clasificación se basa en el conocimiento del proceso generados del glaciar de roca; un glaciar de roca glaciogénico es el producto de la modificación de un glaciar tradicional, debido a la progresiva mezcla del hielo con detritos que van introduciéndose al mismo al caer en grietas y que terminan tapando completamente el núcleo de hielo original. Estos cuerpos estarían formados por grandes acumulaciones de hielo masivo interno. Los Glaciares de Roca Criogénicos son los que se producen por la acumulación progresiva de hielo y detritos que suelen arribar a una zona topográficamente protegida por sucesivas avalanchas de nieve y rocas. la nieve pasa a hielo debido a compactación y rehielo, dado que está por encima de la isoterma de 0°C y la parte superior de los detritos la protege de su fusión por insolación directa. estas acumulaciones fluyen ladera abajo debido a la plasticidad del hielo.

Para este estudio preferimos utilizar una clasificación morfológica ya que la genética necesita de un estudio detallados (geofísico y de perforaciones) para su aplicación. A continuación se da una breve descripción de las variedades morfológicas y de sus características distintivas que fueron usadas para el mapeo de los mismos en las aerofotos estudiadas:

A. Glaciar de roca de valle: Al igual que los glaciares tradicionales, estos glaciares de roca se encuentran ocupando la zona axial de un valle, que en general es pequeño, debido a las dimensiones reducidas de estos cuerpos. La mayoría de los glaciares de roca glaciogénicos (aquellos cuyo origen se halla ligado a la presencia actual o pasada de un glaciar tradicional), son de este tipo, sugiriendo que son la última expresión del retroceso glacial en regiones áridas e hiperáridas (Milana et al., 1998). En la zona de Agua Negra, que cuenta con estudios de la estructura interna de estos cuerpos, el mejor ejemplo lo constituye el glaciar de roca El Paso. Dicho glaciar se ubica en la coordenada 30°13' S, 69°48' W, sobre la quebrada de Sarmiento, de dirección noreste-suroeste. Su relación longitud-ancho es de 3,6; con un largo de 1700m y un ancho promedio de 470m. Su área es 0,69 Km² y la base del mismo se encuentra a 4600m s.n.m, alcanzando su cota máxima a los 4950 m s.n.m. Las mediciones de distancia e inclinación realizadas del frente del glaciar, indican una inclinación media es 37°, alcanzando una altura máxima de 40m (verticales), disminuyendo a 10-15m hacia los costados del mismo. El frente del glaciar es la zona de mayor acumulación, ya que presenta los mayores espesores. Esto se debe a la acción de flujos gravitatorios, producto de movimientos internos del glaciar tratando de restablecer el equilibrio. Internamente muestra altas velocidades de las ondas sísmicas P, a veces superiores a los 3000 m/s lo que sugiere la existencia de núcleos de hielo masivo mezclados con detrito. El promedio de velocidades medidos en el permafrost puede ser utilizado para estimar la proporción de hielo en el permafrost que alcanzó un 55,7%, que supera el porcentaje máximo de hielo intersticial (~30%), sugiriendo su origen como transformación de un glaciar tradicional. El espesor de permafrost medido varió entre 5 y 15 metros, aumentando progresivamente con la altitud.

B. Glaciar de roca de circo: A diferencia del anterior, estos cuerpos se suelen situar en concavidades menores dentro de la red de drenaje, las que pueden ser cabeceras de valle, pero generalmente son pequeños circos presentes a los costados del valle principal, a veces simplemente formados por alguna gran masa de deslizamiento gravitatorio. La formación de estos glaciares de roca frecuentemente obstruye el drenaje fluvial del valle, a veces llegando a endicar completamente el drenaje (como el glaciar de roca San Lorenzo Sur) que en general prosigue en forma subterránea dada la gran porosidad subyacente de estos cuerpos, y a veces formando lagos temporarios durante los momentos de máximo derretimiento de nevés estacionales. Un ejemplo estudiado de este tipo de glaciares es el Dos Lenguas (Foto 2).



Foto 2: Glaciar de roca Dos Lenguas, fácilmente visible ya que se encuentra al costado del camino del paso Internacional de Agua negra. esta es uno de los pocos glaciares de roca cuyo espesor de hielo se conoce por estudios geofísicos.

Dicho glaciar, como su nombre lo indica, está formado por dos lóbulos, de dirección este-oeste y cae sobre la margen izquierda del Arroyo de Agua Negra. Su relación longitud-ancho es 3,15; su largo de 1450m, y su ancho promedio de 460m. La superficie ocupada por dicho glaciar es de 0,58Km², la base está en los 4250m s.n.m, siendo su altura máxima de 4650 m. La altura de su frente es mayor que la del glaciar El Paso y más empinado, con una inclinación aproximada de 40°. En dicho frente, también se observan marcas de flujos gravitacionales. Las mediciones de velocidades de ondas P mediante sísmica de refracción, y de profundidad de permafrost mediante geoelectrónica sugieren que son cuerpos que enmarcan menos cantidad de hielo. El promedio de velocidades sísmicas sugiere una concentración de hielo promedio de 30 a 40%, lo que habla de que puede ser intersticial sumado a una menor proporción de crecimiento desplazativo del mismo. El espesor de permafrost varía entre 3,5 m y 13 m aumentando altitudinalmente. El menor espesor medido en este glaciar de roca también puede reflejar su posición topográficamente menor al otro glaciar de roca medido (El Paso).

C. Glaciar de roca de talud: Estos glaciares no son tan típicos como los anteriores y se forman por la acumulación continua de suelo congelado que reptan progresivamente hasta el pie del talud del borde de un valle. Se los ha detectado en la mayoría de las márgenes de valles glacio-fluviales, en general por encima de los 4000m s.n.m. La presencia de áreas donde evidentemente hay más reptación, combinada con flujos típicos de sistemas coluviales de montaña, hacen que por coalescencia (fenómeno de situarse uno al lado del otro) se generen frentes continuos de este tipo de talud a lo largo de los bordes del valle, pero que muestran promontorios donde el aporte de material es mayor, y entrantes donde el aporte es menor. Estas geoformas, que claramente contienen permafrost (y de tal forma son reservas hídricas mensurables) son muy parecidas a morenas laterales dejadas por el retroceso de algún glaciar mayor, pero las características indicadas las hacen

inconfundibles, principalmente al estudiárselas a partir de aerofotografías. La pendiente del talud es menor que en los glaciares de roca activos, dado que el apilamiento de material en estos cuerpos es mas lento y permite que el mismo se degrade a medida que se acumula el material por reptación. Aún no se cuentan con datos cuantitativos de este tipo de reserva hídrica pero se asume una composición bastante similar a la de los glaciares de roca de talud.

D. Glaciares de roca inactivos: Estos cuerpos muestran las morfologías anteriormente descritas pero su talud frontal, que da una idea del nivel de actividad, se encuentra en general bastante degradado (Corte, 1988). Muchas veces se los encuentra en altitudes menores a la de los activos que en esta región comienzan a observarse a partir de los 4200 m. En tales casos se diferencian de los activos por no sobresalir tridimensionalmente sobre el relieve general, que en otras palabras se describe como "desinflados", debido a la desaparición parcial del núcleo de hielo que componía el permafrost. Sin embargo, también podemos ver este tipo de cuerpos a alturas similares a las de los glaciares activos, en donde al existencia de permafrost está asegurada. En tales casos, es probable que exista aún un núcleo de hielo pero debido al escaso aporte, el mismo se halle muy degradado, inhibiendo al sistema que fluya plásticamente como los glaciares activos. Por ello, se estima que no siempre que el glaciar de roca parezca inactivo, se puede concluir que no exista un núcleo de permafrost, por ello, se los ha mapeado también para el presente informe, indicándose su condición como se detalle en el ítem correspondiente.

D. Permafrost y suelos congelados: En muchos casos se puede observar características fluidales en el terreno, sin llegar a observarse el desarrollo de un glaciar de rocas que necesita un espesor de permafrost mínimo para deslizarse ladera abajo. Estas áreas mapeadas como permafrost sencillo, componen también reservas hídricas pero de menor significado que las anteriores. Como en todos los cuerpos ya citados, su estabilidad y permanencia dependen del balance termal de la zona. En los casos de suelos congelados fijos, las evidencias de ellos no se pueden detectar en aerofotogramas, salvo en casos muy especiales como en Alaska. Los suelos fijos o inmóviles, caracterizan los fondos de los valles, en donde la pendiente es escasa. La característica más evidente es que están ligados a congelamiento y descongelamiento estacional que produce polígonos de retracción térmica con segregación de los materiales clásticos gruesos hacia los bordes del polígono, tal como se halla descrito para otros suelos congelados (Corte, 1990). La existencia de estos suelos sugiere que debe existir una capa de permafrost en profundidad dadas las condiciones térmicas reinantes. El otro tipo son los suelos reptantes o semi-móviles, cuya característica principal es la generación de una estructura en surcos paralelos y equidistante, alineados en la dirección de la máxima pendiente. Estas estructuras se producen por una combinación de reptación y agrietamiento por contracción térmica (muchas veces descrito como solifluxión), generando líneas de flujo que

luego suelen ser utilizadas por el agua de fusión del permafrost. La existencia de estos tipos de suelos alerta sobre la presencia del conjunto capa activa - permafrost en terrenos más rocosos en donde la textura no permite la generación de las estructuras descritas por simple deformación plástica debido a la ausencia de arcillas que son las que favorecen dicho comportamiento.

I.6.2. Reservas hídricas en cuerpos de hielo, o glaciares tradicionales.

I.6.2.1. Mención en el Informe de Impacto Ambiental.

En el IIA del Proyecto Veladero se mencionan a los glaciares en dos secciones detalladas a continuación:

A. Primer mención en el IIA

2. Descripción del Ambiente

2.2. Geología

2.2.5. Geomorfología

subtítulo: Otras Geoformas:

- Glaciares: "Comprende las masas de hielo presentes en el área del mapa geomorfológico, aunque la mayoría de ellas no alcancen la dimensión de un verdadero glaciar"

Comentarios

Este es un comentario desafortunado ya que demuestra la ignorancia de los profesionales que elaboraron el IIA. Un glaciar no se mide por su tamaño sino por su régimen dinámico y permanencia temporal. Por otra parte ignoran la existencia de al menos tres principales tipos de glaciares ya descritos para la región de los Andes Cuyanos desde hace más de 30 años.

B. Segunda mención en el IIA

2. Descripción del Ambiente

2.4. Hidrología e Hidrogeología

2.4.1. Caracterización de los cuerpos de Aguas superficiales y subsuperficiales

2.4.1.1. Descripción de las Cuencas

subtítulo: **Glaciares**, Pag. 2-46.

"La presencia de glaciares es **importante** en las consideraciones de balance de agua de las cuencas de los Arroyos Canito, Turbio y de Los Amarillos. El caudal de las corrientes de aguas debajo de los glaciares es controlado por las tasas de deshielo del glaciar, particularmente durante los meses de verano. Esto genera picos e caudal en esas cuencas, que se producen más tarde en la temporada durante febrero o marzo, cuando la temperatura del aire se encuentra en su nivel más alto. Esto se contrapone a los picos de caudal que ocurren más temprano en la primavera durante octubre y noviembre, y que están dominados por el derretimiento de nieve. El detalle de glaciares en el área de estudio se incluye en el plano 2.7."

"En el límite del Río Potrerillos y Arroyo Canito se encuentra un pequeño glaciar. Más al norte se extienden dos glaciares mayores que avanzan sobre la cuenca del Arroyo Canito. El total del área glacial dentro de la cuenca del Arroyo Canito es de aproximadamente 1,68 km². La cuenca del arroyo Turbio, con un total de área glacial de aproximadamente 1,45 km², contiene dos glaciares. El menor se asienta sobre el límite internacional y el mayor se extiende hacia la cuenca del Arroyo de los Amarillos. La cuenca del Arroyo de los Amarillos contiene un pequeño glaciar de aproximadamente 0,61 km². Existen áreas más pequeñas de hielos permanentes a lo largo de las altas cumbres del área de estudio."

Comentarios

Nótese la incongruencia de este ítem con el anterior, mientras acá se habla de que los glaciares son importantes, en el punto anterior (2.2.5. Geomorfología) se señala que las masas de hielo no alcanzan siquiera la categoría de glaciar. Si bien el análisis es más que pobre, en estos dos párrafos, al menos mencionan brevemente un área mínima de glaciares, que según ellos totalizaría 3,74 km², la que según nuestro levantamiento puede ser mayor debido a que dos pequeños cuerpos de hielo no fueron mapeados (ver Mapa 1).

I.6.2.2. Análisis real del problema: La importancia de los glaciares descubiertos en el área de Veladero

Como bien lo subraya el IIA de Veladero, los glaciares revierten una gran importancia en la composición de los arroyos que avenan la región de Veladero, aunque probablemente los glaciares de roca y otros cuerpos de permafrost lo son más aún. La importancia de los glaciares en la región es múltiple. la primera es porque constituyen en sí mismo una reserva hídrica semi-permanente . Por otra parte a pesar de ser pocos, los glaciares descubiertos son los que **presentan el comportamiento inverso respecto a las sequías**. De esta forma, su valor es doble en el proceso de regulación de sequías, ya que como el albedo (reflectividad de la superficie) de los glaciares de roca, cubiertos y permafrost en general se mantiene estable, brindando un caudal proporcional al aumento de temperatura del suelo y no de las condiciones de reflectividad que como vimos antes cambian notablemente en un glaciar sucio a uno con nieve reciente de la estación anterior.

Una de las particularidades de los glaciares en la región, es que a pesar de encontrarse en un clima aparentemente bastante templado se hallan bastante por encima de la línea natural de equilibrio (isoterma cero), lo cual es común en regiones áridas y es muchas veces denominado índice de aridez glacial. En regiones húmedas los hielos descienden por debajo de esta isoterma y su presencia es posible por el renovado flujo permitido por la alta velocidad del glaciar. En cambio, el escaso aporte níveo a estos glaciares hace que sean mucho más lentos y se desgasten rápidamente debido a la fuerte radiación solar por lo cual solo son estables bajo regímenes de temperaturas bastante mas bajas que 0°C. Esto hace que muchas veces su base esté soldada al suelo y su flujo sea solo por deformación plástica (como los glaciares denominados "polares") y no por deslizamiento sobre el sustrato lubricado por flujos de agua subglacial (como los glaciares de tipo "alpino").

Esta propiedades del flujo y de la base hacen que estos glaciares ni siquiera lleguen a generar un campo de crevasses (grietas) ni se observen claras líneas de flujo debido a que el mismo solo ocurre por deformación plástica y bastante lenta. Esta falta de propiedades características de los tradicionales glaciares estudiados que son de tipo alpinos (y no hay lugar más disímil que la zona de Veladero respecto a los Alpes...), han motivado a algunos profesionales bastante ignorantes a mencionar que "ni siquiera son glaciares". Evidentemente, la falta de elementos típicos de glaciares alpinos, no es una condición necesaria para entender que estos cuerpos de hielo semipermanente sí son glaciares pero de un estilo adaptado a la región en donde yacen. Decir que no son glaciares, sería como decir que los Andes no son una cadena montañosa simplemente porque no es igual a los Alpes. Un glaciar es simplemente un cuerpo semipermanente de hielo que presenta un lento movimiento provocado por el efecto de la fuerza de gravedad, asociada a la pendiente en la que se ubica. Como dijimos, el movimiento es lento pero perceptible en cortes verticales del glaciar, por su lenta deformación.

En síntesis, (1) los cuerpos de hielo descubiertos relevados, pueden denominarse glaciares, pero de un tipo especial adaptado a las condiciones del entorno que no son las típicamente descritas para los glaciares alpinos y/o polares, compartiendo algunas características con ambos pero no todas. (2) Hay probablemente más superficie englazada que la indicada en el informe aunque no superará el doble. (3) El área de los glaciares indica un importante reserva hídrica atesorada allí. (4) La importancia de los glaciares de este tipo es doble porque actúan como mejor regulador de sequías que los glaciares cubiertos y de rocas.

I.7. METODOLOGÍA DE VALORACIÓN DE LAS RESERVAS

Descripción de parte de las reservas hídricas en el área del proyecto

I.7.1. Generalidades

A pesar de los esfuerzos que efectúa la empresa minera por proteger el acceso al proyecto y particularmente a la información estratégica como es el caso del agua en el área del proyecto, pudimos efectuar un análisis bastante detallado de varios sectores del proyecto, remarcando que esta valoración es preliminar pero ineludible acerca de la presencia de cuerpos de hielo con valor efectivo como reservas hídricas. Lo antedicho, sirve para especificar que se debería efectuar un estudio más detallado en el área del proyecto, y para ello, se deberán instrumentar los medios necesarios, desde la justicia, para efectuar un relevamiento detallado de las mismas, con el fin de llegar a una valoración más exacta de la que se está dando en este informe.

Para este estudio se utilizaron las fotografías aéreas que relevó la Empresa Spartan para el Plan Minero Cordillerano. Este vuelo se efectuó a 1:25.000, y todas las aerofotos obraban en el departamento de minería de la Provincia de San Juan, pero debido a vandalismo reiterado de la propiedad pública, solo quedan muy pocas aerofotos del área de las operaciones directas del Proyecto Veladero. Contando entonces con escasa información es que se efectúa este informe preliminar, documentándose las observaciones efectuadas como corresponde.

I.7.2. Glaciares Descubiertos

A. Características Generales y Particulares

Los mismos están presentes en la mayoría de las nacientes de los ríos que avanan el área del proyecto. En este caso, las operaciones mineras no afectarían directamente a estos cuerpos dado que

no se los "tocará" físicamente. Sin embargo, es posible que el manejo del área los lleve a afectar en forma indirecta poniendo en peligro la cantidad total de reservas enmarcadas en este cuerpo de hielo. La valoración de los volúmenes de hielo se basan en comparación con glaciares del mismo porte, estudiados en la vecina cuenca del Arroyo de Agua negra por donde circula la ruta internacional a Chile, en el Departamento de Iglesia. Nótese que los valores asignados de espesor de hielo son los mínimos basados en el estudio del Glaciar de Agua negra cuyo espesor máximo medido arrojó 48 mts (Milana y Maturano, 1999). Dicho espesor puede llegar a superar los 200 metros, como lo hemos medido en un glaciar de mayor desarrollo en la misma cuenca, que es el Glaciar Pircas Negras que drena la quebrada homónima (Milana, en rev.).

Como se indicó anteriormente, los cuerpos de hielo descubiertos existentes en el área de Veladero, no cumplen estrictamente con la denominación tradicional de "glaciar" ya que la misma se basa en estudios de glaciares de tipo alpino, encastrados en general en un valle cerrado (típico Valle de perfil en "U"). Los cuerpos de hielo detectados en Veladero se forman en general en áreas protegidas del viento, dado que el mismo volaría la nieve que inicialmente los alimenta. Secundariamente pueden estar en áreas deprimidas aunque la regla básica es una combinación de protección del viento y de altura. El patrón de circulación del viento localmente parece ser más complicado que en áreas del sur de San Juan donde las masas de hielo tienen mucha más concentración en las vertientes orientales (Argentina). En el caso de Veladero se ha podido ver que la distribución de glaciares tanto cubiertos como de otros cuerpos de hielo es bastante similar en ambas vertientes lo que invalida algunas aseveraciones que aseguran que la vertiente chilena en el área tiene menos agua. Esto será importante a la hora de evaluar el Proy. Pascua Lama, dado que tradicionalmente los chilenos son mucho más proteccionistas de sus recursos naturales como el agua. La única diferencia en las vertientes es que al ser de menos pendiente, la oriental tiende a generar cuencas mucho más extensas y por ello ríos algo más caudalosos, al menos a esta latitud.

Volviendo al tema de los glaciares, es muy fácil distinguir un cuerpo de hielo permanente de una nevada estacional en base a la rugosidad del cuerpo dado que el permanente permite la generación de penitentes mucho más desarrollados en sus áreas bajas que los manchones de nieve estacional. La segunda característica que los evidencia es la presencia de grietas de tensión causadas por el lento movimiento de estos cuerpos. En general no son muy frecuentes dado que el movimiento de este tipo de cuerpos es similar a un glaciar polar (debido a la altitud, la base está congelada, y el deslizamiento basal es mínimo) en donde el flujo se debe en un 95% a deformación plástica (Patterson 1994). Debido a que no tienen base húmeda (lubricada por agua) no se genera un sistema de avenamiento subglaciar y las eventuales grietas generadas son selladas por hielo que es llevado

en forma líquida por las corrientes de fusión supraglaciales. Estos procesos han sido observados activamente en el Glaciar de Agua Negra.

De tal forma, muchos de estos glaciares se los ha denominado de diferentes formas pero el hecho de que se muevan más lento y que sean de escasa extensión no invalida su denominación como glaciar, en este caso, de un tipo especial adaptado a este lugar cuyas condiciones ambientales no son tampoco las más tradicionales. Debe destacarse que las condiciones meteorológicas medidas en este área son extremas a nivel mundial. Schrott (1991, 1994) midió los niveles más altos de Radiación Global del mundo (1445 Watts/m^2), mientras que en el informe climático de Veladero se han medido vientos que superan el récord mundial de velocidad del viento (434 km/h , récord medido en Nueva Escocia, en 1934, con 393 km/h , Tooley et al., 1996). Estas condiciones climáticas extremas hacen que la existencia y permanencia de glaciares en este medio deba adaptarse a medios muy anormales y por ello, no debe esperarse que los glaciares locales sean similares a los tradicionales.

Estimación de volúmenes de glaciares descubiertos en el área de Veladero

Los cuerpos glaciares que no se han detectado en el IIA de Veladero, han sido mapeados y se ha medido la superficie de los mismos la que se le adiciona a la superficie de glaciares descubiertos indicadas en el IIA. esta información es detallada en la Tabla 2 de este informe, indicándose las coordenadas aproximadas. Nótese que de manera intencional no se brinda ninguna información exacta del terreno de Veladero (como lo sería una imagen satelital que es un relevamiento directo del área por un sensor de ondas electromagnéticas en varias frecuencias. Todos los mapas brindados son producto del procesamiento humano por lo cual pueden estar influidos de cierta parcialidad generada por el operador que produjo dicho mapa (por ej., mapas geológicos, geomorfológicos, ingenieriles, modelos digitales de terreno de baja definición, etc.). Por ello, las coordenadas Gauss Krugger - Posgar indicadas para cada cuerpo (Tabla 2) son aproximadas al centro del mismo, y puede haber cierto error de apreciación en las mismas. El segundo error que puede existir en la medición de áreas se debe a que las aerofotos utilizadas no fueron restituidas a un plano horizontal. Como se sabe, debido a la proyección cónica que posee una fotografía, la escala de la misma varía según la altura del terreno lo que puede introducir algunos errores en el cálculo de las áreas de los glaciares. La comparación entre las áreas medidas en el IIA y las medidas para este informe son bastante similares por lo que se estima que este error está balanceado entre mediciones en exceso y en detrimento de la superficie real.

Un tercer error en la estimación real de los volúmenes, puede surgir debido a que las aerofotos revisadas para nuestra valoración tienen cerca de 30 años. Es sabido que los cuerpos de

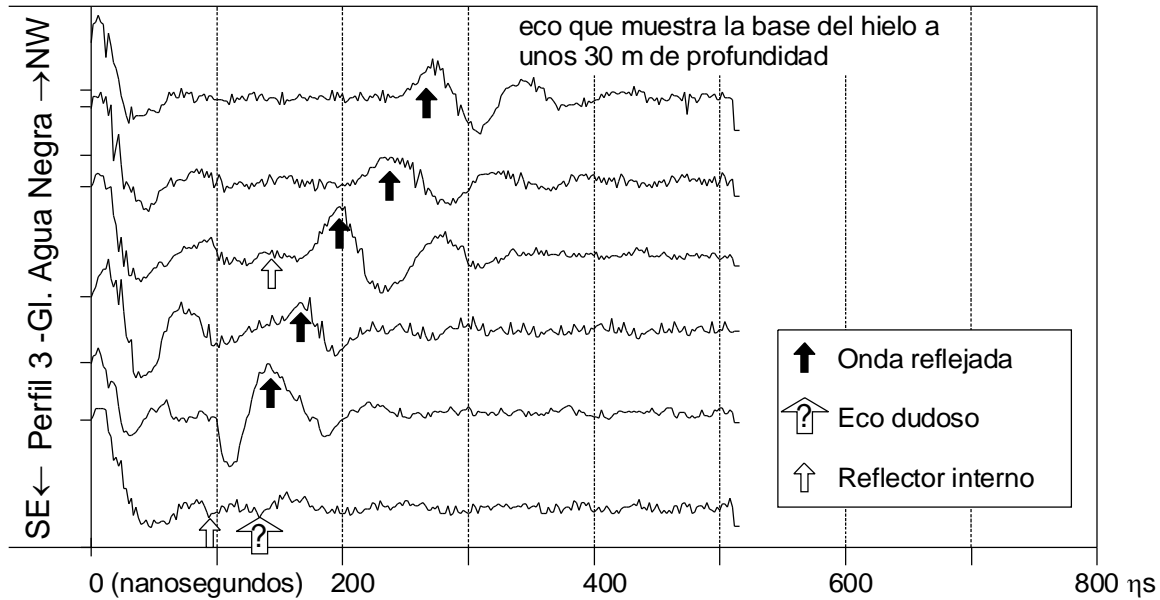
hielo pueden variar su área cubierta y la tendencia en este período señalada ha sido a perder volumen. Dado que no se contó con la información actualizada (que seguramente tiene la Empresa Barrik), se ha efectuado una estimación de la pérdida natural de las reservas, en base al retroceso histórico medido en el Glaciar de Agua negra, del que nace el Arroyo Agua Negra que discurre a lo largo del camino internacional San Juan-La Serena. Las detalladas mediciones de Leiva et al (1999) que reúnen datos de cerca de 40 años sugieren una pérdida total máxima de un 20% del volumen del mismo, que ha causado su paulatino retroceso durante este periodo de medición. Dado que el período considerado es menor, y que el valor asignado es máximo, se aplicará un 20% de quita a los cálculos a efectuar. Esta quita de volumen también eliminará los posibles errores producidos en la medición de las áreas.

Para poder estimar el volumen de un glaciar, lo ideal es efectuar una medición directa del mismo, mediante métodos geofísicos. Nuestro grupo ha intentando varios métodos de medición siendo el más aplicable el RES (Radio echo sounding) que utiliza un emisor de ondas de la frecuencia del radar y un analizador de ondas portátil. Los métodos automatizados como el georadar, si bien más exactos tienen problemas de penetración de la onda a través de las capas de detrito, brindando a veces una base menos profunda que la real. Se testeó el método sísmico pero debido a que el hielo tienen alta velocidad (4000 m/s) es difícil que la onda penetre a la base, que al tratarse de vulcanitas alteradas y detrito ligado por hielo, presenta una menor velocidad. El método geoelectrico, que es lo más recomendable para glaciares de roca, da buenos resultados pero no tiene la definición del de ecos de radar, el sistema es mucho más pesado y cuesta introducir corriente en el hielo dado que es muy mal conductor. El método de georadar fue testeado con el grupo en el Glaciar Horcones Inferior (utilizando un Pulse Ekko, traído por el Prof. D. Nobes de la Univ. de Canterbury, Nueva Zelandia), el método sísmico y eléctrico fue testeado en el Glac. de Agua Negra (Maturano 1997), y el de RES ha sido testeado ya en numerosos glaciares de Mendoza, San Juan, Río negro y Santa Cruz. En los últimos años hemos ensamblado un equipo portátil para hacer este tipo de estudios. En el área norte de San Juan, se ha estudiado en gran detalle los Glaciares de Agua Negra y Pircas Negras, que aportan agua al Arroyo de Agua Negra.

Del estudio de estos dos glaciares citados se brinda la Figura 5, que muestra como se observan los ecos basales en el hielo, y que en el Glaciar de Agua Negra, testifican un espesor máximo de 45 m de hielo, mientras que en el Glaciar Pircas Negras, el espesor llega a casi 200 m. Al compararse ambos glaciares con los de Veladero se observó que la morfología del Glaciar de Agua Negra es más comparable a los de Veladero, ya que el Glaciar Pircas Negras además de iniciar su acumulación a una altura superior a los 6000 m (Cord. Olivares), que no se registra en Veladero, llega a presentar características de Glaciar de valle (tipo de grietas). Por ello, utilizamos

los datos promedio de espesor de hielo medidos en el Glaciar de Agua Negra que indican un valor medio de 27 m, medidos en un área de degradación. Estos valores podrían ser mayores, pero no se trata de "inflar" los datos sino de dar una estimación lo más aproximada a la realidad.

Fig. 5: Método de estudio del volumen de hielo en un glaciar mediante el método geofísico de ondas de radar.



Tomando estas consideraciones indicadas, los cálculos pertinentes se brindan en la Tabla 2.

I.7.3. Glaciares de Roca (Permafrost móvil) y otras formas de permafrost

Foto 3: Glaciar de roca que muestra la fluidalidad que le brinda el núcleo de hielo plástico



A. Características Generales y Particulares

Como ya ha sido descrito detalladamente en el pto. I.6.1.3., el permafrost es el suelo permanentemente congelado, en el cual el agua en su estado sólido se encuentra

mezclada con detrito (piedras sueltas) cementando el suelo y dándole las propiedades físicas del hielo (frágil a la tracción y plástico a la compresión, comportándose como un fluido de alta viscosidad). Según sea el espesor y la pendiente de este depósito de hielo y rocas, puede comenzar a fluir formando un "glaciar de rocas" o bien estar estable como permafrost. Como describimos antes, los glaciares de roca pueden ser de diferentes formas y presentar diferentes grados de actividad. En todos los casos, el permafrost es una reserva hídrica real y comprobable, que sufre una recarga y un desgaste natural (Fig. 3), pero que, a diferencia de los sistemas hídricos normalmente considerados, depende mucho del equilibrio térmico del lugar debido a que para su existencia es necesaria una temperatura media anual por debajo de los 0°C . Si esta temperatura aumenta mínimamente, el permafrost desaparece en el transcurso de pocos años.

El glaciar de roca es un cuerpo compuesto por hielo mezclado con fragmentos de roca y que adquiere una capacidad plástica debida al hielo intersticial que se comporta plásticamente al ser sometido a presión, y frágil a la distensión. Muchos de los fenómenos descritos en el Proyecto Veladero como "solifluxión", en realidad están señalando la existencia de glaciares de roca que



Foto 4: Río Mercedario
naciendo al pie de un glaciar
de roca

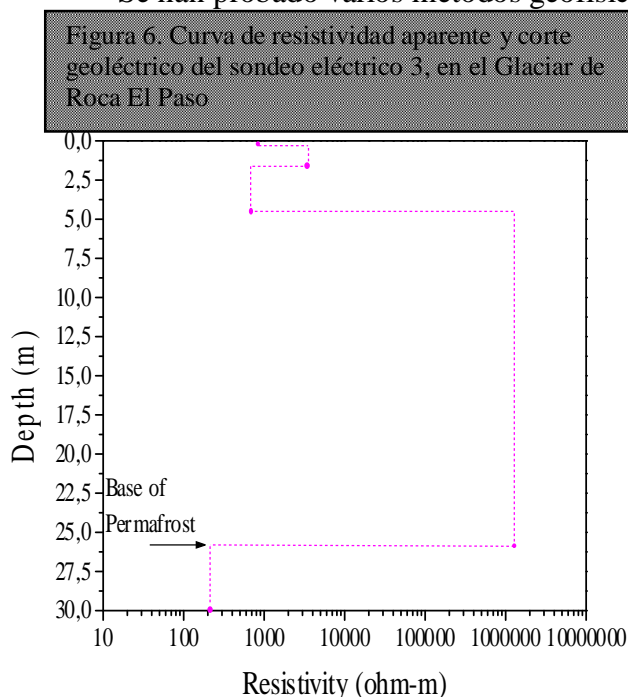
presentan una apariencia fluidal debido a su movimiento plástico. Como lo muestra la Foto 3, estos cuerpos a veces parecen hasta "ríos de lava" debido a dicho movimiento plástico que los caracteriza. El permafrost (núcleo de hielo y detritos) hace

de elemento de sostén de la parte superior de este glaciar de roca. Este permafrost se va adelgazando a medida que el glaciar baja altitudes más templadas hasta que, al alcanzar la altura de la isoterma de 0°C , se desgasta completamente dejando al glaciar sin el elemento de sostén y formándose un frente muy escarpado que siempre se mantiene cercano al ángulo de reposo del material detrítico que compone al glaciar. Por ello, tanto la estructura fluidal como el frente de alto ángulo son evidencias claras e irrefutables de la existencia de estos cuerpos, sumado a que deben encontrarse muy cerca de la posición de la isoterma de 0°C que en la región está entre 3900 y 4100

m de altura. La foto 4, además de mostrar este talud frontal, demuestra la importancia hídrica de los mismo, ya que el Río Mercedario nace completamente al pie del glaciar de roca retratado.

La medición indirecta de estos cuerpos no es una tarea tan fácil como la medición de los glaciares descubiertos, descritos en la sección anterior. Por suerte, la profusión de perforaciones y construcciones civiles y mineras que involucran movimiento de suelo (caminos, trincheras) dentro del Proyecto Veladero han demostrado que todo el área está caracterizada por la presencia bastante frecuente del permafrost. Al igual que los acuíferos, no cualquier desarrollo de permafrost constituye una reserva hídrica, solo lo constituye cuando la acumulación de agua en el mismo es significativa. Para ello, es necesario que el suelo portante sea altamente permeable y en general desagregado. Los afloramientos rocosos, si bien presentarán una sección congelada, no califican como permafrost y menos aún como reserva hídrica porque el volumen que podría contenerse es mínimo.

Se han probado varios métodos geofísicos (indirectos) para el estudio del desarrollo de estos



cuerpos y en general hemos podido determinar que la mejor forma de estudio consiste en una combinación de métodos. En ese caso, el método sísmico de refracción permite dar con buena exactitud la profundidad de la capa de descongelamiento estacional (que, como lo dice su nombre varía estacionalmente), y además brinda datos de velocidad de la capa congelada (el permafrost), lo que se utiliza para estimar la cantidad de hielo intersticial, debido a que la velocidad de las ondas sísmicas aumenta progresivamente hasta los 4000 m/s, que sugieren hielo puro. este

método solo da información de las características superiores del permafrost. Para investigar su profundidad se han utilizados métodos geoelectricos, en general los sondeos eléctricos verticales con las disposiciones de Schlumberger y recientemente se está aplicando exitosamente el método de Electrical Imaging, para lo cual se han desarrollado algunos aparatos especiales en la UNSJ. Mediante ambos métodos no sólo es posible comprobar la existencia del permafrost caracterizado por su alta resistividad, sino que se ha establecido el espesor total del permafrost, y las características conductivas del agua de fusión por arriba y por debajo del permafrost. Estos métodos combinados fueron aplicados exitosamente en los cuerpos de permafrost del Glaciar de El Paso

(Fig. 6) y Dos Lenguas, ambos en la Cuenca del Arroyo de Agua Negra. También se testeó el método de georadar (GPR: Ground Penetrating Radar), en el glaciar de roca de Plaza de Mulas (el campamento base de Aconcagua, que está fundado sobre un glaciar de rocas). Este método permite mucha más definición en lo que respecta a la estructura interna, pero debido a que en la base de estos cuerpos hay agua bastante conductiva debido a su contenido iónico, la onda electromagnética no se refleja sino que se absorbe y en vez de observar un reflector basal, se observa una atenuación rápida de la energía de la onda, lo que no es útil para demarcar la base de estos cuerpos.

Estimación de volúmenes de agua en glaciares de roca y permafrost del área de Veladero

En general, los métodos de mapeo utilizados fueron los mismos que para los glaciares descubiertos por lo que los errores en la ubicación exacta en un marco de coordenadas Gauss Kruger - Posgar no es exacto. También puede haber errores en la asignación de la superficie de estos cuerpos, pero no en la variación entre la fecha de adquisición de las aerofotos y la actual. Esto último se debe a que estos cuerpos son mucho más estables y menos sensitivos a las variaciones de aporte néveo (sí lo son a las variaciones de temperatura), debido a que su desgaste es mucho más lento.

Durante el mapeo de estos cuerpos, se diferenciaron cuatro tipos de formas asociadas a la presencia de permafrost: glaciares de roca activos, semiactivos, de talud y permafrost. Dentro de los primeros se consideraron glaciares de roca (tanto de valle como de circo) cuyas estructuras fluidales y características del talud frontal indicaran que es un cuerpo que se encuentra en movimiento, y por ello que tiene una alimentación y degradación activa. En cambio, los glaciares de roca semi-activos son todos aquellos en donde o bien las características de actividad eran dudosas, o bien se observó cierta degradación del talud frontal, lo que sugeriría una menor actividad de este glaciar. Estas diferencias afectan a la cantidad y desarrollo del permafrost en profundidad, por ello fueron tenidas en cuenta durante el mapeo de los cuerpos.

La tercer forma de permafrost la constituyen los glaciares de roca de talud, ya descritos en el pto. I.6.1.3., los que debido a su menor aporte de material presentarán un menor desarrollo de permafrost, y la tercer forma son los cuerpos de permafrost continuo pero cuyo flujo no llega a generar grandes acumulaciones. El flujo es visible por las marcas en el terreno, pero en estos casos, la combinación de pendiente y aporte de material no llegan a ser las suficientes para formar un glaciar de roca, en el sentido estricto.

Los espesores asignados para los diferentes cuerpos son diferentes ya que la sección de material portante es distinta y el apilamiento de masas congeladas también. Los mayores espesores fueron asignados a los glaciares de roca activos, con un promedio de 16 metros de permafrost.

Debido a la degradación en glaciares de roca semiactivos, se estima un espesor remanente efectivo de 8 metros en los mismos. En los glaciares de roca de talud se asignan unos 10 metros de espesor promedio ya que los mismos muestran taludes frontales activos, y dicho espesor es el medido en las cercanías de los taludes frontales de los glaciares de roca de El Paso y Dos Lenguas. Finalmente se estima que los cuerpos de permafrost sencillo tienen un espesor mínimo de 5 metros de sección congelada basándonos en comentarios verbales de perforistas y otras personas que podrían atestiguar sobre lo mismo. A su vez, se ha utilizado un valor de 33% de hielo intersticial en estos depósitos. Nótese que todos estos valores son estimaciones mínimas.

En base a estas consideraciones, los cálculos correspondientes se han efectuado en la Tabla 3. En la misma, cada cuerpo de permafrost ha sido relevado y se provee prueba gráfica de su existencia, mediante la captación de parte de la fotografía aérea que atestigua su presencia.

I.8.FACTORES QUE ALTERARÁN LOS DIFERENTES CUERPOS DE HIELO (Y POR ELLO EL EQUILIBRIO HIDROLÓGICO DE LA REGIÓN):

A. Alteración mecánica de los mismos:

Los procesos de destape y movilización de materiales, construcción de caminos, preparación de áreas para escombreras, etc, afectarán directamente al permafrost por su removilización directa. Al removerse la capa de detrito portante y dejar al descubierto la roca infrayacente, la capacidad de contención de agua o hielo del suelo será reducida casi completamente.

B. Alteración del régimen termal del SUELO:

Debido a que el permafrost se forma por un balance entre la temperatura media anual (debe ser menor a 0°C) y el gradiente geotérmico (1°C/33 m), al agregar material sobre el permafrost, como en el caso de escombreras, este se destruirá inevitablemente. Por ejemplo, si tenemos una Temp. media anual de -1°C, podemos tener una sección congelada de cerca de 33 m. Si agrego 33 m de escombros, la nueva curva de temperatura hará que el permafrost se derrita porque su superficie estará ahora a 0°C y hacia abajo las temperatura del suelo será superior al punto de congelamiento. Podría ocurrir que se forme nuevo permafrost en las escombreras lo cual es improbable debido a que la alta permeabilidad de las mismas no les da capacidad de retención.

C. Alteración del régimen termal del AREA:

Este tema es muy grave y no ha sido analizado en lo más mínimo. Las mega-operaciones que se planean hacer modificarán indudablemente el balance térmico del área. Simplificadamente se han resumido dos principales fuentes de calor que indudablemente modificarán el delicado equilibrio del área:

C.1: Procesos químicos exotérmicos en el SLV: El proceso de lixiviación no es exotérmico salvo en el momento en que el agua disuelve el álcali lo que es notablemente exotérmico. El agregado del álcali es necesario para aumentar el Ph del agua, sino el cianuro no puede ser transportado en solución. Por ello, el cianuro no es tan riesgoso como mucha gente cree, ya que eventualmente el Ph normal de los ríos tiende a destruirlo y no quedarían rastros del mismo al llegar a áreas pobladas. El álcali que se utilizará es hidróxido de calcio (Cal común) y cualquiera sabe que al mezclar agua con cal, se eleva la temperatura de la mezcla. Multipliquemos esto por el volumen de varios miles de toneladas que serán utilizados y tendremos una especie de estufa natural que inevitablemente calentará el suelo y su entorno.

C.2: Utilización de combustibles fósiles: El proyecto Veladero involucra la combustión de millones de litros de combustible, lo que liberará un volumen de energía que indudablemente modificará el delicado equilibrio térmico del lugar. Recién hoy nos estamos preocupando por el calentamiento global, porque nos hemos dado cuenta que logramos, con la masiva combustión de hidrocarburos, elevar la temperatura media del planeta entero. Por ello, lo que se asegura en este escrito es algo ya técnicamente comprobado. Y como siempre es sabido que es mejor prevenir que curar.

C.3. Construcciones civiles: Todo ingeniero sabe que la construcción en terrenos con permafrost altera el equilibrio del mismo, y en general causa la fusión de la parte superior del mismo. En el caso de Veladero, la fusión no acarrea problemas ingenieriles como en suelos mas areno-arcillosos, que pueden ceder debido a la falta de sustento que les da el hielo. Los suelos de Veladero son de tipo rocosos así que no existe ese problema pero sí la alteración directa del permafrost y su eventual desaparición.

LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO:

Croce, F., (1998) Aplicación de métodos geofísicos al estudio de los glaciares de escombros El Paso y Dos Lenguas, Dpto. Iglesia, San Juan. Tesis de Licenciatura, FCFN-UNSJ, 112pp.

- Croce, F. Y Milana, J.P. (2002) Desarrollo de Sistemas criogénicos en la zona del Paso de Agua negra y su importancia en geología Aplicada. XV Congreso Geoplógico Argentino, El Calafate (CD-ROM), 6 pags.
- Croce, F. and Milana, J. P. (2002) Internal Structure and behaviour of a rock glacier in the Arid Andes of Argentina. *Permafrost and Periglacial Processes*, Wiley InterScience, v. 13, p. 431.
- Maturano, A. (1997) Aplicación de métodos geofísicos al estudio de los glaciares de escombros El Paso y Dos Lenguas, Dpto. Iglesia, San Juan. Tesis de Licenciatura, FCFN-UNSJ, 103pp.
- Milana, J.P. (1998) Predicción de caudales de ríos alimentados por deshielo mediante balances de energía: Aplicación en los Andes Centrales, Argentina. *Asociación Argentina de Sedimentología*, revista, v. 5 (2), p. 53-69.
- Milana et al, 1999
- Milana, J.P. and Maturano, A. (1999) Application of radio echo sounding at the Arid Andes of Argentina : The Agua Negra Glacier. *Global and Planetary Change, Special Issue: Glaciers of the Southern Hemisphere*, v. 22, p. 179-191.
- Milana; J. P. (en revisión). Estudio Geofísico e Importancia Hidrológica del Glaciar Pircas Negras (31° Sur), Argentina
- Milana, J. P., Maturano, A. y Croce, F. (1999). Un modelo de glaciación árida basado en datos geofísicos y geomorfológicos de los Andes de Cuyo: Retroceso, metamorfosis y glaciares estratificados. XIV Congreso Geológico Argentino, Salta, Actas: .Corte 1995
- Paterson, W. S. B., 1994. *The Physics of Glaciers*. Pergamon, Oxford, 3rd Ed., 480 pp.
- Schrott, L. (1991). Global Solar Radiation, Soil Temperature and Permafrost in the Central Andes, Argentina. *Permafrost and Periglacial Processes* 2:59-66.
- Schrott, L. (1994). Die Solarstrahlung als steuernder Faktor im Geosystem der Subtropischen semiariden Hochanden (Agua Negra, San Juan, Argentina). PhD Thesis: Heidelberg, Geographische Arbeiten, Heft 94.
- Tooley, M, Clarke, C., Mainmones, M (1996) Philip`s Atlas of the World, G. Philip Ltd., 176 pp.

MAPA 1: Ubicación de los diferentes cuerpos de hielo identificados en este informe

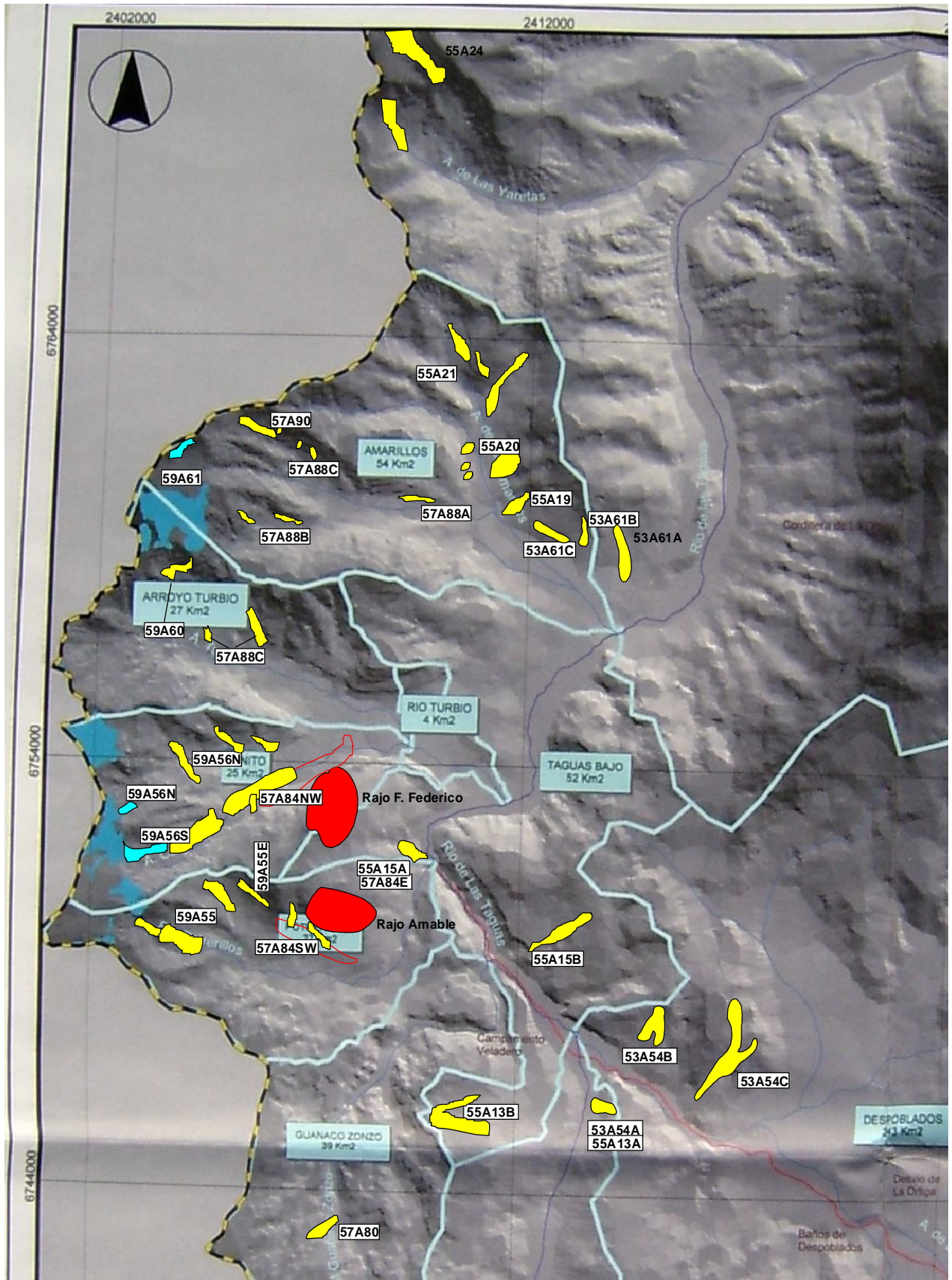


Tabla 2: Hielo descubierto (Glaciares tradicionales)

Tipo de Cuerpo de Hielo	Mención en el IIA ?	Ubicación			Datos		Documental Vol. agua en Anexo	Notación en Mapa
		Cuenca	Fotograma	Coordenadas	Area	Volumen		
Hielo descubierto (Glaciares tradicionales)			aproximadas		km ³	m ³	Mill. lts.	
Glaciar	NO	Amarillos	212-6959-A-4361	2403750;6761250	0.32	8640000	7948,8Aerofoto1	59A61
Varios glaciares	SI	Amarillos			0.61	16470000	15152,4	
Varios glaciares	SI	Turbio			1.45	39150000	36018,0	
Varios glaciares	SI	Canito			1.68	45360000	41731,2	
Glaciar	NO	Canito	212-6959-A-4356	2402750;6752800	0.14	3780000	3477,6Aerofoto2;4	59A56N; 4
Glaciar	NO	Canito	212-6959-A-4356	2403250;6751800	0.17	4590000	4222,8Aerofoto3;1	59A56S; 1
Total:							108550,8	

Tabla 3: Hielo cubierto (Glaciares de roca y permafrost)

Tipo de Cuerpo de Hielo	Mención en el IIA ?	AREA Influencia	Ubicación Cuenca	Fotograma	Coordenadas aproximadas	Datos Area (km²)	Volumen m³	Vol. agua Documental Mill. lts.en Anexo	Notación en Mapa
Glac. de roca activo	NO	Cuencas Hid.	Amarillos	212-6955-A-4421	2411000;6762600	0.132	2112000	641.20Aerofoto4;1	55A21; 1
Glac. de roca de talud	NO	Cuencas Hid.	Amarillos	212-6955-A-4421	2410800;6763200	0.012	120000	36.43Aerofoto4;2	55A21; 2
Glac. de roca activo	NO	Cuencas Hid.	Amarillos	212-6955-A-4421	2410600;6763500	0.084	1344000	408.04Aerofoto4;3	55A21; 3
Glac. de roca activo	NO	Cuencas Hid.	Amarillos	212-6955-A-4421	2410000;6764000	0.072	1152000	349.75Aerofoto4;4	55A21; 4
Glac. de roca semiactivo	NO	Cuencas Hid.	Amarillos	212-6955-A-4420	2411300;6761100	0.264	2112000	641.20Aerofoto5;1	55A20; 1
Glac. de roca semiactivo	NO	Cuencas Hid.	Amarillos	212-6955-A-4420	2411050;6761400	0.096	768000	233.16Aerofoto5;2	55A20; 2
Glac. de roca activo	NO	Cuencas Hid.	Amarillos	212-6955-A-4420	2411200;6761900	0.0264	422400	128.24Aerofoto5;3	55A20; 3
Glac. de roca de talud	NO	Cuencas Hid.	Amarillos	212-6955-A-4420	2411150;6761800	0.006	60000	18.22Aerofoto5;4	55A20; 4
Glac. de roca de talud	NO	Cuencas Hid.	Amarillos	212-6955-A-4420	2411100;6761700	0.006	60000	18.22Aerofoto5;5	55A20; 5
Glac. de roca de talud	NO	Cuencas Hid.	Amarillos	212-6955-A-4420	2411050;6761600	0.0072	72000	21.86Aerofoto5;6	55A20; 6
Glac. de roca activo	NO	Cuencas Hid.	Amarillos	212-6955-A-4419	2411750;6760200	0.264	4224000	1282.41Aerofoto6	55A19
Glac. de roca semiactivo	NO	Mina-Planta	Amar.-Tag.	212-6953-A-861	2414300;6759000	0.192	1536000	466.33Aerofoto7	53A61A
Glac. de roca activo	NO	Cuencas Hid.	Amarillos	212-6953-A-861	2413250;6759500	0.036	576000	174.87Aerofoto8	53A61B
Glac. de roca de talud	NO	Cuencas Hid.	Amarillos	212-6953-A-861	2412400;6759500	0.048	480000	145.73Aerofoto9	53A61C
Glac. de roca de talud	NO	Cuencas Hid.	Amarillos	212-6957-A-4388	2407400;6760250	0.0324	324000	98.37Aerofoto10	57A88A
Glac. de roca de talud	NO	Cuencas Hid.	Amarillos	212-6957-A-4388	2406250;6759750	0.0264	264000	80.15Aerofoto11;1	57A88B; 1
Glac. de roca semiactivo	NO	Cuencas Hid.	Amarillos	212-6957-A-4388	2405350;6759750	0.0228	182400	55.38Aerofoto11;2	57A88B; 2
Glac. de roca activo	NO	Cuencas Hid.	Amarillos	212-6957-A-4390	2405600;6761700	0.168	2688000	816.08Aerofoto12;1	57A90; 1
Glac. de roca activo	NO	Cuencas Hid.	Amarillos	212-6957-A-4390	2405700;6761700	0.0144	230400	69.95Aerofoto12;2	57A90; 2
Glac. de roca activo	NO	Mina-Planta	Turbio	212-6957-A-4388	2404500;6757000	0.0252	403200	122.41Aerofoto13;1	57A88C; 1
Permafrost (reptante)	NO	Mina-Planta	Turbio	212-6957-A-4388	2405600;6757200	0.132	660000	200.38Aerofoto13;2	57A88C; 2
Glac. de roca activo	NO	Mina-Planta	Turbio	212-6959-A-4360	2403750;6758500	0.096	1536000	466.33Aerofoto14	59A60
Glac. de roca activo	NO	Mina-Planta	Canito	212-6959-A-4356	2406000;6754500	0.216	3456000	1049.24Aerofoto2;1	59A56N; 1
Glac. de roca de talud	NO	Mina-Planta	Canito	212-6959-A-4356	2405200;6754500	0.144	1440000	437.18Aerofoto2;2	59A56N; 2
Glac. de roca activo	NO	Mina-Planta	Canito	212-6959-A-4356	2404000;6754000	0.168	2688000	816.08Aerofoto2;3	59A56N; 3
Glac. de roca complejo	NO	Mina-Planta	Canito	212-6959-A-4356	2404200;6752200	0.684	10944000	3322.60Aerofoto3;2	59A56S; 2
Glac. de roca activo	NO	Mina-Planta	Canito	212-6957-A-4384	2405750;6753000	0.0252	403200	122.41Aerofoto15;1	57A84NW; 1
Glac. de roca semiactivo	NO	Mina-Planta	Canito	212-6957-A-4384	2406000;6753500	0.42	3360000	1020.10Aerofoto15;2	57A84NW; 2
Glac. de roca activo	NO	Mina-Planta	Potrerrillos	212-6957-A-4384	2406750;6750400	0.036	576000	174.87Aerofoto16;1	57A84SW; 1
Permafrost (reptante)	NO	Mina-Planta	Potrerrillos	212-6957-A-4384	2407300;6750000	0.096	480000	145.73Aerofoto16;2	57A84SW; 2
Glac. de roca de talud	NO	Mina-Planta	Potrerrillos	212-6959-A-4355	2405800;6750800	0.06	600000	182.16Aerofoto17	59A55E
Permafrost (reptante)	NO	Mina-Planta	Potrerrillos	212-6959-A-4355	2405000;6751000	0.276	1380000	418.97Aerofoto18;1	59A55; 1
Permafrost (reptante)	NO	Mina-Planta	Potrerrillos	212-6959-A-4355	2404000;6750000	0.528	2640000	801.50Aerofoto18;2	59A55; 2
Glac. de roca activo	NO	Mina-Planta	Potrerrillos	212-6959-A-4355	2403400;6750200	0.12	1920000	582.91Aerofoto18;3	59A55; 3
Permafrost (reptante)	NO	Mina-Planta	Guan.Zonz	212-6957-A-4380	2407750;6743000	0.1176	588000	178.52Aerofoto19	57A80
Glac. de roca semiactivo	NO	Mina-Planta	Taguas	212-6955-A-4415	2409500;6752000	0.0684	547200	166.13Aerofoto20	55A15A

Permafrost (reptante)	NO	Mina-Planta	Taguas	212-6955-A-4415	2413000;6750200	0.768	3840000	1165.82	Aerofoto21	55A15B
Glac. de roca semiactivo	NO	Mina-Planta	Taguas	212-6955-A-4413	2414250;6746100	0.0216	172800	52.46	Aerofoto22	55A13A
Glac. de roca semiactivo	NO	Mina-Planta	Taguas	212-6955-A-4413	2410850;6744600	0.624	4992000	1515.57	Aerofoto23	55A13B
Glac. de roca activo	NO	Mina-Planta	Despoblada	212-6953-A-854	2415500;6748000	0.084	1344000	408.04	Aerofoto24	53A54B
Glac. de roca semiactivo	NO	Cuencas Hid.	Despoblada	212-6953-A-854	2416500;6746500	0.0408	326400	99.10	Aerofoto25;1	53A54C; 1
Glac. de roca activo	NO	Cuencas Hid.	Despoblada	212-6953-A-854	2417000;6747000	0.0288	460800	139.90	Aerofoto25;2	53A54C; 2
Glac. de roca activo	NO	Cuencas Hid.	Despoblada	212-6953-A-854	2417750;6747500	0.0792	1267200	384.72	Aerofoto25;3	53A54C; 3
Glac. de roca activo	NO	Cuencas Hid.	Despoblada	212-6953-A-854	2417300;6748500	0.0744	1190400	361.41	Aerofoto25;4	53A54C; 4
Total								20020.11		

En sombra: cuerpos afectados directamente por operaciones físicas del rajo

AREA Influencia: Se refiere a los límites establecidos para el Area Mina-Planta (ver Plano 2.1 resumen Ejecutivo, IIA) o los límites de Cuencas Hídricas (según plano 2.7, Resumen Ejecutivo IIA)

Tabla 3: Hielo cubierto (Glaciares de roca y permafrost)