

Algunos ejemplos en Estados Unidos y Canadá:
**Aproximaciones al costo
 económico de impactos
 ambientales en la minería***

Mientras trabajos anteriores han resumido los impactos ambientales derivados de la minería, éstos no han sido asociados a su costo económico respectivo. El siguiente artículo resume los impactos ambientales más significativos de la minería del cobre, y los relaciona con sus costos económicos de prevención, reparación o valorización económica de daños.

Robert Moran**

El trabajo de economistas e ingenieros de minas ha sido conducido en gran parte sobre la base de dos líneas paralelas, sin mucha interacción entre sí. Sin embargo, dado que en general tanto los equipos de trabajo como los presupuestos para la regulación ambiental han sido reducidos a nivel internacional y existe una creciente preocupación sobre el concepto de “el que contamina paga”, los gobiernos se han focalizado en el uso de incentivos económicos para regular los requerimientos ambientales. Esto ha llevado a la utilización cada vez mayor del análisis y de los instrumentos económicos en la elaboración de políticas ambientales, y con ello al estudio de los nexos entre las variables economía y medio ambiente, el cual se hace aún más interesante bajo la perspectiva del desarrollo sustentable.

En el pasado, las compañías mineras frecuentemente no necesitaban remediar los impactos ambientales ocasionados en los recursos naturales. De esta manera, los costos ambientales no eran económicamente contabilizados o, incluso, muchas veces se asumían como costo cero. Como

resultado, en gran cantidad de países los costos efectivos han sido con frecuencia subsidiados por los contribuyentes y los ciudadanos afectados.

Actualmente, las empresas están cada vez más conscientes tanto de los impactos ambientales como de sus costos económicos. En este contexto, es interesante comenzar a conectar ambas variables de manera más sistemática, tanto en la investigación como en las estrategias de manejo.

El presente artículo entrega una mirada inicial a este tema, al enfocarse en el costo económico de algunos impactos ambientales, al mismo tiempo que hace un llamado para un acercamiento más comprensivo que mire no sólo el costo económico, sino también los beneficios involucrados debidamente valorizados.

**Principales impactos ambientales
 de la minería¹**

La minería no es una actividad “delicada”. Generalmente involucra trasladar y procesar masivas cantidades de roca, donde -en el caso de la minería

*Artículo traducido y editado por Ambiente y Desarrollo a partir del informe del autor para el proyecto “Beneficios y costos ambientales de la liberalización comercial en el sector minero-Fase II”, auspiciado por el Centro Internacional de Investigación para el Desarrollo, IDRC (Ottawa, Canadá) y coordinado por CIPMA.

** Ph.D. Calidad de Aguas/Hidrogeología/Geoquímica. Consultor en el proyecto financiado por el IRDC. Email: remoran@aol.com

del cobre- más del 95% de la roca original trasladada se convierte en residuo. Muchos de los impactos discutidos en este artículo son más importantes en áreas geográficas de precipitación significativa, que en regiones desérticas. No obstante, los recursos naturales de zonas desérticas también pueden verse severamente afectados por estos procesos, pero los costos no pueden ser considerados hasta años más tarde.

Impactos mineros sobre la cantidad de agua

Normalmente, aun las regiones más desérticas cuentan con cantidades disponibles de aguas subterráneas -muchas veces a gran profundidad- que han recorrido largas distancias desde su fuente de origen en las montañas. Estas aguas usualmente se pueden valorizar bajo condiciones de escasez, siempre que se permita a los mercados operar libremente. El agua también puede ser llevada desde lugares a muchos kilómetros de las minas, para abastecer las diversas necesidades de procesamiento de minerales, agua potable, supresión de polvos, etc. Tales desviaciones son la causa de una verdadera competencia con otros sectores de la sociedad por este recurso natural, posiblemente reduciendo los suministros a pueblos, ciudades y grupos indígenas. Además, pueden crear impactos negativos en lagos o salares debido a la reducción de los niveles de agua, o dañar la flora y fauna silvestre local.

En algunos lugares de Chile, Bolivia y Perú,

los desvíos se efectúan cerca de fronteras internacionales, produciendo serios conflictos transfronterizos.

El agotamiento de agua asociado a la apertura de futuras minas a tajo abierto, inevitablemente reduce el nivel local y a veces regional de agua, lo cual puede causar la sequía de los afluentes y reducir el nivel en pozos vecinos. Esto último aumenta los costos de bombeo de agua hacia la superficie para los afectados o podría forzarlos a perforar nuevamente y profundizar los pozos.

La reducción de vertientes y riachuelos puede afectar la disponibilidad de agua para el ganado y la vida silvestre nativa, así como los usos municipales y domésticos de agua. El agotamiento se detiene cuando lo hace la minería, pero los niveles de agua podrían requerir de muchos años para volver a su estado original (o casi original).

Impactos mineros sobre la calidad del agua

El procesamiento de minerales produce una cantidad de residuos y productos que pueden causar la contaminación del agua. Además, la infraestructura que debe ser construida para llevar a cabo una operación minera genera residuos de alcantarillados, de tratamiento de aguas, aceites, petróleo, combustibles, etc.

La minería rompe y comprime la roca, creando nuevos túneles para que el oxígeno, aire y microbios, reaccionen con los minerales. En consecuencia, las rocas pueden generar ácido, movilizándolo otros muchos constituyentes químicos, los que podrían contaminar cuerpos de agua por décadas o incluso cientos de años después del cierre de la mina. Incluso el uso de explosivos aumenta las concentraciones de nitrato y amoníaco, provocando el incremento de la eutroficación y la contaminación de cuerpos de agua.

La roca residual a menudo contiene concentraciones elevadas de sulfatos, metales tóxicos, no metales, y componentes radioactivos. Dicha roca generalmente se desecha en montones en la superficie del suelo, al borde de los tajos o fuera de las obras. Muchos contaminantes se pueden filtrar de estos montones de desecho, contaminando las aguas superficiales y subterráneas.

El procesamiento del mineral generalmente requiere de tratamientos químicos para remover los metales pesados. Estos metales a menudo son filtrados directamente del mineral usando ácidos fuertes. De otro modo, los minerales sufren un proceso de molienda que implica compresión y adición de

Resumen

La minería y el procesamiento de minerales a menudo producen impactos ambientales negativos sobre el aire, suelos, aguas, cultivos, flora y fauna, y salud humana. Además pueden impactar, tanto positiva como negativamente, en varios aspectos de la economía local, tales como el turismo, inflación, etc. En el pasado, las empresas no siempre fueron obligadas a remediar los impactos sobre los recursos naturales. Como resultado, mucho de los costos de limpieza han debido ser subsidiados por los contribuyentes y los ciudadanos locales. Este paper presenta los costos representativos de numerosas actividades de remediación. Con frecuencia, el ítem más costoso a largo plazo es el tratamiento del agua. El uso de garantías financieras o seguros ambientales puede asegurar que el que contamina, paga por la mayoría de los costos.

Abstract

Mining and mineral processing often produce negative environmental impacts to the surrounding air, soils, waters, crops, wildlife, and human health. They may also impact, both positively and negatively, various aspects of the local economy, such as tourism, inflation, etc. In the past, companies were frequently not required to remediate impacts to these various resources. As a result, many of these cleanup costs have been "subsidized" by the taxpayers and local citizens. This paper presents representative costs for numerous remediation activities. Frequently, the most expensive long-term item is water quality treatment. The use of financial bonds or environmental insurance can ensure that "the polluter pays" most of the costs.

diversos químicos, combinado con procesos de separación física que producen residuos llamados relaves. Ambos tipos de procesos resultan en desechos que contienen numerosos residuos metálicos y no-metálicos del mineral, pero que también contienen altas concentraciones de químicos. En operaciones mineras modernas, los relaves generalmente son depositados en tranques especiales sellados con material sintético. Anteriormente, o cuando no se tomaban todas las previsiones, en estas operaciones los relaves podrían ser vertidos directamente en canales y vertientes o al mar. Donde no existe fiscalización, estos relaves obviamente pueden causar una contaminación significativa de todos los cuerpos de agua. Este material muchas veces contiene un pH muy alto (10 a 12), así como concentraciones potencialmente tóxicas de numerosos metales y no metales, radiactividad, cianuro y compuestos orgánicos relacionados. Aun donde han sido construidos tranques de relave modernos, existen posibilidades significativas de contaminación a largo plazo, debido a la posible filtración que puede no ser detectada hasta después de varios años de operación o del cierre de la mina. Todas estas actividades aumentan fuertemente la carga de sedimentos a los cuerpos de agua (ríos, lagos, mares), lo que podría dañar cultivos y, más importante aún, la calidad de agua y organismos acuáticos.

En el caso de formaciones lacustres en minas abandonadas de tajo abierto, éstas podrían llegar a contaminarse a través de los procesos antes mencionados y por evaporación, especialmente en ambientes desérticos. Tales minas requieren además de secado, de la construcción de tranques o reinyección de aguas subterráneas hacia la superficie. Dichas operaciones resultan a menudo en interacciones químicas no deseadas entre el agua que está siendo removida y la roca o los sedimentos, cuyo contacto entre sí puede generar elementos como el arsénico.

Los tranques de relave en países andinos frecuentemente sufren el efecto de movimientos telúricos fuertes, lo cual hace que los detalles en la construcción sean importantes y requieran de una mantención a largo plazo, incluso después del cierre, para prevenir tanto fallas catastróficas de funcionamiento, como filtraciones crónicas.

Los desechos de las fundiciones tales como la escoria y el material particulado (polvo), pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas. Los desechos de las fundiciones, a pesar de nume-

rosos reclamos por parte de la industria, frecuentemente emiten contaminantes, especialmente donde las aguas que reaccionan tienen un pH inusualmente alto o bajo, son saladas o contienen cal.

Muchos de los procesos antes descritos implican la implementación de infraestructura que requiere de mantención a largo plazo, para prevenir el deterioro y la seria contaminación: tranques de relave (con o sin sellados), filtraciones, pilas de sedimentos de rocas (con o sin tapas), equipos de desvío/bombeo/filtración, áreas de revegetación, sistemas de tratamiento "pasivos", etc. Varios países desarrollados hoy cuentan con plantas de tratamiento en operación para corregir problemas de calidad del agua después del cierre de la mina. Se anticipa que algunas de estas plantas lleguen a operar por décadas después del cierre, o incluso para siempre. Tales plantas y equipos requieren de mantención continua y a largo plazo, pudiendo ser una de las actividades ambientales más costosas relacionadas con la minería.

Estos impactos se podrían describir como daños al abastecimiento de agua para usos domésticos y municipales, la ganadería y agricultura -en situaciones donde las filtraciones pueden impactar huer-

tos o viñas-, la salud de las personas, la pesquería y vida acuáticas, y usos industriales del agua. Tales daños también pueden tener impactos indirectos en los aspectos sociales, educacionales y turísticos de una economía.

Impactos mineros sobre aire y suelos

Las variadas actividades mineras y de construcción asociadas, movilizan grandes cantidades de partículas de polvo. Éstas pueden producir impactos negativos debido tanto a su naturaleza física como química. Tales impactos incluyen:

- Reducción de la visibilidad, esmog y neblina;
- Impactos estéticos sobre casas, autos y vestimenta; decoloración y erosión de edificios debido a la presencia de ácidos;
- Impactos en la salud de la población, la cual puede sufrir enfermedades respiratorias y alergias, erupciones en la piel, reacciones tóxicas debido a contaminantes aéreos, entre otros;
- Daños a la vegetación, jardines, cultivos comerciales y viñas, dejándolos potencialmente en calidad de tóxicos para el consumo humano y animal;
- Impactos en la salud que podrían resultar del consumo de alimentos contaminados que fueron cultivados en tierras contaminadas;
- Corrosión de metales, daños a equipo y entorpecimiento operacional;
- Impactos en la calidad del agua y la vida acuática. Tales emisiones de fuentes industriales en Europa y EE.UU. son conocidas contribuyentes de la lluvia ácida y la acidificación de lagos;
- Contaminación de análisis de laboratorios por parte de contaminantes aéreos;
- Impactos negativos sobre el desarrollo turístico.

El procesamiento de minerales y específicamente las operaciones de fundición, emiten cantidades masivas de partículas y gases aéreos potencialmente tóxicos. La EPA (*Environmental Protection Agency*) de EE.UU., declaró en su Inventario de Emisiones Tóxicas (mayo de 2000) que la industria de la minería de metales pesados es la mayor fuente de contaminantes en este país. Por ejemplo, este documento señala que la mina Cyprus Miami Koper, en Arizona, emite dos veces la cantidad de desechos tóxicos (123 millones de libras) que el total de desechos de todas las fuentes industriales emitidas en el Estado de Nueva York (60 millones de libras²).

Estos contaminantes aéreos pueden dañar tanto

a las personas que trabajan en las minas como a la población ubicada a bastante distancia de las operaciones mineras, la cual rara vez tiene una conexión económica directa con estas operaciones y no eligieron estar expuestos a tales impactos. Claramente, las empresas mineras han enfrentado los costos por la responsabilidad derivada de algunos impactos asociados a la salud de las personas, pero mayores datos de este tipo no fueron fáciles de obtener para el autor.

Impactos mineros sobre aspectos sociales y culturales

El desarrollo de la actividad minera provoca el flujo de trabajadores y sus familias, hacia áreas que a menudo estaban escasamente pobladas. Esto es seguido por el desarrollo de empresas e instalaciones de apoyo que causan gran aumento en la actividad económica y demanda de todos los recursos, lo cual con frecuencia es considerado como algo positivo. Sin embargo, algunos de los impactos potencialmente negativos más comunes son:

- Presión sobre los gobiernos locales y la infraestructura educacional;
- Aumento de delitos;
- Aumento de tránsito por caminos locales, congestión, accidentes;
- Aumento en costos de mantención de caminos;
- Inflación respecto de costos de bienes, trabajo, propiedad e impuestos;
- Gran aumento en los costos del agua;
- Impactos potencialmente negativos sobre el turismo;
- Impactos en áreas o actividades que son importantes o sagradas para grupos indígenas.

Históricamente, la minería ha tenido ciclos económicos de auge y depresión que son considerados insostenibles. Una vez que comienza la caída económica, el área local inevitablemente es incapaz de proveer los fondos necesarios para pagar por los impactos. Lo anterior generalmente lleva a caídas económicas y degradación ambientales severas, y/o a peticiones de financiamiento externo para poder manejar los problemas.

Los accidentes derivados del transporte de desechos mineros y químicos de los procesos, puede obligar a las empresas a efectuar pagos en efectivo a ciudadanos locales que reclamen por daños. Recientemente, una empresa canadiense con operaciones mineras de oro en Kyrgyzstan realizó pagos

por US\$5 a 10 millones a ciudadanos locales, por concepto de daños ocasionados por accidente de un camión que transportaba cianuro.

Análisis de costos

Los antecedentes sobre los costos de este tipo de reclamaciones no están disponibles al público, ya que con frecuencia resultan de negociaciones confidenciales y/o litigios. Como resultado, los costos aquí presentados tienen un porcentaje considerable de inexactitud, por lo que deben tomarse como un indicativo del rango aproximado esperado. Debido a la disponibilidad limitada de datos sobre el tema, especialmente en Latinoamérica, la mayoría de la información presentada a continuación se asocia a las operaciones mineras de EE.UU. o Canadá. Los costos pueden aparecer bajo la forma de costos de prevención para tratamientos directos o post-operacionales. Cuando los costos son internalizados por las operaciones de la empresa, generalmente aparecen como costos de inversión en tecnología ambiental. Sin embargo, a pesar del esfuerzo, algunos impactos quedarán y sus costos potenciales tendrán que ser sostenidos por los contribuyentes y el público en general.

Parte de la información sobre costos proviene de discusiones con el Depto. de Justicia de Montana (EE.UU.), con respecto a un "Super Fondo" de minería para un sitio llamado Clark Fork Basin, actualmente bajo litigio. Esta cuenca es histórica-

mente un área minera de procesamiento de cobre (y otros metales), donde el Estado de Montana y la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (EPA) han negociado y litigado con los actuales dueños de la propiedad, mayoritariamente de ARCO (Atlantic Richfield Company's), para llevar adelante demandas de propiedad de esta gran área contaminada. Clark Fork está actualmente compuesta por varias zonas, muchas de las cuales se ubican alrededor de 193 kilómetros aprox. de ríos impactados.

Los costos asociados son aún más significativos para la situación chilena, porque ARCO adquirió las acciones de la Corporación Anaconda en los '70, incluyendo propiedades en EE.UU. y en Chile, principalmente en Chuquicamata³.

Mientras que muchos de los daños en Clark Fork no han sido jurídicamente solucionados y siguen bajo litigio, ARCO señala que aproximadamente US\$400 a 500 millones ya han sido gastados en limpieza general (incluyendo agua, suelo, aire, etc.). Aparentemente estas cifras incluyen alrededor de US\$100 millones para estudios técnicos, dejando fuera los costos legales. El Estado de Montana ya ha recibido US\$210 millones en compensación de parte de ARCO por daños a recursos naturales, además de US\$15 millones en compensación por estudios estatales y limpieza anteriores. ARCO también ha pagado US\$18 millones adicionales a tribus indígenas vecinas por concepto de daños. Además, el Estado tiene tres sitios con liti-

gios pendientes y daños adicionales a ARCO, que se estiman en US\$180 millones. Si los costos actuales de recursos legales exceden las cantidades estimadas, ARCO se verá obligada a pagar los

costos adicionales. ARCO hoy está demandando a su empresa de seguros por todos los gastos incurridos (ver Recuadro 1).

Recuadro 1

Costos asociados a la reparación de la Cuenca de Clark Fork

El siguiente recuadro presenta algunos costos de reparación pagado por Atlantic Richfield Company's (ARCO) o sus aseguradores en el sitio de Clark Fork, Montana, EE.UU.:

- Cubrir un cerro de relaves (aproximadamente 224 metros de alto por 5,2 km²) tiene un costo estimado de US\$80 millones. Incluye un cierre de 1,2 metros de ancho; pero se desconocen los detalles técnicos de las capas. Los costos estimados (futuro) incluyen control de agua y estructuras de desvío.
- El traslado de aproximadamente 917.471 m³ de relaves saturados / no saturados, algunas por tren. US\$1,91 por m³.
- El traslado de los relaves por camión. Aproximadamente US\$1,53 por m³ si son trasladados menos de 1,6 km. (1 milla); US\$2,67 por m³ si se trasladan más de 1,6 km.
- La mezcla de otros relaves (río abajo) con cal y su traslado por camión por aproximadamente 1,6 km. US\$1,14 por m³ por mezclar y US\$1,9 — US\$2,3 por m³ por transportar. Se anticipa la ocurrencia de la actividad de remoción de relaves por un período de 12 años y un costo cercano a los US\$80 millones.
- El área de recepción para dichos relaves tiene una napa subterránea de agua contaminada preexistente de cerca de 0,16 km². Los costos futuros de tapar y reclamar (incluye reforestación) se estiman en US\$100 millones a US\$150 millones, con aproximadamente el 50% de fondos destinados a cubrir y 50% a reclamación. El acto de cubrir se está efectuando en gran parte para prevenir el transporte futuro de polvos aéreos, ya que se si-

túa cerca de una carretera principal interestatal. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) considera que los recursos más "lesionados" son (en orden de más importante): agua subterránea, el hábitat silvestre y el hábitat acuático. Los legisladores han decidido que no es técnicamente práctico tratar las aguas subterráneas contaminadas, por lo que los fondos recibidos se utilizarán para la provisión de fuentes alternativas de agua y para reclamar hábitat acuáticos.

- Reparación de polvos de fundición. Aproximadamente US\$40 millones. Cerca de 458.735 m³ de desechos de fundición, aproximadamente 20% de metales por volumen y conteniendo altas concentraciones de arsénico, fueron mezcladas con cal y trasladadas por tren a un corral local (sellado y cubierto). Desafortunadamente, no podrá crecer vegetación sobre la tapa*.
- Reparación de suelos alrededor de hogares comunes. US\$5 millones.
- Tratamiento de contaminación de agua subterránea debido a minería a tajo abierto y subterránea. Actualmente existen cerca de 4.828 km. de labores subterráneas cerca del tajo situado dentro del pueblo de Butte. El lago del tajo tiene alrededor de 274,3 mts. de profundidad y sigue llenándose. Una vez que el nivel del agua se acerque al de los sedimentos de aluviones cercanos, ARCO deberá comenzar la operación, a perpetuidad, de una planta de tratamiento de agua. Se estima que la planta tiene una capacidad de tratamiento de 8 millones de galones al día (aproximadamente más de 30 millones de litros). Los costos de capital de construcción se estiman en US\$75 millones y costos de Mantención de Operaciones

(M/O) se estiman en US\$10 millones al año.

- Tratamiento de agua subterránea de aluviones en el área de Butte. El costo estimado de capital para la construcción de esta planta de tratamiento es de US\$20 millones; costos M/O se estiman en US\$500 mil al año.
- Reparación de pozos de relaves existentes ubicados río arriba de una importante ciudad regional. Este esfuerzo involucró la construcción de una represa y tranques mejorados para prevenir el escape posible de dichos relaves al pueblo causado por inundaciones o movimientos sísmicos excesivos. El costo fue de US\$45 millones.

Notas:

* La principal fuente de fundición para estos desechos alguna vez produjo 75 toneladas al día de arsénico. (Departamento de Justicia de Montana, Enero de 1995. Informe sobre Evaluación de Lesiones a Recursos Terrestres, Clark Fork Río Arriba; Sitios NPL: Programa de Daño a Recursos Naturales de Montana). El Estado donde se ubicaba esta fundición había informado tasas de cáncer entre las más altas en EE.UU. por muchas décadas. La tasa de mortandad por enfermedad (de todo tipo) en Butte, Montana, fue la más alta o entre las más altas de cualquier ciudad en EE.UU. entre 1949 y 1971. (Moore, Johnnie; Luoma, S.N. (1990). "Hazardous Wastes From Large-scale Metal Extraction: The Clark Fork Waste Complex". En: Proceedings (1990). Clark Fork River Symposium, 20 de abril, 1990, University of Montana, Missoula, MT, pp. 163-185.)

Seguros financieros e hipotecas

Hasta hace poco, en la mayoría de los países los legisladores fracasaban al exigir a las empresas mineras pagar los costos asociados a muchos impactos post-operacionales (ver Recuadro 2). Muchos de estos costos externos sólo podían ser internalizados a través de procesos de litigación y evaluación de costos de limpieza.

Muchas minas nuevas en EE.UU. y Canadá, están ahora obligadas a garantizar que los futuros costos ambientales sean pagados -tanto durante la operación como después del cierre de la mina-, aun si la empresa quiebra. Según las palabras de un economista, en estos dos países los legisladores

han tomado acciones para asegurar que los costos ambientales de mediano y largo plazo sean internalizados dentro de los costos de operación de las empresas. Esto frecuentemente requiere que la empresa minera compre un bono de una compañía de seguros, el cual se encuentra en manos de un fideicomisario independiente.

Tales obligaciones están siendo requeridas, porque numerosas empresas que han caído en quiebra dejan los daños y costos ambientales a los contribuyentes. Varias de estas empresas en quiebra tienen una casa matriz extranjera, con gran parte de las utilidades fuera del país donde sus minas están operando⁴. Actualmente, en EE.UU. y Canadá es común que las garantías cubran todo el costo anti-

Recuadro 2

Costos generales de reparación en sitios mineros

Estos costos pertenecen a numerosos sitios mineros, generalmente en EE.UU., y provienen de las diversas referencias presentadas en este artículo.

- Costos de reclamación de superficie (remoción de tierra, recuentos, reforestar) varían de mina en mina, pero en promedio van desde menos de US\$1.000 a más de US\$20 mil por 0,40 hectáreas (1 acre) en el oeste de EE.UU.
- Muchas operaciones mineras se realizan en regiones desérticas donde el agua es extremadamente escasa, y las fuentes adicionales de ésta a menudo deben ser adquiridas de otros usuarios. Algunos precios promedios de agua en el estado de Colorado son:

Derechos Absolutos de Agua: US\$200 a US\$20 mil por pie - acre [1 pie - acre = 1233.6 m³]. La cantidad menor es representativa del costo de usos rurales de riego; la cantidad más alta para el caso de usos domésticos municipales.

Derechos Absolutos de Agua Subterránea: US\$2.500 por pie - acre (por ejemplo, aguas provenientes no de afluentes en la cuenca de Denver, Colorado).

- Sustitución de aguas superficiales o subterráneas. La Corporación Kennecott Utah Copper, en

Bingham Canyon, Utah, fue obligada a pagar al Estado de Utah (EE.UU.) US\$9 millones para restituir fuentes de agua contaminadas por actividades de filtración de cobre. (Decreto Consent. Estado de Utah v/s Kennecott Utah Copper Corporation. Agosto de 1995).

- Tratamiento de agua subterránea contaminada (del sitio de Utah antes mencionado) hasta lograr la calidad adecuada para uso municipal. US\$28 millones para la construcción de una planta de tratamiento con capacidad de tratar 7.000 pie - acres al año. Esta cantidad se basa sobre un valor calculado de US\$4 mil por pie-acre de agua tratada (bajo estas condiciones), en dólares de 1995. El agua tratada debe tener concentraciones entre 250 y 500 mg/L y concentraciones de sólidos disueltos entre 500 y 1000 mg/L.

• Costos comparativos para la construcción y operación de plantas de tratamiento en tres sitios mineros en Colorado*. Estas plantas tienen capacidad de tratamiento de entre 60 y 520 m³/ hora. Los costos de capital de construcción fluctúan entre US\$0.6 millones y US\$11 millones; costos M/O fluctúan entre US\$0.64 y US\$6.48 por kilo de sólidos removidos. El costo de capital más bajo probablemente es demasiado bajo, casi 50%. Estos costos incluyen secado de aguas residuales, pero no los costos de disposición de ellos.

- Datos de diversos Planes de Descontaminación** en Chile muestran que los costos de salud pueden ser significativos, en el rango de US\$100 mil a US\$600 mil, por cada 100.000 toneladas de SO₂ por año. Sin embargo, estos valores dependen en gran medida del valor de la vida asumido para los cálculos.

• Los costos de monitoreo y de análisis también deben ser considerados: el personal, las instalaciones, la toma de muestras, los análisis de laboratorio (agua y geoquímica), los análisis de datos (modelación, interpretación), la publicación de datos, la interacción de los legisladores y el público, etc. Tales costos fluctúan con frecuencia entre un par de miles de dólares hasta cientos de miles de dólares (US).

Notas

* Ver **R.J. McLaughlin; A. Danzberger; R.E. McLaughlin (1995). *Demonstration of an Innovative Heavy Metals Removal Process*.**

** Los Planes de Descontaminación son una herramienta para enfrentar el problema de áreas saturadas, esto es, áreas en que se sobrepasan los estándares de calidad de aire. Los Planes son elaborados por la Comisión Nacional del Ambiente (CONAMA) y las empresas implicadas en general participan en un proceso consultivo.

cipado del movimiento de tierras y reforestación. Sin embargo, los programas que requieren a las empresas mineras obtener una garantía que cubra problemas de calidad de agua a largo plazo, están en etapas tempranas de desarrollo y aplicación. Los legisladores han exigido a las empresas que provean seguros financieros adecuados, solamente para aquellos impactos que puedan razonablemente *predecir*. Las predicciones generalmente han sido efectuadas por consultores pagados por las empresas mineras y los resultados han sido a menudo demasiado optimistas. Como resultado, impactos post-operacionales, especialmente los muy costosos que involucren problemas de calidad de agua de largo plazo, han sido muchas veces imprevisibles, dejando al gobierno con fondos insuficientes para completar (o a veces comenzar) una limpieza. Así, se necesitan predicciones de alta calidad e independientes para desarrollar una estimación de una garantía razonable.

Los costos asociados a la operación de una planta de tratamiento de agua, a menudo representan los costos de reparación a largo plazo más significativos (ejemplos: Summitville, Colorado; Zortman-Landusky, Montana; Golden Sunlight, Montana). En consecuencia, la hipoteca por anticipado de problemas de agua post-cierre se está volviendo un problema cada vez más común en EE.UU. y Canadá. Por ejemplo, la corporación RTZ hace poco acordó considerar dar una fianza por 185 millones de dólares canadienses, para obtener una aprobación gubernamental para el desarrollo de una mina de diamantes en el norte de Canadá.⁵

El seguro es otra forma de aseguramiento financiero que está siendo evaluado por los legisladores. Se está considerando exigir a los operadores de las minas nuevas, la adquisición de mejores seguros de responsabilidad ambiental, antes de la aprobación de los permisos. Es importante notar que las compañías de seguros normalmente fijan costos de cobertura sobre la base de riesgos asociados con accidentes que ocurran en una población de sitios similares y no sobre predicciones para el futuro en un sitio cualquiera⁶.

Conclusiones

Tradicionalmente, los estudios de impacto minero no han considerado la evaluación de los costos de dichos impactos. Como resultado, muchos de estos costos han sido "subsidiados" por los

contribuyentes o los ciudadanos locales. A fin de asegurar que "el que contamine pague" por impactos ambientales de largo plazo derivados de actividades mineras, el valor económico de los recursos necesita ser incluido en estudios de análisis de impactos. Dados los conflictos de interés inherentes, dichas evaluaciones deberían ser realizadas por científicos y economistas "independientes" y no simplemente por profesionales contratados por las mismas empresas mineras o sus prestamistas. Además, estos estudios tendrían que considerar impactos de largo plazo que pueden no aparecer hasta muchos años después del cierre de la mina, tal como ocurre con la contaminación del agua. Se deben considerar valores reales de mercado para el agua y otros recursos y no los costos artificiales. Si dichos análisis económicos son conducidos de manera correcta y conservativa, entonces los legisladores podrán requerir que las empresas entreguen algún tipo de seguro financiero adecuado, como una fianza, o bien un seguro por daño ambiental para cubrir estos costos anticipados. **AD**

Notas y referencias bibliográficas

(1) A modo de simplificar, en este artículo el término impacto minero se refiere a impactos asociados a actividades tanto de minería como de procesamiento de minerales.

(2) Según datos del año 1998.

(3) La silicosis, por ejemplo, ha sido la causa de las muertes de miles de trabajadores mineros en todo el mundo en nuestra época. Otros impactos en la salud de los mineros podrían ser considerados parcialmente debido a reacciones tanto negativas como positivas, por ejemplo, incidencias de cáncer de pulmón debido a exposición a radón y otros componentes radioactivos. Muchos metales y desechos de cobre contienen concentraciones elevadas de componentes radioactivos.

(4) Ver **Finn, Janet L. (1998)**, *Tracing the Veins: Of Copper, Culture, and Community from Butte to Chuquicamata*. Univ. of California Press, Berkeley, 309 pp.

(5) El derrame de relaves de cianuro y metales en Rumania ocurrido el 30 de enero del 2000, causó daños a la calidad de agua y vida acuática estimados en cientos de millones de dólares. La empresa con base en Australia (asociada a la empresa estatal de minería de Rumania) se ha declarado en quiebra. Ni el gobierno ni los ciudadanos de Rumania, ni tampoco los países impactados río abajo, serán capaces de pagar por la limpieza y remediación requeridas.

(6) Las principales categorías de opciones de seguros ambientales financieros son discutidas en: **Anderson, Kathleen (1999)**. "Using Financial Assurances to Manage the Environmental Risks of Mining Projects". En: *Environmental Policy in Mining*. **Alyson Warhurst; L. Noronha** (ed). Lewis Publishers, Wash., D.C. Pp. 283-293 Otro documento es: **Kuipers, J.R. (2000)**. *Hardrock Reclamation Bonding Practices in the Western United States*: National Wildlife Federation. Boulder, Colorado, EEUU. Este documento resume los programas de fianzas de varias agencias estatales, entrega varios estudios de casos, y resume potenciales responsabilidades por demandas infundadas para cada Estado. Los autores señalan que el total de responsabilidad potencial por demandas infundadas para todos los Estados del Oeste, es más de un billón de dólares.

Comentario de Gustavo Lagos al artículo de Robert Moran

Gustavo Lagos*

Robert Moran presenta un resumen de algunos de los principales impactos negativos ambientales que ocasiona la minería. Describe los impactos sobre la cantidad y calidad de agua generados por operaciones mineras, sobre el aire y los suelos, así como algunos de los impactos sociales negativos más importantes. Para vincular estos aspectos a la economía minera, describe en forma breve los costos de rehabilitación de terrenos mineros y el concepto de garantía ambiental que deberían pagar las empresas mineras antes de comenzar las operaciones. Finalmente, presenta dos anexos en que se describen someramente algunos valores relacionados con los costos ambientales de la minería.

El artículo no integra la perspectiva económica de las operaciones mineras, ya que hacerlo implica medir y cuantificar, aunque sea conceptualmente, los costos y los beneficios ambientales. Las actividades mineras se emprenden porque hay un valor económico agregado para las compañías que hacen la inversión y que posteriormente operan las minas. Y estas compañías están en el negocio minero porque hay mercados de metales, es decir, porque los productos producidos son valorados por la sociedad.

Es cierto que las operaciones mineras no son actividades delicadas, pero la sociedad necesita metales y alguien debe producirlos. Hasta ahora, el uso de metales no ha podido ser sustituido sino parcialmente por materiales distintos. Y sobre los impactos ambientales de largo plazo de estos nuevos materiales, muchas veces se sabe menos que sobre los metales.

Los metales tienen una característica única, cual es que están presentes en la naturaleza y representan más de la mitad de los cerca de 120 elementos conocidos. Por ello es probable que la humanidad nunca pueda prescindir completamente de ellos. Esto es particularmente cierto para los ocho elementos traza que han sido reconocidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), como inequívocamente esenciales para la salud humana. Ellos son: el hierro, el cinc, el cobre, el yodo, el cobalto, el cromo, el molibdeno y el selenio. En el caso de varios de estos elementos, incluido el cobre, su déficit alimentario genera en la actualidad mayores efectos a la salud de la población mundial que su exceso.

Por otro lado, los metales son reciclables y puede pensarse que en el futuro la mayor fracción de metales utilizados por la humanidad provendrán del reciclaje. Diversos estudios señalan, sin embargo, que el desarrollo de la sociedad está aún muy lejos de poder llegar a ni-

veles de reciclaje significativo. Atentan contra el aumento de la proporción del reciclaje -versus la producción de metales de mina- el aumento de la población, el crecimiento económico desigual en el mundo, y la posibilidad de recuperar, transportar y tratar todos los desechos. En el intertanto que ello ocurra -es decir, que predomine el reciclaje por sobre la producción de las minas-, el uso de metales continúa y ha aumentado durante la década de los '90, especialmente en el caso de algunos metales, más rápido que el crecimiento económico mundial y más rápido que la reducción de la intensidad de uso (masa de metal utilizado per cápita, o por ingreso per cápita).

Por lo anterior, es claro que la sociedad los sigue valorando, aunque se resiste en algunas partes del mundo a utilizar crecientes cantidades de los llamados "metales pesados". Las sociedades más refractarias al uso de los metales pesados -y las hay- son las de mayor ingreso per cápita, las que dejaron o están en un proceso de dejar de producir metales a partir de minas, y son también aquellas sociedades que originaron en el pasado los mayores impactos ambientales a la humanidad. Su oposición al uso de los llamados "metales pesados", estaría originada en los efectos ambientales que éste produce, aunque no hay que descartar que una razón importante de esta postura sea cultural/ideológica. Este aspecto no es considerado en el artículo de Robert Moran. Así y todo, más de dos tercios de los metales que se producen en el mundo van a parar justamente a estas sociedades.

Finalmente, el artículo menciona que los impactos ambientales negativos residuales de la minería no pueden ser evitados, incluso con la utilización de las tecnologías más avanzadas. Ello es cierto. El desafío consiste en aplicar las mejores tecnologías disponibles ahí donde se producen los metales y traspasar el costo que ello significa a los consumidores a través del precio. Esto se produce en forma casi automática, a pesar de que las compañías pioneras siempre pagan más. El problema más duro de resolver es cómo traspasar el costo ambiental negativo residual, correspondiente a los impactos que no son internalizados, al consumidor. Si pudiera lograrse esto último, el problema estaría resuelto. Las compañías seguirían obteniendo las utilidades que necesitan para seguir invirtiendo en las mejores tecnologías, los gobiernos podrían imponer los requisitos y regulaciones que sean necesarios para garantizar que los impactos residuales sean mínimos, y deberían, además, apropiarse de los excedentes correspondientes a la valorización económica de estos impactos para poder abatirlos en el futuro. El artículo de Robert Moran se refiere a este problema mediante el uso de garantías no sólo a priori, sino también a posteriori.

* Director del Centro de Minería. Pontificia Universidad Católica de Chile.