

MINERÍA, MINERALES Y MEDIO AMBIENTE

321	Manejo Ambiental de la Minería
321	<i>Grandes Volúmenes de Desechos</i>
334	<i>Planificación del Cierre de Minas</i>
338	<i>Legados de la Minería</i>
340	<i>Manejo Ambiental</i>
343	<i>Recomendaciones sobre Manejo Ambiental de la Minería</i>
344	Problemas Ambientales Relacionados
344	<i>Uso de la Energía en el Sector de los Minerales</i>
349	<i>Manejo Ambiental de los Metales</i>
353	<i>Diversidad Biológica: Amenazas y Oportunidades</i>
364	El Camino Hacia Adelante
366	Notas

Una de las ideas principales del desarrollo sustentable es la de la ‘formación de capital’. En este informe se discuten cinco formas principales de capital: natural, manufacturado, humano, social y financiero. En teoría, la determinación de si el mundo se encuentra o no en el camino correcto hacia el desarrollo sustentable es el resultado de evaluar, a lo largo del tiempo, las ganancias o pérdidas netas de todas estas formas de capital. No existe todavía una medida de valor común a todas las formas de capital; de ahí que esa evaluación muy probablemente será subjetiva.

Muchas personas piensan que el ‘capital’ natural no debería ser utilizado a un nivel que sobrepase la capacidad de reabastecimiento o que disminuya la calidad ambiental, a pesar de que durante el mismo proceso aumenten otras formas de capital.¹ Otras personas sostienen que cuando se reduce el capital natural, las condiciones para el desarrollo sustentable aún pueden ser atendidas en tanto aumenten otras formas de capital, tales como el capital manufacturado y el capital humano.² Este es el debate existente entre los puntos de vista ‘duro’ y ‘blando’ con respecto al desarrollo sustentable que se presenta en el Capítulo 1.

Es obvio que en la naturaleza se producen cambios aun sin mediar actividad humana; los ecosistemas no son estáticos. El punto de vista ‘duro’ del desarrollo sustentable no exige que los ecosistemas se mantengan sin cambios, o que los seres humanos no los alteren, sino más bien que existan algunos límites que deben ser respetados en dichas alteraciones para no perder la capacidad de autorregulación de los ecosistemas. Para el sector de la minería, esta es una posición difícil de sostener si se incluyen los recursos abandonados a través del tiempo geológico. Todo depende de lo que se considere un ‘capital natural decisivo’ a ser preservado para mantener el sistema en equilibrio y que, por lo tanto, no deba ser utilizado para incrementar otras formas de capital.

Parte del problema es que la apariencia de los sistemas naturales y la forma en que éstos trabajan –sin mencionar su resistencia a la alteración– no son bien comprendidas. Esto a su vez produce la idea de precaución, pero esto también genera problemas metodológicos. ¿Cuánta precaución es apropiado tener?

Es difícil sostener que la extracción, procesamiento y uso de los minerales en general beneficia o hace más productivos a los ecosistemas locales implicados. Existen unos pocos casos en que se generan de hecho dichos beneficios directos, como por ejemplo operaciones mineras en áreas anteriormente degradadas que en el nuevo proceso son recuperadas, o especies raras de murciélagos que sobreviven por que los antiguos túneles de las minas reemplazan el hábitat original destruido por los seres humanos. En efecto, parte de la flora existente en la península de Cornwall, en el Reino Unido, debe su presencia a la minería que se llevó a cabo en el lugar desde la época de los romanos. Sin embargo, éstas son excepciones.

Con un punto de vista más amplio, se puede sostener que el uso del metal, por ejemplo, en la producción de tubos de alcantarillado, reduce el impacto de las personas en su ambiente, en las ciudades y en muchos otros lugares. Es posible imaginar cañerías de madera, ¿pero a qué costo para el bosque? Los argumentos sin duda continuarán.

Además, la capacidad de los ecosistemas locales para proveer beneficios biológicos con frecuencia ha sido dañada gravemente por la explotación y el procesamiento de minerales. En el caso de minas, fundiciones, refinerías, centros de reciclaje y vertederos más modernos, puede existir una disminución importante del daño al capital natural por unidad de

producción con respecto al pasado. Sin embargo, la creciente demanda de minerales también significa que la producción total es mayor y de este modo, es posible que el daño esté aumentando en términos absolutos. Esto no se sabe, ya que nunca ha sido calculado por países, menos aun a escala mundial.

Las ‘mejores prácticas’ en manejo ambiental tienen un largo camino que recorrer antes de alcanzar la operación final. Y luego las mejores operaciones igualmente tendrán cierto impacto, aunque su contribución será menor por unidad de producto y sin duda se reducirá aún más. Las peores siguen siendo malas desde un punto de vista ambiental absoluto, pero el progreso es evidente. Por ejemplo, las mejores operaciones modernas de carbón de superficie pueden dejar a su paso sitios en los que un observador casual puede no darse cuenta de que allí se realizaron operaciones mineras. Sin embargo, es difícil negar que los antiguos métodos mineros han generado un daño ambiental que a la naturaleza le llevará un largo tiempo reparar, si es que alguna vez lo logra.

En algunas de las regiones mineras más famosas del mundo, es difícil aceptar que ha habido algún tipo de beneficio que compense la obvia pérdida de capital natural. La mina de Potosí, en Bolivia, viene operando hace 500 años, y produce una cantidad increíble de plata, pero a un gran costo humano, cultural y social. Bolivia sigue siendo hoy un país pobre y la región de Potosí es una de las más pobres del país, aunque la minería todavía provee algunos de los mejores medios de subsistencia a las personas de la zona.³ El legado de construcciones coloniales fue declarado Patrimonio Mundial y atrae algo de turismo, pero gran parte del capital humano o de construcción que podría compensar de alguna manera las pérdidas debe encontrarse en otro lugar.

Cuando se evalúan los indudables impactos ambientales provocados por la industria de los minerales, la primera pregunta que surge es si dicho impacto se encuentra dentro de los márgenes de autorregulación del ecosistema; ¿la duración del impacto es de corto o largo plazo? Y, si es de largo plazo, ¿es reversible o irreversible? Segunda pregunta: ¿vale la pena desde el punto de vista de otra ‘acumulación de capital’? Estas preguntas amplias son abordadas en este informe. No pueden responderse de manera categórica, ya que no existe un sistema para hacerlo. Por lo tanto, en este capítulo no se hace un balance de la posición general, sino que trata de cómo reducir los impactos al mínimo, dondequiera que estos se produzcan. Aun así, gran parte tuvo que ser excluida.

Dado que obviamente es imposible clasificar todos los tipos de impacto ambiental que pueden ocurrir debido a algún aspecto de la cadena de los minerales, este capítulo se enfocará en problemas generalizados, que ocurren en todo el mundo o se producen con mayor frecuencia y que tienen repercusiones a largo plazo. Sin embargo, algunos impactos que pueden responder a estos criterios no fueron incluidos.

El uso y manejo del cianuro en la industria del oro será uno de los temas no abordados, ya que durante el Proyecto MMSD se llevó a cabo una importante discusión sobre el tema, discusión fomentada por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), que generó la elaboración de



Para muchos, los cerros de roca de desecho son el principal impacto visual de la minería

un Código de Cianuro (se describe más adelante en este capítulo). La mayor parte de lo que se podía decir sobre el tema fue expresado por los actores en aquel debate y es poco lo que se puede agregar.⁴ El impacto radiológico y otros efectos del tramo final de la minería del uranio también fueron excluidos ya que se relacionan con una clase limitada de minerales y estos temas, aunque importantes, son complejos y rebasaban el alcance de MMSD.

Por último, los asuntos relacionados con el agua sólo fueron incluidos cuando tienen relación con otros impactos, como por ejemplo el drenaje de ácido. Esto se debe en parte a que el consumo de agua en la producción mineral, aunque es un impacto importante, termina cuando finalizan las operaciones y no presenta una responsabilidad en el largo plazo. Pero también se debe a que considerar problemas de competencia en la demanda de agua estaba fuera del alcance del proyecto. Cabe destacar, no obstante, que algunos informes regionales fueron más lejos en este asunto, debido a que la competencia por las aguas impone importantes limitaciones al desarrollo.⁵

En este capítulo se abordan siete áreas principales de discusión, en las que los impactos son graves y de largo plazo y de este modo más probables de ser considerados como un deterioro de la base de capital natural:

- grandes volúmenes de desecho,
- planificación del cierre de minas,
- legados de la minería,
- manejo ambiental,
- uso de energía en el sector de los minerales,
- manejo ambiental de los metales,
- amenazas a la diversidad biológica.

El primer paso para manejar y mitigar los impactos ambientales negativos de la minería implica identificar dónde están las responsabilidades. Los procesos de investigación y consulta realizados por MMSD indicaron que tales responsabilidades deben ser compartidas por muchos actores, en especial debido a que la sociedad civil percibirá los impactos de distinto modo dependiendo de cuánto se beneficia y en qué medida asume los costos de manera individual. En la actualidad, sin embargo, las comunidades locales rara vez tienen el poder de decidir si las compensaciones valen la pena.

Gran parte del contenido, opiniones y recomendaciones de la siguiente sección, Manejo Ambiental de la Minería, tomaron como base los artículos preparados por MMSD sobre grandes volúmenes de desechos, cierre de minas y minas abandonadas; así como las actas del taller realizado para discutir estos tópicos, los comentarios de parte de un comité revisor independiente y de asistentes al taller.⁶ Estos artículos documentan algunas de las pautas actuales sobre mejores prácticas, incluyendo las elaboradas por el Consejo Internacional sobre Metales y Medio Ambiente (ICME), el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Asociación de Minería de Canadá, la Fundación Ambiental de Minerales y Energía de Australia (AMEEF) y la Cámara de Minas de Sudáfrica.

Manejo Ambiental de la Minería

Grandes Volúmenes de Desechos

Las operaciones mineras a gran escala producen inevitablemente grandes cantidades de desechos. Una de las consideraciones ambientales más importantes en cualquier mina es cómo manejar estos grandes volúmenes de desecho de modo de reducir al mínimo los impactos a largo plazo y maximizar cualquier beneficio a largo plazo. Sobre el terreno, las huellas físicas de las instalaciones de eliminación de desechos a menudo son importantes y estas operaciones rara vez son diseñadas para un uso final beneficioso. Cuando estas operaciones ocupan tierras que previamente eran productivas como hábitat de vida natural, tierras de cultivos, etc., puede pasar un tiempo muy largo antes de que vuelva a alcanzar el nivel anterior de productividad si no son rehabilitadas de manera apropiada.

Además de la pérdida de productividad, estos desechos pueden tener un profundo efecto en los ecosistemas cercanos. Cuando éstos no son estables físicamente, la erosión o alguna falla catastrófica puede provocar impactos graves o de largo plazo. En los casos en que no tienen una estabilidad química, pueden transformarse en mayor o menor medida en fuente de contaminantes de los sistemas naturales de agua. Estos impactos pueden tener consecuencias ambientales y socioeconómicas duraderas y puede ser extremadamente difícil y costoso abordarlas a través de medidas de rehabilitación.

Esta es quizá, la principal causa de la extendida idea de que la minería, a diferencia de muchos otros usos del territorio, constituye un compromiso permanente con éste. La evidencia visible de que la tierra de hecho se ha vuelto estéril e improductiva debido a actividades mineras previas es un mensaje tan poderoso que es improbable que esto cambie, incluso con esfuerzos conjuntos de envergadura destinados a rehabilitar el peor de estos sitios.

En años recientes, se han producido importantes avances en las mejores prácticas de manejo ambiental de los yacimientos. Esto incluye la introducción de procedimientos de operación que han mejorado los métodos de eliminación de desechos y métodos que reducen la probabilidad de impactos a largo plazo. Pero en la mayoría de los casos, aún queda un largo camino a recorrer antes de que una mina pueda ser considerada una contribución para mejorar el ecosistema.

El volumen de desechos que produce la mina depende de las características geológicas del yacimiento, del tipo de minería (subterránea o a tajo abierto) y del mineral que es extraído, como también de la escala de la operación. Los desechos de la minería se producen en muchas categorías distintas, entre las que se incluyen:

- *Recubrimiento* – se debe remover suelo y roca para tener acceso al recurso mineral;
- *Roca de desecho* – roca que no contiene el mineral suficiente para ser de interés económico;
- *Relaves* – residuo acuoso de mineral molido que permanece después que se ha extraído la mayor cantidad de minerales;
- *Mineral residual de la pila de lixiviación* – la roca que queda en una instalación de lixiviación después de la recuperación de los minerales.

El costo es un factor clave para decidir dónde estarán ubicadas las instalaciones para eliminar los desechos generados en la mina. La opción más barata a menudo es depositar los desechos en un lugar lo más cercano posible a la mina o en una ubicación a la cual pueda ser transportado por la gravedad. La elección del lugar también está muy influenciada por el clima: las opciones son muy distintas para La Escondida, en el desierto chileno, donde no llueve casi nunca y en Grasberg o Batu Hijau en Papua (antes Irian Jaya) donde las

precipitaciones anuales pueden alcanzar de 8 a 11 metros.⁷ Los ingenieros en minas también deben tomar en cuenta la topografía, la hidrología y las características geológicas de un área. Las opciones pueden ser diferentes cuando existe un alto riesgo de que se produzcan terremotos. Otras consideraciones incluyen las comunidades locales, el uso actual de la tierra, las áreas protegidas y la biodiversidad.

Estas decisiones pueden tener un enorme impacto en el futuro de las comunidades locales, quienes tendrán que vivir con las consecuencias mucho después de que la mina haya cerrado y la empresa se haya marchado. Una empresa por sí sola simplemente no tiene la información sobre los ecosistemas locales o los detalles de la vida social o económica local que la califique para tomar estas decisiones de modo unilateral. Esto resalta la importancia de consultar directamente a los gobiernos y a las comunidades locales durante el proceso de planificación y construcción de las instalaciones de eliminación de desechos.

Eliminación en el Suelo

El lugar más común para eliminar el desecho minero es el suelo. Para esto se utilizan una diversidad de métodos que dependen, entre otros aspectos, del tipo de desecho.

- *Recubrimiento y Roca de Desecho*

El recubrimiento y la roca de desecho por lo general están lo suficientemente triturados para ser trasladados hasta el lugar de eliminación apropiado, en que el material con frecuencia es apilado y cualquier exceso es emparejado desde el borde con una pala mecánica formando laderas al ángulo de reposo natural. Las consideraciones más importantes son producir laderas estables y controlar el flujo de agua en y alrededor de los desechos para reducir al mínimo la erosión, proteger la estructura e intentar prevenir la infiltración. El problema más frecuente relacionado con los cerros de desecho es el drenaje de ácido, problema que es abordado con mayor profundidad más adelante. En lugares en que los porcentajes de precipitaciones son altos, es necesario tener especial cuidado con el fin de asegurar la estabilidad física de las instalaciones de roca de desecho, ya que pueden ceder con consecuencias catastróficas.

En algunos climas, la escasez de agua puede ser un problema y puede que sea necesario humedecer la superficie de la instalación con cierta frecuencia para impedir que se produzca polvo. Este sistema de humedecer el terreno no es una solución práctica en el largo plazo y al momento del cierre se debe establecer un método de rehabilitación permanente. En algunos climas esta solución puede ser una cubierta vegetal, mientras que en regiones más áridas puede ser necesario formar una cubierta dura sobre la superficie.

- *Relaves*

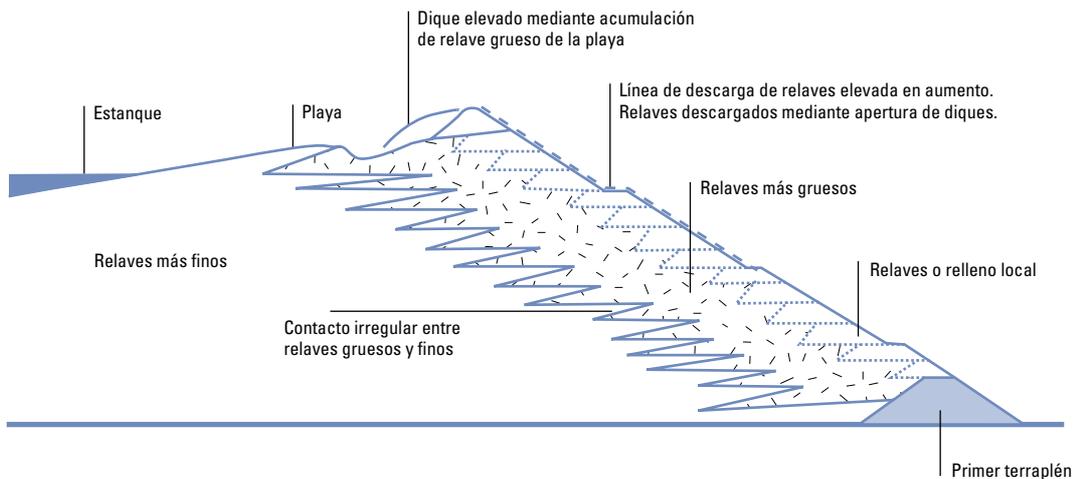
Los relaves son roca finamente molida desde la cual los valores minerales deseados han sido extraídos mediante el uso de reactivos químicos. Este residuo toma la forma de una solución acuosa compuesta al menos en un 50% de agua y puede ser transportada a través de cañerías. Los relaves por lo general son vaciados en instalaciones de almacenamiento donde son retenidos en estanques o diques construidos con los mismos relaves, desechos de minas o rellenos de tierra o roca. (Ver Figura 10–1.) Cuando los relaves son depositados en la instalación, la fracción sólida se asienta –lo que forma una playa que propicia que la solución acuosa sea decantada y depositada o reciclada. A medida que los relaves son decantados, a menudo son utilizados para aumentar la altura del dique de los mismos relaves.

Dado que las instalaciones de almacenamiento por lo general contienen residuos químicos y elevados niveles de metales, es crucial asegurar su estabilidad física y química. Estas estructuras son proclives a las filtraciones, que pueden generar la contaminación de aguas subterráneas y

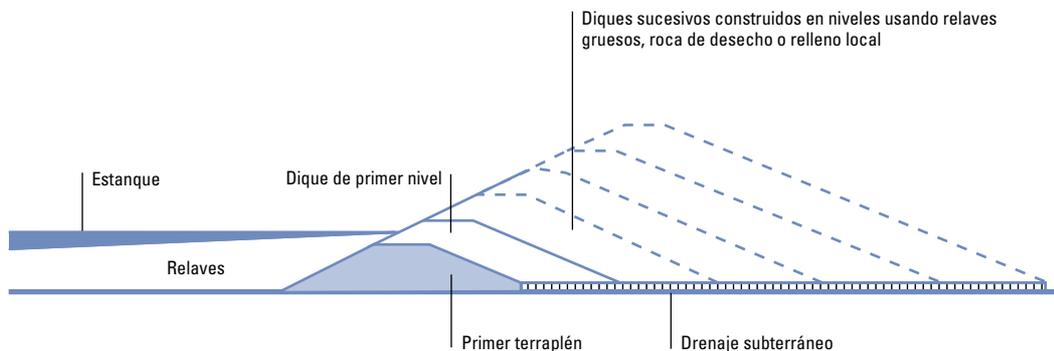
Figura 10-1. Definiciones Geométricas de un Dique de Relave

Fuente: Martín et al. (2001)

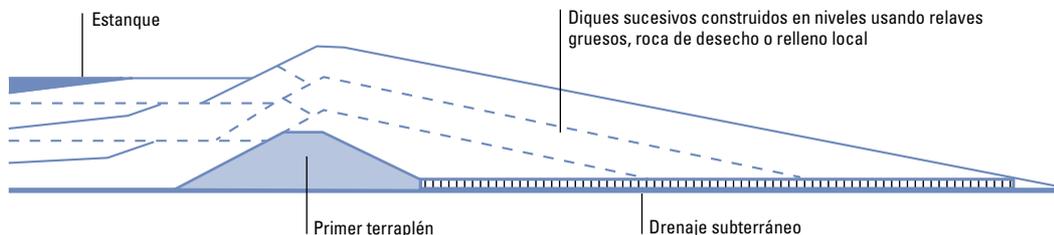
Método Ascendente de Construcción de Diques de Relaves



Método Descendente de Construcción de Diques de Relaves



Método Centrado de Construcción de Diques de Relaves



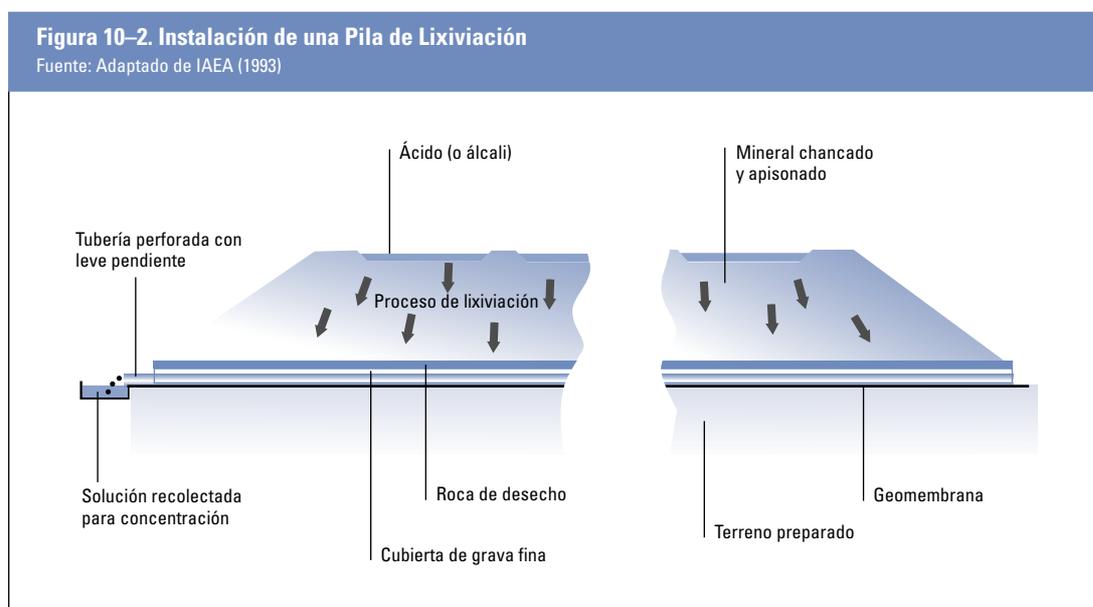
de superficie y en casos peores, pueden presentar fallas catastróficas –problema que será tratado en mayor detalle más adelante. Debido a que los relaves están compuestos por partículas finas, cuando se secan pueden ser fuentes de graves problemas de polvo: en la bahía de Chañaral en Chile, existe un verdadero problema con los relaves de las minas ricas en plomo, que son esparcidos por el viento en el pueblo local.⁸ En Gauteng, Sudáfrica, las antiguas instalaciones de almacenamiento de relaves generan polvo que puede ser esparcido por el viento por varios kilómetros. Durante los meses secos el polvo es insostenible y los habitantes locales se ven obligados a sellar puertas y ventanas tratando de evitar que el mismo entre a sus casas.⁹

La minería a menudo se lleva a cabo en áreas en que el agua es escasa. En estas regiones, el consumo de agua para procesamiento mineral puede tener un grave impacto en las capas acuíferas. En algunas minas los relaves pueden ser condensados antes de ser eliminados y el líquido es reutilizado en el circuito de procesamiento. En muchos casos esto tiene el beneficio agregado de reciclar sustancias químicas para el proceso. El agua también puede ser decantada en la instalación de almacenamiento y reciclada hasta la planta de procesamiento. Cualquier reciclaje del agua de relaves reduce la descarga al ambiente cercano y la posibilidad de impactos negativos.

Los relaves también pueden ser condensados para mejorar el método de eliminación. Los relaves convencionales están compuestos de 30 a 50% de material sólido, mientras que los ‘relaves condensados’ son de 55 a 75% y los ‘relaves pasta’ son sólidos en más de un 75%. Los relaves condensados pueden ser almacenados con una retención de agua mínima, lo que genera una estructura más estable, tanto física como químicamente, mientras que el relave pasta puede ser utilizado para rellenar minas subterráneas.

- *Mineral Residual de la Pila de Lixiviación*

Un tercer tipo de desechos depositados en el suelo es el residuo de la pila de lixiviación. Aquí el mineral chancado es colocado sobre una ‘plataforma’ de tuberías perforadas e irrigado con el reactivo apropiado –cianuro en caso del oro y plata y ácido sulfúrico en el caso del cobre o uranio. (Ver Cuadro 10–1 para mayor información con respecto a un nuevo código de manejo de cianuro.) Las soluciones de lixiviación son recolectadas luego en los canales perimetrales, ubicados alrededor de la plataforma, y bombeadas hasta la planta de procesamiento. (Ver Figura 10–2.) Después, las aguas residuales son recargadas con reactivo y reutilizadas.



Cuadro 10–1. Código Internacional de Manejo de Cianuro

En la actualidad, no existe alternativa ambientalmente positiva que sea viable en términos económicos para utilizar el agente reactivo cianuro en la producción de oro. El cianuro, además, es un químico peligroso que requiere un manejo cuidadoso.

Para abordar los temores de la opinión pública con respecto al uso y manejo del cianuro, el PNUMA y el ICME organizaron en conjunto, en mayo de 2000, un taller dirigido a diversos grupos de interés. Los participantes confirmaron la importancia de un Código de Práctica “para impulsar un mejor desempeño en la minería mediante altos estándares de tecnología, manejo y control para dar a la opinión pública la confianza de que sus preocupaciones están siendo abordadas”. La definición de propósitos del Código es “ayudar a la industria mundial de la minería del oro a mejorar el manejo del cianuro y de este modo reducir al mínimo los riesgos para los trabajadores, las comunidades y el medio ambiente”.

Elaborado por un comité de 14 participantes entre los que se incluyeron grandes y pequeños productores de oro, el sector financiero, grupos ambientalistas, gobiernos de países industrializados y en desarrollo, el sector laboral y proveedores de productos químicos y tras un amplio proceso de consulta pública, el código establece nueve principios, cada uno con Estándares de Práctica específicos para proteger a los trabajadores, el medio ambiente y la opinión pública. Los principios abordan la producción responsable, transporte seguro, manejo y almacenamiento apropiado, operaciones, la necesidad de planes para dar de baja equipamiento, seguridad del trabajador, capacidades y estrategias para responder a emergencias, capacitación y diálogo público. En la actualidad, se está buscando una institución que adopte el código y se ha planeado que una tercera parte realice una auditoría, pero esta acción aún no se ha iniciado. Todavía se están elaborando mecanismos con respecto a la pérdida de certificación, resolución de conflictos y actualización periódica.

Para mayor información, visitar <http://www.cyanidecode.org> y <http://www.mineralresourcesforum.org/cyanide>

El objetivo es operar un sistema cerrado que no descargue nada de la solución en los sistemas de aguas naturales. Sin embargo, todas las tuberías se filtran en cierta medida y la mejor práctica actual es construir las plataformas con tuberías múltiples e incorporar sistemas de detección de filtraciones.¹⁰

Después de recuperar los metales del mineral, la pila es enjuagada para eliminar cualquier resto químico. Sin embargo, incluso después del enjuague pueden permanecer altos niveles de metales y algunos de los químicos. Por este motivo, las instalaciones deben ser diseñadas para controlar el drenaje superficial con el fin de evitar erosión, filtraciones o fallas.

Aunque recubrimiento, roca de desecho, relaves y pilas de lixiviación usadas, muestran algunos problemas comunes, cada tipo de desecho tiene su propio conjunto de problemas. Mediante la mezcla de algunos de estos productos de desechos, puede ser posible compensar los problemas relacionados con cada uno de ellos: la roca de desecho es porosa y propensa a la generación de ácido, mientras que los relaves son muy finos y proclives a la inestabilidad. Una idea es que la eliminación conjunta de estos dos materiales de desecho podría crear instalaciones de almacenamiento más estables tanto física como químicamente. (Ver Cuadro 10–2.) La Red Internacional para la Prevención de Drenajes de Ácidos (INAP, *International Network for Acid Prevention*) ha emprendido una investigación patrocinada con el objeto de indagar diversos aspectos de la eliminación conjunta. Entre estos aspectos se incluye la construcción de

instalaciones para la eliminación conjunta de roca de desecho y relaves; y del uso de la eliminación conjunta para construir cubiertas para las instalaciones de retención de roca de desecho.

Los desechos generados por las minas en ocasiones son considerados un recurso y pueden ser apropiados como relleno para la construcción de carreteras y como material de construcción. Diversos proyectos están buscando una variedad de usos finales para este material. Sin embargo, el volumen de desechos es tan grande que no es más que una pequeña fracción del total lo que se utiliza de esta manera. También debe ser usado con cuidado, en especial en la industria de la construcción, ya que los contaminantes presentes en el desecho a veces han provocado problemas en el largo plazo.

Utilizar relleno de desechos de mina en trabajos subterráneos o piques abiertos tiene ciertas ventajas y desventajas. Las principales ventajas son la reducción del uso del territorio y la estabilización de operaciones subterráneas. Sin embargo, el aumento del volumen de desecho al momento de la excavación indica que no es posible usar de relleno todo el material extraído. Como resultado, sólo una cifra cercana al 60% puede ser utilizada y el resto es ubicado en las instalaciones de eliminación en la superficie.

Rellenar piques abiertos durante las operaciones sólo es posible donde existen piques separados o un pique alargado. La doble manipulación de materiales de desecho rara vez es viable desde el punto de vista económico y pueden ocurrir problemas ambientales durante el almacenamiento temporal del desecho. Sin embargo, los impactos ambientales de un pique abierto parcialmente relleno pueden ser considerablemente mayores que una instalación de desecho en la superficie. Algunos especialistas sostienen que las empresas se niegan a rellenar sin un análisis lo suficientemente serio, lo que en oportunidades puede ser verdad.

El material de desecho también puede ser eliminado bajo el agua tanto en lagos naturales como artificiales o en piques abiertos anegados. (Ver Cuadro 10–3.)

Drenaje de Ácidos

El problema ambiental más grave y persistente relacionado con la minería es el drenaje de ácidos (DA).¹¹ El DA se produce en muchas regiones mineras importantes, en especial en aquellas en que ocurren precipitaciones templadas, y algunos estudios regionales indican que

Cuadro 10–2. Eliminación Conjunta

La eliminación conjunta mezcla roca de desecho con relaves. Este método tiene la ventaja de llenar los vacíos existentes entre las partículas de rocas de desecho. Si las características de consolidación son correctas, esto excluye algo de aire, y de este modo se reduce la posibilidad de drenaje de ácido y también disminuye los problemas de polvo de relaves transportados por el viento. La cantidad total de suelo necesaria para eliminación de desechos se reduce, se utiliza menos agua y los depósitos pueden proporcionar un mejor sustrato para el crecimiento de vegetación y otra biota. Sin embargo, este tipo de “eliminación conjunta” también conlleva riesgos. Si el porcentaje de relaves es demasiado grande, el depósito será físicamente inestable; si es demasiado bajo, el aire y el agua pueden penetrar más fácilmente, lo que genera mayores riesgos de drenaje de ácido de roca. En la actualidad la eliminación conjunta es utilizada principalmente en la minería del carbón, en especial en Australia.

Fuentes: Van Zyl et al. (2002); discusiones en taller MMSD realizado en Vancouver, 2001; <http://www.inap.com.au/inap/homepage.nsf>

Cuadro 10–3. Eliminación en Lagos

La eliminación en lagos puede ser utilizada en el caso de roca de desecho, ya que la ausencia de exposición a la acción de bacterias y al oxígeno reduce el drenaje de ácido. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta la composición química del desecho y las estructuras artificiales deben ser vigiladas cuidadosamente. Algunos piques exponen rocas generadoras de ácido y agregar más rocas de este tipo puede alterar gravemente la calidad del agua y la biota del lago.

Fuente: <http://www.nrcan.gc.ca/mets/mend/>

es un problema generalizado.¹² En los lugares en que se produce este problema puede tener un grave impacto sobre la productividad de los ecosistemas. El DA puede ser un problema de largo plazo y puede provocar una reducción del capital natural.

La generación de ácido comienza en el rango de pH circumneutral en que los minerales de sulfuro de hierro están expuestos y reaccionan al oxígeno y el agua. Este es un proceso que se produce en la naturaleza y existen casos en que ha alcanzado niveles de problema sin intervención del hombre. Pero al exponer y romper estos materiales, la minería puede acelerar en gran manera el porcentaje de ocurrencia de estas reacciones. Otros factores que influyen en la oxidación de los minerales de sulfuro son la temperatura, niveles de acidez (pH), equilibrio de hierro ferroso/férrico y actividad microbológica, en especial en la forma de *Thiobacillus ferrooxidans*. En la minería se exponen materiales ricos en sulfuro en las paredes de los piques abiertos, túneles de minas, roca de desecho, relaves, etc. El DA es de menos preocupación en lugares en que las minas explotan yacimientos oxidados. Debido a que estos depósitos son menos numerosos y al parecer son explotados con más facilidad que los yacimientos de sulfuro, algunas personas sostienen que el problema aumentará a medida que la industria agota los recintos de óxido.¹³

El DA se caracteriza por los bajos valores de pH y las altas concentraciones de metales pesados disueltos; el ácido sulfúrico disuelve fácilmente metales como hierro, cobre, aluminio y plomo. Uno de los aspectos más serios del drenaje de ácido es su persistencia en el medio ambiente. Una mina generadora de ácido puede provocar, en el largo plazo, graves impactos en aguas subterráneas y de superficie y en la vida acuática. Una vez que el proceso de generación de ácido ha comenzado es extremadamente difícil detenerlo. Se sabe que la combinación de acidez y contaminantes disueltos mata la mayor parte de la vida acuática, deja a los ríos casi estériles y hace que el agua no sea apropiada para el consumo humano.¹⁴

El DA no es un problema de todas las minas, incluso en zonas ricas en sulfuro. En algunos casos, la reacción puede ser inhibida por falta de agua u oxígeno. En otras situaciones, los suelos circundantes pueden tener cualidades ‘absorbentes’ que ayudan a neutralizar el ácido.¹⁵ Pero en algunos casos metales y sulfatos pueden incluso ser movilizados aunque no aparezcan las condiciones de ácido.

En algunos casos los problemas pueden ser evidentes desde el principio y aumentar rápidamente durante la vida de la mina. En otros, el DA sólo puede aparecer después que la mina ha sido cerrada y la empresa ha dejado el área. Sin embargo, una vez que ha comenzado, el proceso puede prolongarse por siglos e incluso milenios. Por ejemplo, se cree que la generación de ácido en el distrito minero de Río Tinto, en España, fue causada por los romanos o quizás incluso por mineros fenicios.¹⁶

- *Tratamiento*

Tratar el DA con eficacia es muy difícil. Existen conocidos métodos de manejo para reducir al mínimo el problema. Un diseño eficaz de la mina puede mantener alejada el agua de los materiales generadores de ácido y de este modo prevenir la ocurrencia de DA. Pero en muchos casos esto no es apropiado para prevenir totalmente el DA.

El DA puede ser tratado de manera activa o pasiva. El tratamiento activo implica instalar una planta de tratamiento de agua. En este caso, el DA primero es dosificado con cal para neutralizar el ácido y luego es pasado a través de tanques de asentamiento para eliminar el sedimento y los metales particulados. Los costos que implica operar una planta de

tratamiento de agua pueden ser altos, además de la atención y mantenimiento constantes que requiere la planta.

El objetivo del tratamiento pasivo es desarrollar un sistema operativo automático que pueda tratar los residuos sin que sea necesaria una intervención continua del hombre. Un ejemplo de esto sería pasar el agua a través de un pantano artificial en el cual la materia orgánica, las bacterias y algas trabajen juntas para filtrar, adsorber, absorber y precipitar los iones de metales pesados y, de este modo reducir la acidez.¹⁷

Hasta ahora nadie ha diseñado un sistema pasivo que trabaje de manera indefinida sin intervención humana. Por lo tanto, es imposible estar libre de gastos continuos. No solamente se necesitará el tratamiento durante la vida de la mina, sino indefinidamente después. Diversas iniciativas y programas de investigación actualmente se están enfocando en la prevención y control del drenaje de ácido. Las más conocidas son *Mine Environment Neutral Drainage* (Drenaje Neutro en el Medio Ambiente Minero) y la INAP.¹⁸

- *Desarrollo Sustentable y Drenaje de Ácido*

Podría haber un debate con respecto a la medida en que la disminución del capital natural provocada por el DA puede ser mayor si se suma el capital humano. El debate se volvería más complejo aun si se centra en quién tiene el derecho de establecer las compensaciones –gobiernos de países en desarrollo, los que se orientan más hacia un norte ambientalista o los que pueden hablar por las próximas generaciones. La legislación de Wisconsin, en Estados Unidos, ha tomado la drástica decisión de exigir –como condición de entrega de un permiso minero– la verificación de que una o más operaciones mineras de sulfuro se hayan ejecutado en total cumplimiento con las leyes ambientales pertinentes y que estas operaciones no causen ninguna “contaminación ambiental importante”. (Ver Cuadro 10–4.) Se ha estudiado a más de 50 minas en un esfuerzo por encontrar un recinto en el que se pueda demostrar que cumple con estas condiciones; todas han sido rechazadas. El hecho de no poder demostrar que no existe un recinto que pueda satisfacer estos criterios podría tener graves consecuencias para el futuro de la industria minera en Wisconsin y en cualquier otro lugar.

La ciencia que permite anticipar la ocurrencia de DA es imperfecta y se encuentra orientada más a una gama de posibilidades que a entregar respuestas precisas. Además, la ciencia disponible no siempre es utilizada, en especial cuando las autoridades reguladoras carecen de la capacidad o del conocimiento para hacer las preguntas correctas y exigir las mejores respuestas. El debate se desarrolla en gran medida lejos de la opinión pública, ya que se cree que los temas son demasiado técnicos para que el público los comprenda, debido a que el proceso regulador ocurre en un ambiente sin una tradición de participación pública, a que los temas están envueltos en una jerga científica y quizás por que los

Cuadro 10–4. Legislación Minera de Wisconsin

La ley exige al Departamento de Recursos Naturales de Wisconsin tomar dos decisiones claves antes de otorgar un permiso minero:

- que una operación minera haya actuado en un yacimiento de sulfuro, que junto a la roca que lo hospeda, tenga un potencial neto de generación de ácido en Estados Unidos o Canadá de al menos diez años sin contaminar aguas subterráneas o de superficie con drenaje de ácido de los recintos de desecho de relaves, del recinto minero o de la liberación de metales pesados, y
- que una operación minera que funcione en un yacimiento de sulfuro, junto con la roca que lo hospeda, que tuvo un potencial neto de generación de ácido en Estados Unidos o Canadá haya estado cerrado por al menos diez años sin contaminar aguas subterráneas o de superficie con drenaje de ácido de los recintos de desecho de relaves, del recinto minero o de la liberación de metales pesados.

Fuente: Estado de Wisconsin (1977); Estatuto 293.50 de Wisconsin. Ley Moratoria de Minería

beneficios pueden llegar de inmediato, mientras que luego vendrán las consecuencias, privilegiando así al optimismo. Por lo tanto, las concesiones entre criterios competentes no son hechas de manera consciente, explícita o transparente.

Fallas en Instalaciones de Almacenamiento de Desechos

Cualquier actividad humana que implique trasladar grandes cantidades de roca, cianuro, ácido u otros reactivos peligrosos inevitablemente estará sujeta a que se produzca algún accidente. Se han producido accidentes a lo largo de toda la cadena de producción y uso de minerales, aunque ha habido enormes avances por parte de las mejores empresas para reducir la frecuencia. Esto no significa que no se pueda hacer nada más. Los accidentes que se producen en los tramos finales del ciclo de los minerales, en fundiciones y refinerías, son discutidos hasta cierto punto en el Capítulo 6. Esta sección aborda los accidentes en recintos mineros y se centra en aquellos con consecuencias ambientales serias y posiblemente de largo plazo.

En el ámbito global, la única preocupación mayor es la falla de las instalaciones de almacenamiento de relaves.¹⁹ Aunque es difícil llegar a cifras totales, dado los distintos sistemas de seguimiento e información, una cifra estimada indica que existen 3.500 instalaciones de almacenamiento de relaves en uso activo y varios miles que ya han sido cerradas, de las que al menos algunas de ellas representan serios riesgos.²⁰ Desde 1975, las fallas de instalaciones de almacenamiento de relaves han alcanzado una cifra cercana a los tres cuartos de los incidentes ambientales importantes relacionados con la minería.²¹ En promedio, al parecer los accidentes importantes ocurren una vez al año, pero hay muchos otros eventos que quedan bajo el umbral de las condiciones de información de los gobiernos.²²

Como ejemplo específico, en 1996 Rio Tinto inició una revisión de dos años de la eliminación de desechos en 75 recintos mineros del mundo. Esta revisión contemplaba un estudio de antecedentes de todos los recintos y una posterior inspección a 26 de éstos. Los resultados del estudio indicaron que en los diez años previos a la realización de este análisis, se habían producido un total de 16 fallas estructurales (21% de los recintos), 10 de las cuales correspondían a instalaciones de almacenamiento de relaves y 5 a vertederos. Además, 10 instalaciones fueron clasificadas como “altamente peligrosas” según los criterios utilizados en la región de Australia Occidental.²³

Las fallas de las instalaciones de almacenamiento de relaves pueden tener consecuencias devastadoras.²⁴ En 1965, en Chile un terremoto destruyó 11 instalaciones, de las cuales una liberó 2,4 millones de metros cúbicos de relaves que se deslizaron por 12 kilómetros, sepultando el poblado de El Cobre y matando a 300 personas.²⁵ Como es natural, este tipo de incidentes genera miedo y rabia, pero incluso la sola amenaza de falla puede causar una inmensa preocupación a la población local. Incidentes importantes también exigen una regulación más estricta. En Chile, la falla de El Cobre generó nuevas regulaciones para las instalaciones de almacenamiento de relaves. En Estados Unidos, el desastre de Buffalo Creek superó años de oposición por parte de la industria y generó la promulgación de estándares ambientales nacionales para las minas de carbón.²⁶ La lista es larga e incluye otros incidentes además de fallas de relaves, pero la relación entre accidentes altamente publicitados –de los que las fallas de relaves son los más frecuentes– y nuevas y más estrictas regulaciones es ineludible.

Como ya se indicó, la ubicación de grandes instalaciones de almacenamiento de relaves es

una decisión de uso del territorio que efectivamente tiene consecuencias permanentes. Si la instalación constituye un peligro, el riesgo no siempre termina cuando la mina cierra. Si la instalación se encuentra mal diseñada, mal construida o mal ubicada, lluvias, inundaciones o terremotos pueden causar fallas mucho tiempo después de finalizadas las operaciones.

- *¿Por Qué Fallan las Instalaciones de Almacenamiento de Relaves?*

El principal problema de las instalaciones de almacenamiento de relaves es que son construidas por largos períodos. A menudo el dique es construido con los propios desechos. A diferencia de los tanques de almacenamiento de agua, que por lo general son construidos en una sola operación y luego pueden ser sometidos a una rigurosa inspección final, las instalaciones de almacenamiento de relaves se encuentran continuamente en construcción, posiblemente durante los muchos años de vida de la mina. Esto hace mucho más difícil la realización de controles de calidad. Durante este tiempo, el propietario o la administración puede haber cambiado y por lo tanto se producirá una importante renovación del personal. De este modo, aun si los parámetros de diseño originales eran buenos, es posible que éstos se pierdan, que no sean seguidos con el suficiente cuidado o puede que la altura planeada originalmente sea sobrepasada. Por otra parte, las propiedades de los relaves también pueden cambiar a medida que la mina entra a nuevas zonas de mineral o a medida que se adapta a la tecnología de procesamiento.

Por lo general, las principales empresas internacionales contratan consultores calificados, envían a su personal a encuentros internacionales y se mantienen al tanto de los avances en el área del diseño. Esto no significa que nunca se producirán errores al comienzo, los que son provocados por una mala elección del recinto o defectos en el diseño. Pero al menos éstos pueden ser reducidos al mínimo si las empresas siguen la última mejor práctica y utilizan un comité independiente de revisión del diseño.

Los problemas más serios afectan del mismo modo a empresas grandes y pequeñas. Las organizaciones muestran una notable deficiencia a la hora de asegurar el manejo de calidad durante largos períodos. Es sorprendente la frecuencia con que se da el hecho de que no exista una persona responsable a cargo de la instalación. Tener una persona competente a cargo con clara autoridad es un requisito de seguridad indispensable; y con demasiada frecuencia no se cumple. Se necesita alguien con la capacidad apropiada para asegurar que la empresa realice los ajustes de diseño necesarios a medida que las condiciones cambian.²⁷ Pero incluso el buen personal tiene problemas de manejo si no conoce los supuestos originales sobre los cuales fue diseñado el tanque, para decir si éstos han sido sobrepasados. Con demasiada frecuencia se olvidan los parámetros de diseño originales y las personas que manejan la instalación ya no saben los límites que se supone que deben respetar. El nivel de conocimientos especializados en terreno por lo general baja una vez que el proyecto recibe el permiso y comienza las operaciones normales.

En principio, incluso las empresas de menor tamaño deberían ser vigiladas por instituciones crediticias, gobiernos y comunidades locales. Pero estos agentes externos rara vez realizan una supervisión eficiente. Las compañías de seguros tienen un claro interés en una mejor práctica, pero con frecuencia prefieren no realizar sus propios estudios debido a los costos que éstos implican. Los gobiernos también ponen mucha atención en las primeras etapas –asegurando quizás que existen regulaciones apropiadas con respecto al diseño inicial, pero haciendo pocas estipulaciones con respecto a la supervisión posterior.²⁸ En cualquier caso, los gobiernos rara vez disponen de un personal suficientemente calificado para vigilar las condiciones o intervenir cuando surjan problemas. Bajo estas circunstancias, la inspección puede ser más peligrosa que la falta de atención, ya que dará a la administración una falsa sensación de seguridad.²⁹

Por último, tanto las empresas como las administraciones locales con frecuencia no tienen éxito en lo que respecta a asegurar una evaluación de riesgo y una planificación de emergencia eficaces. Estas acciones incluyen medidas para asegurar la protección tanto de las comunidades locales como de cualquier ocupante informal que haya ingresado al área cercana a la mina.

• *Prácticas Óptimas para Depósitos de Desechos*

Los depósitos de desechos no sólo deben tener un buen diseño, sino también una atención cercana, consecuente y rutinaria por un largo período. Las personas a cargo deben estar bien capacitadas y conscientes de que están siendo supervisadas. De lo contrario, es probable que su desempeño se deteriore. Esta estrecha supervisión es difícil de lograr, en especial en regiones alejadas.

La primera prioridad debería ser asegurar que todos los diseños tengan como base los más altos estándares. Una opción sería tener un sistema de certificación internacional para diseñadores, o al menos algún pronunciamiento oficial de las organizaciones de ingenieros con respecto a las calificaciones mínimas para emprender tareas de este tipo.

Las empresas, además, deberían establecer un segundo nivel de protección en alguna parte del sistema, posiblemente en las oficinas centrales de la empresa, mediante juntas de revisión geotécnicas.³⁰ Esto aseguraría la revisión e inspección periódica de las condiciones de seguridad, incluyendo una revisión completa del diseño original, factores nuevos que podrían requerir ajustes y una evaluación sobre la forma cómo el sistema de manejo está siendo implementado en la práctica.

El tercer nivel de protección debería ser externo e incluir a gobiernos, comunidades locales y compañías aseguradoras. Los gobiernos deberían ser capaces de asegurar la realización de inspecciones frecuentes por parte de las personas correctamente calificadas. Algunos países ya tienen esta capacidad, pero otros todavía no.

Ni el primer ni el segundo nivel de protección serán completamente eficaces si no se incorpora desde el principio la instrumentación apropiada en la instalación.

Eliminación en el Mar

Aunque la mayor parte de los desechos generados por la minería es depositada en tierra, algunas empresas depositan roca de desecho o relaves en el mar, a profundidades que van desde la costa hasta alta mar. Los mayores impactos conocidos de esta práctica parecen encontrarse en aguas menos profundas.

La eliminación en la costa o aguas superficiales por lo general se produce cuando las profundidades son inferiores a 20 o 30 metros. Esta es la zona de mayor productividad biológica y los impactos pueden ser graves. El desecho aumenta la turbiedad del agua y asfixia los organismos que viven en el lecho marino. El sedimento también puede ser arrojado a la costa por el oleaje.

La eliminación en aguas poco profundas generalmente implica descargar relaves a través de tuberías sumergidas hasta fiordos, canales y mares de la costa, a profundidades desde 30 hasta varios cientos de metros. En Canadá, las minas Island Koper y Kistault han depositado relaves a dichas profundidades en fiordos protegidos y, al parecer, los desechos se han mantenido en el área de eliminación concebida originalmente.³¹

Debido a los problemas relacionados con la eliminación de relaves costera o en aguas poco profundas, recientemente ha habido creciente interés por la eliminación de desechos en aguas profundas. Esto implica eliminar los desechos por debajo de la profundidad máxima de la capa mixta de la superficie, la zona eufótica (profundidad donde sólo llega el 1% de luz fotosintéticamente activa) y la zona de ascensión de aguas, en el supuesto de que los desechos no serán removidos hacia la superficie.³² Cuando los desechos son descargados por la tubería, continúan cayendo y finalmente se asientan en el suelo marino, quizás a 1.000 metros o más. (Ver Cuadro 10–5.)

Las tuberías presentan los mismos riesgos de accidentes bajo el agua que en tierra. En la mina de oro Minasa Raya de Newmont, en Indonesia, por ejemplo, los relaves son vaciados a 800 metros de la costa a una profundidad de 82 metros.³³ Sin embargo, en más de una oportunidad la tubería se ha roto liberando relaves a la superficie, lo cual se dice ha provocado una grave pérdida de los recursos de pesca y ha destruido algunos arrecifes de coral cercanos.³⁴ Sin embargo, la eliminación de desechos en el mar sigue siendo una opción polémica y existen poco acuerdo o pruebas con respecto a sus efectos en el largo plazo. Algunos estudios industriales indican que los riesgos son mínimos y que luego de varios años del cierre el suelo marino puede ser recolonizado por fauna béntica.³⁵ Otra investigación sugiere que los ecosistemas de las profundidades del océano podrían ser más complejos y con mayor diversidad biológica que sus equivalentes en la fauna terrestre.³⁶ Se sabe relativamente poco con respecto a los ecosistemas de las profundidades y la interacción entre las especies marinas a distintas profundidades.

Cuadro 10–5. Eliminación en el Mar, Mina Misima, Papua Nueva Guinea

Un ejemplo de eliminación de relaves en alta mar lo constituye la mina de oro a tajo abierto de Misima en Papua Nueva Guinea (PNG) –empresa conjunta entre Placer Domes Inc (80%) y una empresa estatal. En este lugar la extracción comenzó en 1989 y finalizó en el año 2001, aunque el proceso del mineral acumulado continuará por otros cuatro años.

La empresa ha eliminado recubrimiento y roca de desecho (aproximadamente 53 millones de toneladas en total), y relaves (15.000 toneladas por día) en el mar. Se escogió esta alternativa tras cinco años de investigaciones ambientales y amplios procesos de consulta a los propietarios de las tierras y al gobierno. Después que los relaves son lavados con agua fresca en condensadores, son mezclados con agua de mar y desoxigenados antes de ser descargados en el mar a través de tuberías a una profundidad de 112 metros. La profundidad del lecho marino en el área de deposición es de 1.000 a 1.500 metros.

Hasta ahora, este método de eliminación parece haber tenido un impacto ambiental relativamente menor. Una revisión sistemática realizada desde 1993 utilizando observación directa, detección acústica y análisis de muestras de agua no evidencia daño permanente al ambiente marino. Los relaves parecen haber permanecido en su lugar y después de cinco años de eliminación de desechos, las bacterias y los meiobentos han recolonizado el sedimento.

No obstante, aun es demasiado pronto para sacar conclusiones finales. La operación Misima aún es “joven” y existen relativamente pocas investigaciones sobre los efectos a largo plazo de este tipo de métodos en áreas tropicales. Además, la información actual ha sido financiada completamente por la empresa y aún debe ser verificada por una investigación independiente.

Fuente: Van Zyl et al. (2002); Jones y Jones (2001)

En algunas circunstancias, la eliminación en alta mar puede ser una alternativa que merezca serias consideraciones –cuando los depósitos minerales se encuentran en islas que disponen de poco territorio; cuando el espacio disponible está en riesgo de inundación o cuando la estabilidad del terreno en que se encuentran los depósitos de desechos es incierta debido a altos niveles de precipitaciones o de actividad sísmica. No obstante, debido a que se sabe relativamente poco sobre las repercusiones a largo plazo de la eliminación de desechos en alta mar, muchos observadores están exigiendo que sólo se tenga en cuenta esta opción después de realizar una investigación científica más acabada y rigurosa. Además, debido a que se han producido algunas fallas en tuberías de relaves, se debe abordar el problema de cómo transportar relaves hasta aguas más profundas sin provocar riesgos a los ambientes de aguas costeras.

Eliminación en Ríos

Aún más polémica que la eliminación en el mar es la práctica de eliminar roca de desecho y relaves en ríos. En este caso, sin embargo, se sabe bastante sobre los impactos y casi toda la experiencia sobre esta opción es negativa. Durante toda la historia los mineros han arrojado desechos a los ríos y en muchos recintos el legado de la eliminación en ríos durará por un tiempo muy largo.

En la actualidad sólo existen tres minas de gran escala en que empresas internacionales utilizan ríos para eliminar desechos. Estas son la mina de oro y cobre Ok Tedi en Papua Nueva Guinea (ver Cuadro 10–6), la mina de oro Porgera de Placer Dome en PNG y la mina de oro y cobre Grasbergen de Freeport en Papua (antes Irian Jaya), Indonesia.³⁷ Actualmente la eliminación en ríos también es practicada por muchos mineros artesanales y en pequeña escala en todo el mundo, por empresas pequeñas y medianas y en una cantidad desconocida de recintos mineros en Rusia y China. La principal ventaja de la eliminación en ríos es que es barata y conveniente, también puede parecer menos peligrosa que construir una instalación de depósito de relaves, en especial en áreas con altos índices de precipitaciones con terrenos poco estables y riesgo de actividad sísmica. En el caso de Ok Tedi, el gobierno de Papua Nueva Guinea aceptó esta opción, ya que la única alternativa era cerrar la mina –con graves consecuencias económicas.³⁸

La eliminación en ríos ha provocado diversos tipos de daño ambiental. Entre estos tipos se incluye un cambio en la morfología o forma física de los ríos y un mayor riesgo de desborde provocando la muerte de la vegetación y daño a los ecosistemas acuáticos. Los sedimentos más finos también pueden tener efectos, ya no en la corriente, sino cuando llegan a estuarios o deltas. En Chile, 150 millones de toneladas de sedimentos generados por la actividad de la mina El Salvador, que fueron depositadas en el río El Salado, han creado una nueva playa de 3,6 kilómetros cuadrados varios kilómetros río abajo, en la bahía de Chañaral.³⁹

Estos impactos pueden generar graves consecuencias para las comunidades ubicadas río abajo, en especial para la salud de las personas. Así como cambian el aspecto físico del río, los desechos mineros también pueden aumentar los niveles de minerales y de sustancias químicas en el agua. El desborde puede aumentar los casos de paludismo. Las comunidades locales pueden considerar que se afectan sus medios de subsistencia si los depósitos reducen los recursos pesqueros o los cultivos a orillas de los ríos.

Ha habido un largo y a menudo áspero debate con respecto a si en algunas circunstancias pudiera ser aceptable la eliminación en los ríos. Algunas empresas y gobiernos sostienen que debería ser aceptada si la otra alternativa es detener completamente la minería. Otras empresas han declarado que ya no consideran la opción de eliminar desechos en los ríos.

Cuadro 10–6. Eliminación en Ríos, Mina Ok Tedi, Papua Nueva Guinea

La eliminación en ríos de los relaves y roca de desecho de la mina de oro y cobre Ok Tedi en PNG es altamente polémica. Esta práctica ha generado largas disputas legales y las comunidades locales ubicadas río abajo han realizado grandes esfuerzos para cerrar la mina. La empresa que era accionista mayoritaria de la mina, BHP Billiton, decidió retirarse del proyecto, ya que no deseaba ser relacionada con este método de eliminación de desecho. (Los impactos socioeconómicos de este proyecto son tratados en el Capítulo 14.)

La propuesta original incluía dos depósitos para desechos estables y una instalación convencional para almacenamiento de relaves. Durante las primeras etapas de construcción, un gran deslizamiento de tierras destruyó el recinto de la instalación para relaves. Para mantener la producción, se aprobó un esquema de relaves provisorio que permitía la retención del 25% de los mismos, mientras que el porcentaje restante era eliminado en el río Ok Tedi. Nunca se buscó un recinto alternativo y se postergó la construcción de una instalación permanente para el almacenamiento de relaves. En la actualidad, se descargan aproximadamente 80.000 toneladas de relaves y 120.000 toneladas de roca de desecho por día en el río Ok Tedi. El material de desecho ha llegado al río Fly, hacia el que fluye el Ok Tedi.

La mina Ok Tedi ha generado un aumento de cuatro a cinco veces las concentraciones de sedimento en suspensión en el río Fly. Esta cantidad excede la capacidad de transporte de sedimento del sistema del río, lo que provoca la acumulación del mismo en el lecho del río Ok Tedi y en el centro del Fly, lo que a su vez aumenta la ocurrencia y gravedad de los desbordes. Los desbordes han provocado la sedimentación de los desechos mineros y la erosión de la roca de desecho sobre los planos de desborde causando la muerte de la vegetación. El área afectada aumentó de 18 kilómetros cuadrados en 1992 a casi 480 kilómetros cuadrados en el año 2000. Una evaluación de riesgo realizada por la empresa señaló que el área susceptible a la muerte de la vegetación inducida por la actividad minera oscilaba entre 1.278 y 2.725 kilómetros cuadrados.

Se ha intentado dragar una parte del lecho del río Ok Tedi en un esfuerzo por reducir los impactos de los desbordes. Esto ha reducido la frecuencia de los desbordes, pero los problemas de muerte de la vegetación continúan.

Fuente: Van Zyl et al. (2002); Kirsch (2002)

Planificación del Cierre de Minas

Para que una mina contribuya positivamente al desarrollo sustentable se deben considerar los objetivos e impactos del cierre desde el comienzo del proyecto. El plan de cierre define una visión del resultado final del proceso y establece objetivos concretos para implementar dicha visión. Esto forma un marco general para guiar todas las acciones y decisiones que se tomarán durante la vida de la mina.

Crucial para lograr este objetivo es asegurar que todos los beneficios de este proyecto, incluyendo ganancias y conocimientos especializados, vayan a ser utilizados para desarrollar la región de un modo que perdure una vez cerrada la mina. Para lograr este objetivo, un plan de cierre que incluya tanto rehabilitación física como estabilidad socioeconómica debería ser parte fundamental del ciclo de vida del proyecto y debería ser diseñado para asegurar que:

- no se comprometa la salud ni la seguridad pública a futuro;
- los recursos ambientales no estén expuestos a deterioro físico ni químico;
- el uso posterior del recinto sea beneficioso y sustentable en el largo plazo;

- cualquier impacto socioeconómico sea reducido al mínimo; y
- todos los beneficios socioeconómicos sean maximizados.

Cuando llegue el momento de desmantelar y cerrar la mina, no sólo se debería completar la rehabilitación ambiental física de manera satisfactoria, también se debería haber capacitado a la comunidad para mantener una vida sustentable.

La planificación del cierre fue utilizada en un principio como herramienta ambiental, pero se expandió rápidamente hasta abarcar problemas socioeconómicos.⁴⁰ La mejor práctica para planificar el cierre de minas implica integrar al diseño de cierre toda el área de la mina, identificar el tiempo del proceso de planificación y considerar los temas relacionados con métodos específicos de eliminación y actividades económicas y comunitarias una vez cerrada la mina, como también planificación económica.

Se producen importantes costos cuando un proyecto minero finaliza. Los trabajadores pueden quedar sin empleo o verse obligados a incurrir en gastos para reubicarse en algún lugar en que puedan conseguir un empleo. Alguien debe pagar para mantener las carreteras abiertas o las escuelas funcionando. Alguien debe pagar para cerrar los pozos, retirar los reactivos peligrosos del recinto para eliminarlos de manera segura, estabilizar los cerros, rehabilitar las instalaciones y asegurar que los problemas sociales y ambientales de largo plazo sean reducidos al mínimo.

Si no existe un entendimiento con respecto a las personas que se harán responsables por estas acciones y no existe planificación para cuando se cierre la mina, muchos de los beneficios del desarrollo se habrán perdido. Obviamente esto ha sucedido muchas veces en el pasado y estas condiciones posminería negativas han contribuido a la actual reputación pública que tiene la industria.

Si el cierre de la mina se produce sólo después de una advertencia de último momento, la empresa ya no recibirá ingresos para financiar nada. Es probable que las ganancias de los gobiernos también se vean afectadas, que la economía local se deprima y que las personas queden sin empleo.⁴¹ El resultado es que nadie puede permitirse hacer mucho. Los servicios públicos se vienen abajo, se pierden los beneficios de infraestructura y la comunidad es alterada. En el pasado, muchas empresas mantenían los resultados de sus operaciones y las consideraciones de cierre como información privada. Algunas de estas empresas actualmente están comenzando a creer que mientras más abierta sea la discusión, más se permite que otros actores económicos tales como gobiernos, trabajadores y empresas locales elaboren planes racionales para su propio futuro. Esto le permite a estos actores prever y confiar más en sus propios recursos y medios y así depender menos de la empresa para resolver los problemas.

Trabajadores desempleados de las áreas de extracción y de procesamiento de minerales han desestabilizado numerosos gobiernos a través de los años; entre éstos se incluyen Bolivia, Ucrania y Serbia. Ha habido importantes factores políticos aun cuando los gobiernos no cayeron, en países como el Reino Unido, Sudáfrica y Alemania. Como resultado, los gobiernos a menudo subvencionan las operaciones mineras para mantenerlas funcionando. Esto puede darse en forma de subsidios abiertos para empresas estatales no rentables, como por ejemplo los pagos que casi dejaron en la ruina a Rumania, los años de subsidio a la industria de estaño en Bolivia o las minas de Lota en el sur de Chile.

Las empresas tienen sus propias razones para mantener minas abiertas incluso después de

haber dejado de ser buenos negocios. Algo de esto se debe simplemente a la esperanza de que los precios mejorarán sólo si la empresa sigue operando por el tiempo suficiente. Además, muchas de las razones pueden deberse a normas contables, presiones por rendir estados de situación y el efecto en una empresa que ya se encuentra en la baja económica de tener que pasar a pérdida o reconocer costos. Pero otra razón para mantener abierta la mina también tiene relación con una falta de claridad con respecto a lo que se espera que pague la empresa cuando finalice las operaciones y un deseo de no presionar el asunto de manera excesiva. Algunos de los problemas de alto perfil por los cuales la industria es criticada en la actualidad son polémicos precisamente debido a que algunas personas creen que las empresas no están pagando una parte justa de sus responsabilidades a largo plazo después que cierran la mina. (Ver discusión de Marcopper y Ok Tedi en el Capítulo 14.)

Un marco de cierre que sea acordado al comienzo del proyecto podría facilitar de modo importante estos problemas para el gobierno, las empresas y las comunidades locales; haría más fácil mantener los beneficios sociales y económicos del desarrollo y evitar cargas a largo plazo a la cuenta del capital natural. También podría eliminar algo del exceso de producción y ayudar a estabilizar los precios de los productos básicos.

La Planificación del Cierre de Minas Hoy en Día

El concepto moderno del cierre de minas se basa en las siguientes consideraciones claves:

- *Prevención de la contaminación* – es más barato evitar los problemas que intentar arreglarlos después. Si una empresa tiene la obligación de entregar el recinto en una condición especificada al final del ciclo de la mina, creará sólidos incentivos para prevenir la contaminación durante el ciclo de la mina.
- *Cambio de expectativas* – las empresas pueden disminuir el riesgo de las reglas del juego si realizan cambios en la mitad al entrar en un acuerdo obligatorio al lograr los resultados que necesitan. Esto hace que los costos sean más predecibles y puedan ser reconocidos en los estados de situación.⁴²
- *Continuidad* – las minas se venden y se compran, las empresas se fusionan o son adquiridas y la administración cambia. El principal objetivo debe ser desarrollar un conocimiento con respecto a cómo será el recinto al llegar al final de la actividad minera, en una forma que sobreviva todos estos eventos y no dependa de las buenas intenciones de administradores independientes que probablemente serán trasladados cuando se produzca el cierre.
- *Seguridad financiera* – debido a que muchas minas han cerrado como resultado de malas condiciones de mercado, baja rentabilidad e incluso bancarrota, es necesario que exista algún tipo de seguridad financiera para asegurar que los costos del cierre puedan ser financiados. Para asegurar la disponibilidad de estos fondos para las actividades de cierre, generalmente a la empresa se le exige que deposite una fianza o garantía.⁴³
- *Participación pública* – se requiere alguna forma de un proceso de consulta pública que permita el diálogo durante los temas de largo plazo y el uso final del recinto.

Costos de Poscierre

Algunas veces se producirán costos que deban pagarse después del cierre. Uno de muchos ejemplos es el costo de operar una planta de tratamiento de aguas para disminuir el drenaje de ácido, como se mencionó anteriormente. Pero las decisiones sobre proyectos mineros se deben tomar con bastante anticipación con respecto a este punto, sobre un conocimiento imperfecto y generalmente basado en probabilidades más que en resultados ampliamente conocidos. Esto da tres alternativas a los encargados de tomar decisiones y al público, todas las cuales son altamente desagradables por lo menos para algunos actores. En primer lugar,

podría haber una decisión de que los riesgos sean demasiado altos y simplemente no se permita realizar la extracción de minerales. Segundo, podría existir la decisión de que los riesgos sean aceptables y el proyecto tenga cabida. Si no se puede convencer a las empresas para que paguen sus responsabilidades sin importar cuán a largo plazo resulten éstas, la sociedad tendrá que asumirlas. Y tercero, el gobierno podría fijar una fianza o exigir una condición de garantía lo suficientemente alta para hacer frente a los problemas futuros que se han identificado.

Este último método de financiamiento ha resultado ser bastante eficaz en algunos países, aunque ha fallado en otros. Certificar es una función del gobierno y es difícil saber cómo proceder cuando un gobierno no desea asumir esa función. Muchos gobiernos del mundo en desarrollo han elegido, por lo menos en este punto, no seguir esta ruta:

- Aun cuando las empresas multinacionales pueden dejar garantías, muchas empresas locales no disponen de estos recursos y en muchos casos estas empresas locales de menor tamaño dan más empleos que las de mayor escala.
- Una planificación de cierre eficaz requiere capacidades y habilidades considerables por parte del gobierno y de las empresas, y esto en ocasiones no está disponible.
- Muchos países en desarrollo recientemente han emprendido análisis y revisiones acabadas de legislaciones mineras con el fin de atraer la inversión extranjera; esto es considerado un paso hacia atrás y una desventaja económica en la competencia con países que no tienen dichas exigencias.
- La planificación eficaz requiere una flexibilidad considerable para desarrollar soluciones apropiadas para los problemas específicos del recinto. Esto implica criterio por parte de los funcionarios gubernamentales, lo cual se considera un desincentivo para la inversión y en algunos lugares una posible fuente de corrupción.

Aunque el principio de pago por el contaminador requiere que la empresa pague los costos, esto no significa necesariamente que la empresa debe, por sí sola, mantener el recinto a perpetuidad. Quizá las mejores soluciones son aquellas en las que la empresa paga a una institución local para que asuma la responsabilidad. Esto no implica que la empresa necesariamente deba ser absuelta de toda responsabilidad si las cosas no se ocurren de acuerdo al plan. En la actualidad están surgiendo empresas privadas que asumirán la responsabilidad del mantenimiento del recinto a cambio de un honorario.

Existe la clara necesidad de integrar la contabilidad a cualquier discusión de arreglos financieros de largo plazo para asegurar que las reglas contables no alejarán a las empresas de las mejores prácticas.

La responsabilidad básica del cierre de minas se encuentra en las empresas y los gobiernos que las regulan. Sin embargo, esta responsabilidad también debería extenderse a las instituciones financieras. Ni los inversores privados ni los organismos multilaterales de crédito han prestado la suficiente atención a este tema, quizás en parte debido a que el cierre no se producirá hasta un buen tiempo después de que se hayan pagado los préstamos.

Una manera de avanzar podría ser la promoción de Planes Comunitarios de Desarrollo Sustentable como parte del proceso del proyecto. (Ver Capítulo 9.) Estos podrían incluir a comunidades locales, gobiernos nacionales y empresas para que trabajen en sus respectivos roles y obligaciones durante la vida del proyecto y el cierre de éste.

Además, existe un rol para que los profesionales de la contabilidad mejoren el manejo de estos temas. Debería haber una revisión del tratamiento de la parte contable y de los impuestos permitidos para los costos de cierre para así garantizar que, cuando el balance negativo que arrojan las repercusiones de enfoques apropiados para el cierre o las consecuencias difíciles sean un desincentivo para la mejor práctica, estos problemas sean igualmente identificados y abordados.

El programa TRAC (*Transfer Risk and Accelerate Closure*/Transferencia de Riesgo y Aceleración del Cierre) es un enfoque basado en los riesgos y determinado por los precios, y se utiliza en Sudáfrica y en Estados Unidos. En este programa, la empresa entra en contrato de precio fijo con el propósito de transferir los riesgos y responsabilidades del cierre a un contratista.⁴⁴ Este puede constituir un útil ejemplo en algunas circunstancias.

Legados de la Minería

Los problemas ambientales de las actuales y futuras operaciones mineras son lo suficientemente desalentadores. Pero en muchas maneras mucho más problemáticos son algunos de los continuos efectos de la extracción y fundición que han tenido lugar a través de las últimas décadas, siglos e incluso milenios. Estos recintos han comprobado que algunos impactos pueden ser de largo plazo y que la sociedad aún está pagando el precio de los recursos del capital natural que han sido agotados por las generaciones pasadas.

Es imposible calcular cuántos recintos mineros antiguos existen en el mundo o cuántos de estos implican riesgos ambientales. Uno de los motivos es que no existe manera clara de definir un recinto minero antiguo. Utilizando una definición bastante amplia, se calcula que en Estados Unidos existen más de 500.000 recintos mineros de roca dura.⁴⁵ De hecho no todos presentan riesgos ambientales. En el Reino Unido, la mayoría de los problemas se relaciona con la minería de estaño en los condados de Devon y Cornwall, donde existen más de 1.700 minas abandonadas, gran parte de éstas muy pequeñas, y que continúan afectando el agua de aproximadamente 400 kilómetros de ríos clasificados.⁴⁶ En la mayoría de los países con larga historia minera, existe relativamente poca información sobre minas antiguas o su legado ambiental, aunque la información es suficiente para saber que los problemas son generalizados.⁴⁷

Dada la incertidumbre con respecto a la cantidad y al estado de las minas abandonadas, es imposible calcular cuánto costaría rehabilitarlas. Además, el costo depende mucho de lo que significa la “rehabilitación” y con respecto a qué estándar se debe realizar. La información disponible sobre recintos con problemas graves que han sido investigados indica sumas desalentadoras. Desde 1980, Estados Unidos ha tenido un programa, “el Superfondo”, administrado por la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA, por su sigla en inglés) para localizar, investigar y limpiar los depósitos de desechos más peligrosos, varios de los cuales son el resultado de la extracción, fundición y refinado de minerales. En la región de Clark’s Fork River, en Montana, por ejemplo, donde la minería de oro y plata comenzó a fines del siglo XIX y continuó hasta mediados de 1950, se calcula que las medidas de rehabilitación fácilmente ascienden a US\$1.000 millones.⁴⁸ La limpieza de la mina Summitville, Colorado, es probable que cueste aproximadamente US\$225 millones y la mina de cobre Yerington en Nevada alcance una cifra cercana a los US\$200 millones. El Centro de Políticas Mineras (*Mineral Policy Center*), organización no gubernamental (ONG) con sede en Estados Unidos, señala que costará US\$50 a 60 mil millones limpiar los recintos de minas abandonadas sólo en Estados Unidos.⁴⁹

Pagando por el Legado

Una manera de crear un crédito en la actual cuenta de capital natural sería tratar los peores problemas ambientales de las minas abandonadas. Mejorar estos recintos podría generar beneficios, que podrían compensar o quizás incluso sobrepasar algún déficit atribuible a las operaciones actuales. Además, en algunos de estos recintos, incluso una inversión relativamente pequeña puede tener una gran recompensa ambiental.

Obviamente, correspondería a la industria realizar esta tarea. Estos sitios hacen una eficiente publicidad en contra de la industria. En algunos lugares son muy visibles y eficazmente notorias. Un dólar empleado en reducir la cantidad de este tipo de propaganda podría ser más eficaz que un dólar gastado en propaganda en favor de la imagen corporativa de una empresa.

El problema es quién pagará los costos. La buena política económica sugiere que los costos ambientales identificables sean internalizados con una condición principal: que todas las otras empresas tengan que hacer lo mismo. Si una empresa no obedece la ley, se deben utilizar sanciones para hacerla cumplir. En el otro extremo del área, el único prospecto para limpiar un recinto minero histórico es hacerlo con fondos públicos.

Entre estos claros casos, existe una amplia diversidad de escenarios intermedios basados en la cantidad de tiempo desde que fue abandonada la mina, si se cumplieron las leyes aplicables en su momento, quién es el actual propietario del recinto y la sucesión de empresas que la operaron. (Ver Tabla 10–1.) En algunos casos de litigios en Estados Unidos, tales como las actas Smuggler Superfund, millones de dólares se han destinado para decidir si la empresa actual es la sucesora de los intereses de una firma que operaba una mina hace varias décadas.

Puede ser difícil hacer que el que contamina pague incluso en el caso de operaciones mineras recientes. En países industrializados y en desarrollo, a veces existen actitudes y valores bastante diferentes con respecto a las responsabilidades del pasado por daño ambiental.

Esto hace surgir el tema de la fuente de los fondos públicos. Una opción es tomar el dinero de fondos gubernamentales generales. Esto podría ser equitativo si la mayoría de los minerales fueran usados dentro de los límites nacionales —y en el supuesto de que el uso de productos minerales se distribuya aproximadamente de acuerdo al pago de impuestos. Por otro lado, muchos países pobres incluyendo a aquellos con importantes legados adversos, no pueden asumir esto.

Maneras alternativas de generar fondos para el tratamiento de minas abandonadas se discuten en el Capítulo 16.

Acciones Prioritarias

Es obvio que se sabe demasiado poco con respecto al legado ambiental de la minería o cuánto costaría remediar los problemas. Pero esta incertidumbre no es excusa para no actuar. Lo peores recintos ya han sido identificados: es bastante difícil perderlos de vista. Hay mucho trabajo por hacer mientras se discuten los parámetros de los recintos menos obvios.

La primera prioridad global para las autoridades públicas debe ser identificar y registrar las minas abandonadas y evaluar el riesgo que éstas constituyen. Dada la magnitud del problema y la capacidad limitada de las oficinas públicas, se deberá establecer prioridades —el proceso

Tabla 10–1. Posible Asignación de Responsabilidades para Tratar Legados de la Minería

Escenario	Responsabilidad
Trabajos mineros antiguos	Rehabilitación con fondos públicos
Mina histórica sin propietario conocido	Rehabilitación con fondos públicos
Mina cerrada, antiguo operador posiblemente identificable, pero ya no es propietario del recinto	El antiguo propietario podría ser responsable o la rehabilitación podría ser responsabilidad pública
Mina cerrada pero el antiguo propietario aún es dueño del recinto	Propietario/operador es responsable de evitar el daño a las propiedades aledañas y de controlar los peligros
La mina aún está operativa	Propietario/operador es responsable mediante un plan de cierre acordado
Mina operativa al comienzo de la vida del proyecto	Propietario/operador es responsable mediante un plan de cierre acordado
Permiso otorgado pero sin inicio de operaciones	Costos completamente internalizados en la medida que el actual conocimiento científico y técnico lo permite
La mina aún no recibe los permisos necesarios	Costos completamente internalizados en la medida que el actual conocimiento científico y técnico lo permite

de registro, por ejemplo, debería ser fijado más allá de algún acuerdo con respecto al tamaño de la mina. También deberían concentrar los recursos disponibles de inmediato en los recintos más peligrosos, en los que la limpieza ofrecerá los mayores beneficios.

La segunda prioridad en el ámbito nacional e internacional, debería ser desarrollar nuevos mecanismos de financiamiento que fueran lo suficientemente sólidos y sustentables para hacer frente a los problemas que serán una carga para las futuras generaciones.

Manejo Ambiental

Evaluación de Impacto Ambiental

La evaluación de impacto ambiental (EIA) es quizás la herramienta más ampliamente utilizada para manejo ambiental en el sector de los minerales. Esto se debe en parte a que personas del sector de los minerales y del Banco Mundial han representado un importante papel para expandir su uso. Incluso en sus orígenes, los factores social y económico tendían a entrar lentamente en esta práctica ambiental. Este ejercicio actualmente está siendo planificado con el desarrollo e integración de herramientas tales como evaluación de impacto social (EIS) y análisis costo–beneficio insertos en el proceso de EIA.

La necesidad de EIA está claramente establecida y actualmente es obligatoria para la mayoría de los proyectos de desarrollo a gran escala. (Ver Cuadro 10–7.) Sin embargo, con frecuencia su implementación es deficiente. Uno de los principales problemas consiste en que la comunidad internacional aún debe fijar estándares técnicos sólidos con respecto a, por ejemplo, reunir información hidrológica de base, evaluar restos arqueológicos, predecir

drenaje de ácido o identificar flora y fauna clave. Esta poca certeza permite que las EIA desciendan de categoría hasta los denominadores comunes más bajos. También desalienta la excelencia profesional. Los consultores serios que insisten en utilizar metodologías apropiadas para realizar dichas evaluaciones encuentran difícil competir en cuanto a precio con personas que desean tomar atajos –en especial si los reguladores no están lo suficientemente bien informados para ser capaces de rechazar un trabajo de calidad menor a la estándar.

La evaluación de impacto ambiental ha probado ser una herramienta útil y se ha ampliado para incluir temas sociales –a veces en el proceso de EIA, y otras en un EIS aparte. En la actualidad existe un notable interés en asegurar que otros problemas, como por ejemplo el potencial de propagación de VIH/SIDA o del desarrollo económico local, sean incluidos en esta evaluación. Una evaluación de impacto ambiental integrada debería incluir un análisis de todas las variables pertinentes en un solo proyecto conjunto. (Ver Capítulo 9.)

Sistemas de Manejo Ambiental

Para obtener todos los beneficios que presenta una EIA, ésta debería formar parte de un sistema de manejo ambiental (SMA) que busque integrar responsabilidades ambientales en las prácticas de manejo diarias a través de cambios de la estructura, responsabilidades, procedimientos, procesos y recursos de la organización. Un SMA proporciona a la empresa un método estructurado de manejo y entrega a la autoridad reguladora la conciencia y el control con respecto al desempeño de un proyecto que puede ser aplicado en todas las etapas del ciclo de vida –desde la identificación de un yacimiento hasta el cierre de la mina. Las etapas de un sistema de manejo ambiental son las siguientes:

- compromiso organizativo,
- política ambiental,
- evaluación de impacto socioeconómico,
- evaluación de impacto ambiental,
- consulta a la comunidad
- objetivos y metas,
- plan de manejo ambiental,
- manual ambiental y de documentación,
- procedimientos de emergencia y control operativo,
- capacitación,
- seguimiento de emisiones y desempeño,
- auditorías ambientales y de cumplimiento,
- revisiones.

El SMA es un ciclo reiterativo, en el que cada etapa se vuelve a visitar continuamente y se mejora en cada una de estas visitas. Aunque diseñado para ser una herramienta de las

Cuadro 10–7. EIA Genera Rechazo a la Minería en Sudáfrica

La costa este del lago St. Lucia en Sudáfrica contiene valiosas reservas de titanio y durante las décadas de 1970 y 1980 el gobierno otorgó derechos mineros a la empresa Richard Bay Minerals. Además, esta área de dunas cubiertas de árboles es una valiosa fuente de diversidad biológica. En 1986 fue designada como área verde de importancia internacional en el contexto del Convenio Internacional sobre Humedales.

Entre los años 1989 y 1993, el gobierno posterior al *apartheid* de Sudáfrica emprendió una evaluación de impacto ambiental. La investigación fue dejada en manos de más de 50 científicos además de otros expertos y fue presentada en informes individuales que eran comentados por los diversos grupos de interés. A un Panel Revisor se le encargó utilizar esta información para determinar si la minería sería compatible con la conservación de la naturaleza y el turismo. Como resultado de este estricto ejercicio, se negó el permiso para actividades mineras y en 1999 el área fue declarada Patrimonio Mundial. No todas las personas creen que ésta haya sido la decisión “correcta”, dada la actual situación económica de Sudáfrica.

Fuente: Porter (2000); King (2000)

empresas, un sistema eficaz proporciona a la autoridad reguladora una manera fácil de controlar el cumplimiento. La responsabilidad de establecer y operar un SMA pertenece a la empresa. El cumplimiento del EIA puede ser controlado a través de un SMA.

Mejor Práctica

La industria minera opera en un clima empresarial altamente dinámico que exige cada vez más una adaptación exitosa a cambios en valores sociales y expectativas públicas con respecto al comportamiento corporativo. Actualmente, al nivel corporativo, respetar tanto el ambiente físico como el social es considerado un elemento fundamental de una buena práctica empresarial. (Ver Cuadro 10–8.) La mayoría de las empresas mineras más importantes están comprometidas a mejorar continuamente su desempeño ambiental y social, y a menudo van más allá de las condiciones legales e incluyen códigos industriales voluntarios de buenas prácticas y sistemas de manejo.

A nivel ‘local’, el método y el grado de interacción entre la empresa, las autoridades locales y la comunidad puede ser vital para el éxito del proyecto. En la mina Lisheen en Irlanda, la empresa Anglo American, pasó cinco años reuniendo información de base y comunicándose con grupos importantes con el fin de diseñar un proyecto que fuera aceptable para todos y cumpliera con los requisitos legales. (Ver Cuadro 10–9.)

Sin embargo, este nivel de compromiso en ocasiones se debe a la personalidad de un individuo y la continuidad se puede quebrar cuando esa persona deja el proyecto. Además, varias organizaciones internacionales, como por ejemplo la ONU, el Grupo del Banco Mundial, la Organización Mundial de la Salud e instituciones financieras actualmente tienen sus propias pautas de operación que incluyen aspectos ambientales y sociales. Sin embargo, existe la necesidad de impulsar estándares más altos para la elaboración de EIA y para incorporar este estudio a un SMA. Esto será una importante contribución no sólo para mejorar las prácticas en la minería, sino también para el desarrollo sustentable en general.

Evaluación de Riesgo y Respuesta de Emergencia

La evaluación y manejo del riesgo se están convirtiendo en factores cada vez más importantes en el desarrollo de un proyecto minero, en el que las incertidumbres relacionadas con la predicción ambiental (y social) son potencialmente mayores que las de otros sectores industriales. El proceso de manejo del riesgo incorpora muchos elementos distintos; desde la identificación y análisis de posibles riesgos, hasta la evaluación de la tolerancia y las opciones de reducción del riesgo posible, proceso realizado mediante recomendaciones con respecto a la elección, implementación y seguimiento de medidas apropiadas de control y reducción.

Cuadro 10–8. ¿Qué es la Mejor Práctica?

El concepto de mejor práctica domina la discusión sobre el perfeccionamiento del desempeño ambiental en la industria de la minería y la toma de decisiones más amplias sobre opciones de manejo de desecho y cierre de minas. A menos que se produzca un acuerdo con respecto al significado de mejor práctica, el término, sin embargo, carece de sentido y su uso a menudo es engañoso. La mejor práctica puede ser definida como los métodos y técnicas que mediante su aplicación han probado generar resultados exitosos, pero distintos grupos de interés tendrán casi con seguridad diferentes puntos de vista de los que constituye el “éxito”.

En el ámbito internacional, por ejemplo, el ICME (Consejo Internacional sobre Metales y Medio Ambiente) definió una Carta Ambiental, que fue elaborada y aprobada por sus miembros. La carta originalmente se refería a supervisión ambiental y de productos. Luego de una consulta con sus grupos de interés, el ICME aprobó una Carta de Desarrollo Sustentable. En el ámbito nacional, en 1996, el Consejo de Minerales de Australia publicó un Código de Manejo Ambiental de parte de la industria nacional del sector. Este código fue revisado en 1999 y recientemente ha sido modificado. (Ver Capítulo 14.)

Aunque la evaluación de riesgos tiene una amplia aplicación en la industria minera, tendría poco valor invertir en la realización de un análisis de riesgos detallado si los posibles resultados no influyeron en la toma de decisiones operativas o de desarrollo. Recientes fallas catastróficas de varios depósitos de relaves han demostrado que en muchos casos las organizaciones de emergencia, la comunidad y las empresas no estaban completamente preparadas para enfrentar dichos eventos. Para hacer frente a estos casos, el PNUMA publicó un manual minero de Alerta y Preparación para Emergencias Locales (conocido como APELL, según sus siglas en inglés).⁵⁰ Esta publicación tiene como objetivo mejorar la preparación ante casos de emergencia en la industria de la minería, en especial en relación con las comunidades potencialmente afectadas. Considera diversos tipos de peligros y riesgos e identifica diez pasos necesarios para prepararse adecuadamente ante la eventualidad de una emergencia.

Recomendaciones sobre Manejo Ambiental de la Minería

Estas recomendaciones deben ser leídas junto con aquellas que aparecen en el Capítulo 16, que incluye la Agenda Integral para el Cambio.

- *Grandes volúmenes de desecho* – El Consejo Internacional sobre Minería y Metales (ICMM) y otros convocantes tales como el PNUMA deberían iniciar un proceso para elaborar pautas para la eliminación de escombros, roca de desecho, relaves y retención de agua. Esto debería ser incorporado al Protocolo sobre Desarrollo Sustentable propuesto en el Capítulo 16. Se deben consultar las opiniones de todos los grupos de interés desde el comienzo para así diseñar el proceso. Se deberían incluir evaluaciones de riesgos de corto y largo plazo, como también consideraciones financieras.
- *Eliminación en suelo* – La industria minera debería volver a revisar sus prácticas de eliminación en suelo para incluir usos alternativos para los desechos y el futuro del recinto en el largo plazo. Se debería adoptar un enfoque integrado con respecto al manejo de aguas, en el que se incluya suministro de agua, actividades de desagüe, relaves y manejo del agua de pilas de lixiviación.
- *Manejo de depósitos de relaves* – La industria debería establecer un método internacional de certificación para diseñadores de instalaciones de almacenamiento de relaves. Gobiernos y organismos de financiamiento deberían exigir auditorías frecuentes e independientes de todos los depósitos de relaves y establecer un método para implementar los resultados de dichas auditorías.
- *Eliminación en el mar* – La industria, los gobiernos y las ONG deberían acordar un programa de investigación independiente para evaluar los riesgos de la eliminación de

Cuadro 10–9. La Mina Lisheen Zinc/Plomo de Irlanda

Antes de que pudiera comenzar la construcción en la mina Lisheen, la empresa tuvo que obtener un permiso de planificación, una Licencia Integrada de Control de Contaminación (IPC, *Integrated Pollution Control*) y una licencia minera. Además, tuvieron que convencer a la comunidad local y a las autoridades reguladoras de que una mina en Lisheen traería un beneficio considerable a la región y no causaría ningún daño ambiental. La mina está ubicada en el centro de la zona rural de Irlanda.

Las principales áreas de preocupación eran la eliminación de relaves y la posible contaminación de las aguas subterráneas. Se acordó que el 51% de los relaves serían mezclados con cemento y utilizados como relleno subterráneo, mientras que el 49% restante sería depositado en una instalación de almacenamiento completamente revestida ubicada en una turbera. La empresa también asumió la tarea de llevar más abajo perforaciones de reemplazo para los granjeros. Antes de otorgar la Licencia IPC, las autoridades exigieron a la empresa que presentara una garantía por el valor superior a US\$16 millones para pagar los costos de cierre y de rehabilitación.

La empresa decidió adoptar una política de transparencia y realizó reuniones y consultas con unos 20 grupos locales. Como resultado de estas acciones, la empresa recibió apoyo positivo de las comunidades locales y obtuvo las licencias sin necesidad de celebrar una audiencia pública.

Fuente: MEM (1998); Stokes y Derham (2000)

desechos mineros en el mar, en especial la eliminación en alta mar. Se requiere una base de información confiable y compartida para tomar las mejores decisiones.

- *Eliminación en ríos* – Un compromiso claro por parte de la industria y los gobiernos con respecto a evitar esta práctica en cualquier proyecto futuro establecería un estándar que comenzaría a penetrar en empresas de menor tamaño y en regiones remotas en donde esta práctica aún es aceptada. Si esto se lleva a cabo en el contexto de un proceso protocolar u otro, es más probable que la industria acepte esta idea si obtiene la confianza de que las otras opciones serán consideradas por sus propios méritos.
- *Consulta* – Antes que se acepte una propuesta minera, todas las partes involucradas –en especial la comunidad local– deben ser consultadas sobre el proyecto de desarrollo propuesto. (Ver Capítulo 9.)
- *Capacidad* – Gobiernos, compañías de seguros, comunidades, empresas y otros actores deben disponer de una fuente de consejo y conocimientos técnicos especializados para asegurar que puedan desarrollar su capacidad para lograr la mejor práctica.
- *Seguimiento* – Industria, gobierno y otros grupos de interés deberían definir el mejor método para realizar el seguimiento ambiental y socioeconómico y para incorporar los resultados al manejo de impactos ambientales y socioeconómicos.
- *Legislación* – Industria, gobierno y otros grupos de interés, quizás bajo el auspicio del PNUMA, deberían elaborar pautas de las mejores prácticas para todos los aspectos de problemas ambientales y sociales. Estas pautas deberían incluir, aunque no limitarse, cierre de minas en el contexto del desarrollo sustentable, drenaje de ácido, manejo de relaves, evaluación de riesgos y planificación de emergencias.
- *Instituciones Financieras* – Todas las instituciones financieras, incluyendo organismos de crédito y bancos multilaterales deberían fomentar el tratamiento con más rigor del tema relativo al cierre de minas en las propuestas mineras. Esto debería incluir un plan de cierre bien diseñado que identifique los recursos que van a ser necesarios y un sistema de revisión independiente.
- *Recintos abandonados* – La industria debería trabajar en conjunto con las organizaciones internacionales y donantes bilaterales para elaborar un inventario de minas abandonadas e identificar los recintos que requieren acción prioritaria.
- *Mecanismo de financiamiento* – Se debe implementar un mecanismo de financiamiento para costear programas de rehabilitación de recintos abandonados. Mecanismos alternativos de financiamiento se discuten en el Capítulo 16.

Problemas Ambientales Relacionados

Uso de la Energía en el Sector de los Minerales

Responsabilidades del Sector de los Minerales

El actual nivel y modelo de uso de energía es un factor fundamental que afecta las condiciones ambientales del mundo; el cambio climático es una preocupación crucial para el desarrollo sustentable. Este cambio climático tiene la posibilidad de provocar impactos graves a la reproducción de los ecosistemas y una vez que se produce es difícil revertir.

La información científica actual señala que las actividades humanas han modificado el clima global más de lo que puede tener relación con las fluctuaciones generadas por los ciclos naturales. La firma en 1992 del Marco del Convenio sobre Cambio Climático constituyó un punto de viraje en la conciencia pública e intergubernamental con respecto a esta posibilidad. Desde entonces, crecientes evidencias científicas muestran que una causa básica

del cambio climático global son las emisiones de gas originadas por la quema de combustible fósil y otras fuentes, como por ejemplo la liberación de gas metano por parte de la agricultura y la producción de petróleo y gas.⁵¹ Es ampliamente reconocido que los países en desarrollo tendrán la menor capacidad de adaptarse a un cambio climático.

Las responsabilidades de estos problemas son compartidas entre los sectores público y privado. Los gobiernos, la industria y opinión pública de los países más industrializados tienen un papel fundamental tanto para contribuir al uso global de energía como para elaborar políticas que permitan abordar los problemas que se produzcan. Actualmente, algunas empresas de la industria del petróleo y del gas (tales como BP y Royal Dutch Shell) están abordando este problema y han obtenido los beneficios financieros de establecer proactivamente programas de reducción del efecto invernadero.

Existen varias razones por las cuales el sector de los minerales se encuentra especialmente involucrado en los aspectos de un potencial cambio ambiental global que se relacionan con el uso de energía:

- La elaboración de productos minerales básicos a partir de fuentes primarias implica el traslado y el procesamiento de grandes cantidades de material, lo que requiere una fuente de energía.
- Muchos productos elaborados que dependen de los insumos minerales para su funcionamiento consumen cantidades considerables de energía, como por ejemplo vehículos motorizados y artículos eléctricos.
- Debido a los requisitos de energía, la minería y la industria de los minerales pueden influir las decisiones con respecto a invertir en fuentes de energía.
- Varios productos minerales básicos, cabe destacar el caso del carbón, son utilizados como combustibles.

La última de estas razones es de gran importancia para el desarrollo sustentable y ya ha sido tema de un decisivo debate entre ONG, industria, académicos y especialistas en políticas de energía. A pesar de su importancia, este tema se encuentra fuera del alcance de este informe por dos razones. En primer lugar, en el limitado tiempo disponible, participar en estos asuntos estaba más allá de los recursos del proyecto. Y en segundo lugar, ya existían varios procesos participativos, algunos de ellos de mayor envergadura que MMSD, los que apuntaban a dichos temas específicos y era incierto que MMSD pudiera añadir algo importante a los debates en curso.

Aunque a veces se dijo que entre el 4 y el 7% de la demanda de energía del mundo es consumida por la minería, los límites no están lo suficientemente definidos para determinar una cifra mundial exacta.⁵² Los mejores cálculos tienen relación con ciertos productos minerales básicos, pero incluso en este caso la cifra depende del lugar y el modo en que son producidos. Los cálculos de uso de energía en todo el ciclo de los minerales son aun más difíciles de obtener.

En la Figura 10–3 se ilustran algunas de las variaciones existentes entre los países con respecto a la importancia del consumo de electricidad en distintos sectores de la industria de los minerales. El consumo total de electricidad en minería y extracción de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (104.000 gigawatts por hora) es comparable a la del ferrocarril (89.000 gigawatts por hora).⁵³ La electricidad es, por supuesto, sólo una de las muchas formas de energía utilizada en estas industrias. En conjunto,

las cinco divisiones de la industria de los minerales utilizaron 11,3 millones de toneladas de combustible diesel en 1998, lo cual es solamente el 4% del total utilizado en transporte de carreteras (286 millones de toneladas).

El impacto de la producción de electricidad sobre el cambio climático depende en gran medida de la fuente de poder de la electricidad. Si la electricidad es producida principalmente en plantas eléctricas a gas, entonces el impacto es mayor que si se genera a partir de algunas fuentes renovables.⁵⁴

Eficiencia Energética en la Producción de Minerales Básicos

El sector de los minerales tiene un interés fundamental en reducir su uso de energía por unidad producida, debido a las obvias implicaciones de los costos de producción. Según la operación determinada en cuestión, los costos de energía para las distintas operaciones unitarias varían considerablemente con relación a los costos totales de operación. En el caso del procesamiento de minerales, este puede ser hasta un cuarto del total. (Ver Tabla 10–2.) Si se considera el proceso global de elaboración de aluminio primario, el gasto en energía puede representar un tercio de los costos totales de producción.⁵⁵

Durante el siglo XX, el sector logró inmensos adelantos en eficacia de la energía mediante la innovación tecnológica. Durante los últimos 50 años, por ejemplo, la cantidad de energía necesaria para producir 1 tonelada de aluminio primario ha bajado en un 40%.⁵⁶ Los motores y bombas utilizados para la extracción de minerales se han vuelto más eficaces. Sin embargo, el objetivo no es sólo aumentar la eficacia con la que se usa la energía de cualquier fuente. Una prioridad decisiva es reducir la liberación directa e indirecta de gases del efecto invernadero. Las opciones de mitigación varían entre los distintos sectores de la industria. En el caso del aluminio, el hierro y el acero existe un diverso grupo de fuentes de emisiones, que incluyen tanto de generación de energía y de proceso. La seguridad del suministro es un asunto fundamental para considerar la selección de las fuentes de energía.

Figura 10–3. Porcentaje de Consumo Total de Electricidad Utilizado en la Industria de la Minería y los Minerales, Países Seleccionados y la Unión Europea, 1998

Fuente: IEA (2001a) e IEA (2001b)

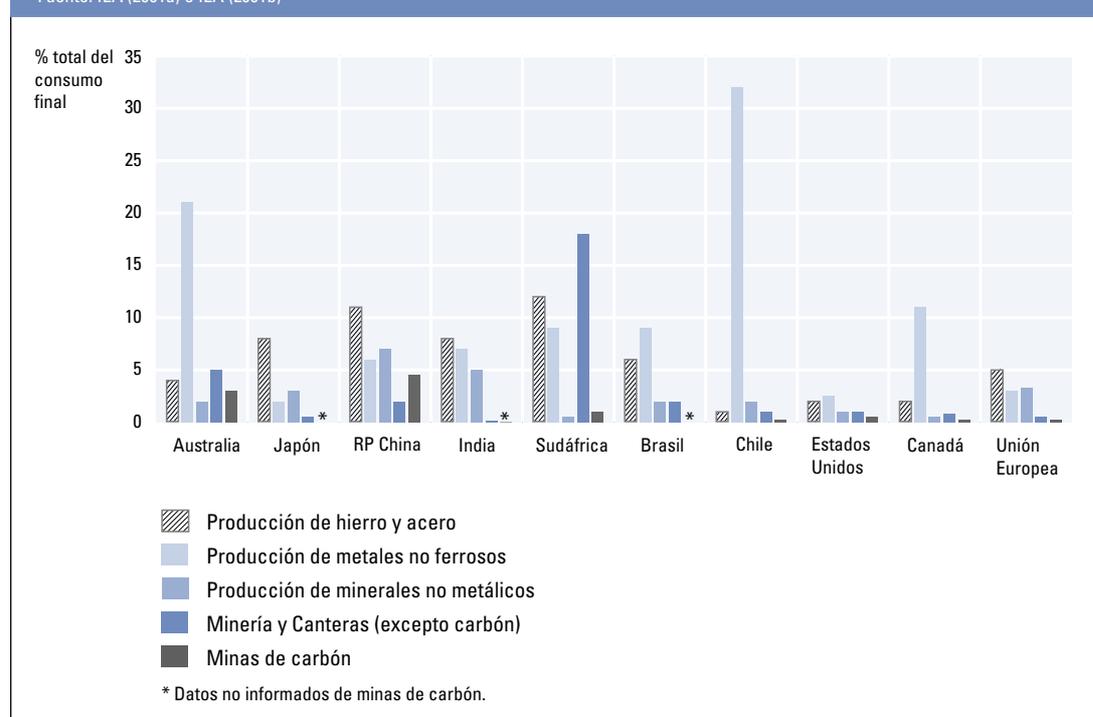


Tabla 10–2. Cifras Estimadas de Costos de Energía como Porcentaje de los Costos Operativos Totales, Operaciones Seleccionadas de Extracción de Minerales (basadas en información de precios de Estados Unidos durante 1999)

Tipo de operación	Detalle	Tamaño de la operación	Porcentaje de costos operativos		
		(toneladas por día) ^a	Combustible	Electricidad	Total
		Producción de mineral			
Mina de superficie	Razón de extracción 1:1	1000	0,3	6,4	7
	Razón de extracción 8:1	8000	2,1	8,7	11
Mina subterránea	Bocamina de anchurón y pilar	8000	nd	nd	6
	Pozo de anchurón y pilar	8000	nd	nd	5
		Alimentación			
Fábrica hidrometalúrgica	Molino de lixiviación de cianuro	2000	nd	nd	27
Molino de flotación	un producto concentrado	1000	0,0	27,5	28
	tres productos concentrados	8000	0,0	28,4	28

^a Estas cifras son sólo aproximadas, ya que se basan solamente en un grupo de modelos teóricos de costos de minas. nd: no determinada

Fuente: Schumacher (1999), con la ayuda de decodificación adicional de O Schumacher

El futuro papel de la tecnología para reducir las emisiones en la actividad de los minerales es discutido en el capítulo 6. Sin embargo, existe un gran número de alternativas para aumentar la eficacia de los actuales procesos de producción. Estas varían desde actualizaciones relativamente sencillas de equipamiento minero portátil (ver Cuadro 10–10) hasta aquellas que dependen en gran medida de importantes inversiones de capital a largo plazo y de cambios políticos que afectan a la industria (ver Cuadro 10–11).

El precio de la energía puede aumentar como resultado de los compromisos gubernamentales hechos bajo el Protocolo de Kyoto (parte del Marco de Convenio sobre Cambio Climático). Esto puede deberse tanto al cambio en las fuentes de energía bajas en carbono como a la necesidad de pagar impuestos al carbono o adquirir permisos de emisión. Las alzas del precio de la energía podrían significar que las presiones para bajar los costos en el sector de los minerales puedan ser aun mayores en el futuro. Las alzas en los costos podrían variar entre un 10 y un 50%, y pueden tener un importante impacto en las estructuras de costo y la competitividad de la empresa minera.⁵⁷ Esto producirá ganadores y perdedores, ya que las empresas que aumentan su eficacia en el uso de energía obtendrán más rápidamente una ventaja competitiva. También se producirán cambios en el ámbito internacional. Las empresas que realizan actividades mineras en la mayoría de los países industrializados sentirán primero el impacto que supone el Protocolo de Kyoto, mientras que aquellas que trabajan en

muchos países en desarrollo no estarán sujetas a límites para la próxima década o incluso por más tiempo.

En lo que respecta a la extracción de minerales metálicos, uno de los mayores desafíos para la eficacia de la energía es hacer frente a la disminución de la ley de tales minerales. Leyes más bajas inevitablemente requieren que se movilice mayores cantidades de material por unidad de producción. En este contexto, es importante reconocer que la cantidad de metal en materiales reciclables a menudo es mayor que en los yacimientos que son explotados en la actualidad. Desafíos claves para avanzar en el reciclaje de productos minerales básicos se discuten en el Capítulo 11. Una vez que ha sido recolectada y clasificada, la producción de metales de chatarra por lo general requiere un porcentaje de la energía utilizada en la producción de fuentes primarias.

Cuadro 10–10. Ahorro en Costo y Energía Mediante Aplicación de Tecnología Básica

Blue Circle Aggregates Lithonia Quarry de Georgia, Estados Unidos, produce anualmente 1 millón de toneladas de agregados y fabrica arena para el sector de la construcción y para construcción de carreteras. Basada en una evaluación dirigida por el Instituto de Tecnología de Georgia, la cantera implementó una serie de actualizaciones de sistemas de motores, lo cual redujo el uso de energía de 4 millones de kilowatts/hora en un 6,2% y disminuyó la demanda de electricidad de 500 kilowatts en 16%. Esto le significó a la empresa un ahorro de US\$21.000 al año.

Los mayores ahorros de energía se produjeron reduciendo la capacidad de tres grandes bombas de agua y cambiando la fuente de la cual sacaba agua. Una segunda modificación fue simplemente bajar otra bomba a 25 metros. La inversión de esta particular actualización se recuperó en sólo un año y medio. Una tercera innovación fue reemplazar cuatro motores con versiones más eficientes una vez que habían llegado al fin de su vida útil. Se prevé que esto tendrá un período de recuperación de la inversión de 2,4 años.

Fuente: Departamento de Energía de Estados Unidos (1999)

Cuadro 10–11. Eficacia en el uso de Energía en el sector Productor de Aluminio Primario en la India

Aunque la producción de aluminio representa sólo el 0,5% del valor de producción en el sector manufacturero, es una de las industrias de mayor consumo de energía de la India. En 1993, su porcentaje de combustible utilizado fue de 2,6%. Los costos de energía de este sector son los más altos de todos los sectores manufactureros de la India, los costos de producción comienzan desde 35% hacia arriba. Se espera que la demanda de aluminio aumente a 1,06 millones de toneladas durante los años 2006–2007. Con el fin de mantener la competitividad tanto en los mercados internos como externos, se han comenzado a producir avances en la renovación industrial y en el uso eficaz de energía, basados en los últimos descubrimientos tecnológicos. A pesar de estos avances, un estudio detallado de la productividad de la industria del aluminio de la India ha calculado que en algunas plantas productoras de alúmina se podría lograr un ahorro de energía del orden del 20 y 40%. En la etapa de la fundición (conversión de alúmina a aluminio) las posibilidades de ahorro de energía varían entre un 16 y un 30%. Las barreras para el uso eficaz de energía tienen relación con el capital, falta de información sobre ahorros y beneficios de las tecnologías necesarias y cambios políticos nacionales que afectan a la industria.

Fuente: Lawrence/Berkeley National Laboratory; Schumacher y Sathaye (1999) pág. 31

Mayor Eficiencia Energética en el Uso de Minerales Básicos

Como se destacó en el Capítulo 2, los minerales básicos son parte fundamental de numerosos productos y de este modo tienen un importante rol en el uso global de energía al propiciar la existencia de un producto en el primer lugar y por hacer que los productos sean más o menos eficientes con respecto al uso de energía.

La eficacia en el uso de energía de los productos tiene importantes repercusiones para la cantidad y el tipo de metal utilizado. La manera en que se utilizan los minerales básicos también tiene importantes consecuencias para su reutilización. El diseño del producto para reciclaje, refabricación, o para aumentar la vida útil de éste, tiene importantes efectos en el uso de energía. Es claro que, los diseñadores de productos, recicladores y fabricantes necesitan trabajar juntos de una manera mucho más eficaz para explotar las oportunidades económicas que éste representa. Los procesos de manufacturación pueden ser mejorados sustancialmente con el fin de evitar generar material de desecho (sin importar que luego sea reciclado).

Sin embargo, en algunos casos una mayor eficacia en el uso de energía de algunos productos puede generar el uso de mayores cantidades de un mineral básico. (Ver Capítulo 11.) Un mayor énfasis en el uso de electricidad probablemente aumentará la demanda de cobre, ya que los motores eléctricos más eficaces tienen una mayor cantidad de bobinado de cobre.⁵⁸ La eficacia en el uso de energía puede ser aumentada mediante el uso y aplicación de metales –tales como el uso de zinc para aumentar la durabilidad del acero al protegerlo de la corrosión y la mejor eficacia en el uso de energía de equipamiento eléctrico aumentando masa o volumen.

Recomendaciones sobre el Uso de la Energía

- Iniciar un organismo consultor global para abordar la falta de información acabada, consecuente y regular sobre el uso de energía en la industria de la minería y de los minerales y el rol del reciclaje. Este organismo debería hacer recomendaciones públicamente a todos los grupos comerciales disponibles relacionados con la minería y los minerales. Debería evaluar los mejores medios de hacer que la información auditada independiente con respecto al uso de energía en el sector de los minerales esté disponible para el público.
- Acordar un equipo de trabajo para informar sobre las repercusiones de las políticas de cambio climático, para la seguridad de las operaciones de extracción y procesamiento de minerales.

Manejo Ambiental de los Metales

Varios metales generan gran preocupación ambiental debido a su potencial toxicidad química. Estos temores se extienden a los metaloides –elementos no metálicos, como por ejemplo el arsénico, y que en algunos aspectos se comportan como metales. De hecho, las propiedades tóxicas de muchos metales y metaloides han sido explotadas para diseñar pesticidas y antisépticos. Para muchas personas, el miedo a su toxicidad es tan importante como el daño que se sabe han causado estos elementos. Este es un problema importante con respecto a la comunicación de riesgos y puede tener consecuencias sociales y económicas. Por ejemplo, el valor del suelo disminuye si existe el riesgo de contaminación. Por lo tanto, es posible sostener que los metales y metaloides pueden reducir el capital natural no sólo debido a su acción tóxica y su persistencia, sino también a su presencia en concentraciones que causan inquietud.

Muchas opiniones se basan en el catálogo de tristemente célebres incidentes en que metales y metaloides han causado, más allá de dudas considerables, graves efectos a la salud humana. Uno de estos casos fue el debilitamiento óseo llamado *Itai itai* ('grito de dolor') que se produjo entre los habitantes de la parte inferior de la cuenca del río Jinzu en Japón. Aunque el estado alimentario de las personas era un factor importante para determinar la magnitud del brote de la enfermedad, una importante causa subyacente fue el cadmio que era eliminado en el río por una mina de plomo y zinc. El agua del río era utilizada para regar cultivos de arroz, que acumulaban altas concentraciones de este elemento. El consumo de arroz constituyó una grave ruta de exposición al cadmio para las personas del área.⁵⁹

Existen muchos otros casos preocupantes. Entre éstos se encuentra el arsénico como un derivado de la producción de cobre en algunas partes del mundo, y los efectos del mercurio en los mineros artesanales. (Ver Capítulo 13.) Las preocupaciones, por supuesto, no sólo se limitan a los recintos de producción de minerales. Otro ejemplo es el uso de plomo en la gasolina y la pintura (ahora prohibido en varios países), produce concentraciones de este metal en la sangre que exceden las normas de salud. La contaminación de mercurio provocada por la descarga de una fábrica de químicos en Minamata, Japón, generó un cambio de la opinión pública con respecto a este elemento. Procesos de elaboración, reciclaje y eliminación de desechos pueden ser del mismo modo muy discutidos debido a la contaminación que pueden causar. Esto incluye exposición ocupacional, como por ejemplo las enfermedades respiratorias que afectan a los trabajadores que participan en el procesamiento del berilio y en la producción de los diversos químicos que componen este elemento.⁶⁰

En muchos casos, la detección real de los efectos tóxicos puede no ser relevante; es la presencia de un metal o un metaloide por sobre el límite saludable para seres humanos o ecosistemas, lo que provoca alarma o es utilizado para producir alarma. Como sucede con todos los peligros químicos, demostrar el daño real más allá de cualquier duda razonable y fijar los límites es una enorme tarea totalmente independiente. El manejo de los metales en el medio ambiente debe incluir hacer frente a la incertidumbre científica y tomar decisiones sobre niveles de precaución apropiados. Este no sólo es campo de científicos y políticos. La percepción de los beneficios de utilizar un metal, los méritos de materiales alternativos y la probabilidad de mal manejo son determinantes fundamentales de la posibilidad de daño. También afectan la voluntad de actuar frente al mismo.

Un aspecto clave en la mayoría de los incidentes de contaminación y polución es que las responsabilidades por el daño están mal definidas y son lentas para entrar en acción. Esto a menudo es el caso de metales y metaloides, que pueden ser liberados al medio ambiente en todas las etapas del llamado ciclo de los minerales. Por ejemplo, las empresas mineras ¿son responsables del destino de los materiales que producen? Las empresas de reciclaje ¿deberían aceptar una parte de la responsabilidad igual a la proporción de la demanda mundial que satisfacen? Es claro que el problema es asegurar que todos los actores del sector de los minerales asignen y compartan las responsabilidades con respecto al manejo del riesgo de daño.

Asignar responsabilidades no es una tarea fácil. Lo primero y más importante se refiere al hecho de que los metales y metaloides se encuentran en forma natural sobre la superficie terrestre y bajo ésta.⁶¹ Esto ocurre especialmente en las áreas mineras donde los minerales han estado presentes en o cerca de la superficie por millones de años. Además, las concentraciones absolutas de cualquier metal o metaloide por lo general son menos importantes, en cuanto a

riesgo de daño, que en la forma física y química en la que se presentan. No todas las formas están biológicamente disponibles y algunas pueden volverse más estables con el paso de los años. Sin embargo, algunas personas temen que también sea posible que suceda a la inversa y promueven la idea de “bombas químicas de tiempo.”⁶² Algunos metales tienen ciclos globales verdaderos y la modificación del medio ambiente por parte del hombre (como por ejemplo acidificación y cambio climático) pueden alterar su comportamiento sin que el hombre haga descargas adicionales. En los ámbitos local y regional, el cambio en el uso del territorio también puede ser importante. El caso del mercurio en el Amazonas brasileño ejemplifica esta situación. Ahora existen pruebas de que la concentración de mercurio en los suelos es mayor de la que se podría atribuir sólo a la minería de oro.⁶³



Toma de muestras para análisis de metales pesados en el río Fly, río abajo de la mina de cobre Ok Tedi, PNG

Avances en el Manejo de los Metales

El mundo ha aprendido cada vez más sobre la química ambiental de metales y metaloides.⁶⁴ El mayor conocimiento de hoy en día ha sido la base de muchas iniciativas globales para manejar la producción y el uso de estos elementos; entre estas iniciativas se incluyen foros internacionales sobre seguridad y manejo de químicos. Los metales también han sido tema de acuerdos internacionales, entre los que se incluyen el Protocolo sobre Metales Pesados del Convenio sobre Contaminación Transfronteriza del Aire a Gran Escala (*Heavy Metal Protocol of the Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution*) (acuerdo internacional que controla emisiones y usos de plomo, cadmio y mercurio) de 1998 y el Convenio Internacional sobre el Control de Sistemas Anti-incrustantes Perjudiciales (*International Convention on the Controls of Harmful Antifouling Systems*) (que controla el uso de estaño de tributilo en barcos) de 2001. Importante parte de todos estos esfuerzos es mantener sistemas de información actualizados. La Unión Internacional de Ciencias Geológicas (UICG) y la UNESCO están haciendo una contribución global a este respecto con el Proyecto de Mapa Geoquímico Internacional. El Consejo Internacional sobre Metales y Medio Ambiente (ahora ICMC) se ha encargado de impulsar el trabajo en la comunidad científica, con respecto a la evaluación de riesgos a la salud de ecosistemas y seres humanos que presenta la producción de estos elementos.

Estos y muchos otros esfuerzos nacionales han ayudado a reducir algunas de las emisiones más dañinas. Por ejemplo, la dispersión de arsénico ha bajado significativamente durante las últimas dos décadas. En 1983, aproximadamente entre 10.000 y 15.000 toneladas de arsénico eran derramadas en Europa, Estados Unidos, Canadá y la Unión Soviética.⁶⁵ Pero a mediados de la década de 1990 el total había caído casi en 3.500 toneladas en todo el mundo.⁶⁶

Sin embargo, estos logros no han sido compartidos de modo parejo. Aunque muchas personas de países industrializados se benefician del menor riesgo de exposición, aún existen graves problemas en muchos países en desarrollo. Estos problemas frecuentemente están relacionados con los legados de recintos mineros contaminados, como sucede, por ejemplo, en Sudáfrica.⁶⁷ El drenaje de ácido y la generación de desechos mineros, tratados ampliamente en este capítulo, son razones por las cuales algunos de estos problemas continúan. El traslado de materiales también constituye graves riesgos, como se ha demostrado con el derrame de

mercurio en la ruta hacia la mina Yanacocha en el Perú.⁶⁸ Los vertederos que contienen baterías y equipos eléctricos continúan afectando las capas acuíferas de todo el mundo.

Estrategias para un Manejo Más Eficaz de las Responsabilidades

La lista de requisitos técnicos para manejar el riesgo de daño provocado por metales y metaloides es interminable. Para la industria de la minería y los minerales, estos requisitos tienen relación principalmente con la descarga de ácido y las emisiones a la atmósfera. En esta sección se abordan estrategias para manejar los metales en el medio ambiente de manera más eficaz; la atención aquí se encuentra en prevenir más que en rehabilitar.

Aunque existe un papel continuo para sanciones e incentivos para reducir las emisiones de metal, están surgiendo estrategias adicionales para manejar más eficazmente el riesgo de daño. La más reciente es el creciente interés en políticas públicas orientadas a productos, en especial en Europa; la utilidad y éxito en general de una política de este tipo serán evaluados con el paso del tiempo. Una ventaja de esta política es que toma en cuenta toda la cadena de abastecimiento, desde la extracción, procesamiento, uso hasta (si fuera necesaria) la eliminación. Este enfoque “de-principio-a-fin”, también llamado análisis de ciclo de vida es tratado posteriormente en el Capítulo 11.

El principio precautorio (ver Capítulo 1) debe ser un elemento central en el manejo de metales y metaloides para el desarrollo sustentable. Aquellas personas que defienden o practican la precaución a la luz de la incertidumbre deben hacerlo sobre la base de un debate amplio y transparente. Con frecuencia los trabajadores y las comunidades simplemente desconocen el daño que puede ser causado o los posibles impactos que tendrá una política precautoria en sus medios de subsistencia. Es importante notar que el daño puede ocurrir debido a casos excepcionales de mal manejo de productos o materiales (como por ejemplo descarga ilegal de desechos, desastre de transporte, o falla de un depósito de desechos) más que cuando políticas y estrategias de gobiernos y empresas se desarrollan de acuerdo al plan.

Existe una clara presión sobre los usos dispersivos de metales, en concreto, usos que colocan estos metales en el medio ambiente en formas que impiden su recuperación o reciclaje. Hay muchos ejemplos de usos dispersivos que han desaparecido o se encuentran en proceso de desaparecer: plomo en gasolina y pintura, arsénico y cadmio en fungicidas, cadmio en tinturas. Estas presiones provienen de dos fuentes. En primer lugar existe la preocupación ambiental de que su presencia en la biosfera tenga efectos negativos en la salud humana, en plantas o animales. Y en segundo lugar, existe cada vez mayor demanda de supervisión de los metales en uso por razones de recuperación del recurso. Atrapados entre estas dos demandas, los usos dispersivos que restan serán cada vez más cuestionados.

Este enfoque no se debería aplicar a todos los metales y metaloides sin consideraciones más amplias. Muchos elementos que son potencialmente tóxicos en altas concentraciones también son nutrientes fundamentales; eliminarlos completamente del medio ambiente implicaría el uso de suplementos para reemplazarlos. Esto se puede ejemplificar mediante la creciente conciencia de los peligros de la carencia de zinc.⁶⁹ El enfoque aplicado con demasiada frecuencia con contaminantes orgánicos sintéticos y que consiste, por ejemplo, en reconocer un límite inferior a los efectos causados a la salud humana y asumir que ‘mientras menos mejor’ en lo que respecta a concentraciones en el medio ambiente, no es apropiado para algunos elementos que se encuentran en todo el planeta y que son necesarios para muchas formas de vida.

Recomendaciones Ambientales sobre los Metales

- El ICMM debería identificar las áreas prioritarias de incertidumbre concernientes a la contribución de la industria de la minería y los minerales al ciclo global de elementos potencialmente tóxicos. Debería buscar comenzar un trabajo conjunto entre asociaciones industriales, organismos internacionales y el sector académico con el fin de asegurar que dicho conocimiento será generado y comunicado de manera eficaz a todas las partes interesadas. El objetivo debería ser establecer vínculos entre fuentes específicas y la probabilidad de impactos en la salud humana o en el funcionamiento de los ecosistemas.
- Todas las industrias vinculadas con el ciclo de vida de los metales deben trabajar juntas más eficazmente para asegurar que esta información se encuentre disponible con el fin de realizar evaluaciones de riesgo para los usos de sus productos y subproductos en la sociedad. Esto debería ser parte de sus actividades de supervisión de productos. Las asociaciones industriales deberían desempeñar un papel activo para posibilitar esta actividad.

Diversidad Biológica: Amenazas y Oportunidades

La diversidad biológica (o biodiversidad) es parte fundamental de nuestro patrimonio de capital natural. La definición que entrega el Convenio sobre Diversidad Biológica de la ONU (CDB) como “la variabilidad de todos los organismos de todas las fuentes... y complejos ecológicos de los que forman parte... [incluyendo] diversidad de especies, entre especies y ecosistemas”, es un concepto abstracto.⁷⁰ (Ver Cuadro 10–12.) Los temas de biodiversidad con frecuencia han sido ignorados en la planificación y la toma de decisiones, y el término a menudo ha sido interpretado muy vagamente como la suma de todas las cosas vivientes y los procesos ecológicos relacionados con ellas. Pero representa mucho más que ‘bienes’ y ‘servicios’. La biodiversidad –y su inherente variación– entrega a los organismos vivos la capacidad de adaptarse (o ser adaptados mediante intervención del hombre, como por ejemplo la genética vegetal) a un ambiente en constante cambio. Por lo tanto, esto se entiende mejor como la capacidad del mundo vivo para cambiar –variabilidad– y la riqueza de las formas y procesos biológicos que se producen como resultado de esa capacidad –variedad. La biodiversidad, por lo tanto se encuentra en todas partes, aunque en distintas concentraciones y configuraciones.

El valor fundamental de la biodiversidad radica en las elecciones u opciones que soporta, tanto para beneficios actuales como futuros, en donde este valor se relaciona con las fuentes alternativas de alimentación que proporciona, con los diversos procesos bioquímicos que están detrás de productos medicinales modernos y tradicionales, o con la manera en que aumenta la capacidad de la biosfera para adaptarse a los innumerables procesos naturales, desde la polinización hasta la protección de cuencas hidrográficas. Todos los seres humanos dependemos en algún modo de la biodiversidad; por lo tanto, es probable que su pérdida nos afecte a todos. Pero los que tienen la mayor probabilidad de sufrir las consecuencias de la pérdida de la biodiversidad son los pueblos indígenas o los habitantes de regiones rurales, muchos de los cuales siguen dependiendo directamente de hábitat silvestres y de ecosistemas naturales para todas sus necesidades de subsistencia, ya sea por elección o por falta de alternativas.⁷¹

En el pasado, las compensaciones entre las actividades humanas y la biodiversidad se hacían de manera inconsciente –una parte del terreno era separado y se protegía estrictamente, independiente de los impactos sobre la comunidad local, mientras que el resto era convertido para otros usos, independiente de la pérdida de biodiversidad.⁷² Hoy en día, el contexto de

operación ha cambiado drásticamente. El aumento de la población y las necesidades de consumo se están transformando en las mayores demandas de todos los tiempos sobre el suelo y los recursos naturales; las áreas protegidas –que han sido los principales instrumentos de conservación de biodiversidad– no son capaces de soportar estas presiones cada vez mayores, son afectadas por frecuentes invasiones a través de la agricultura, la silvicultura, la pesca o las actividades mineras. Es obvio que proteger estas áreas no conservará la biodiversidad si el resto de la base de tierra es manejada deficientemente. De este modo, el centro de atención debe ser tanto abordar los tres objetivos del CDB o “línea de base triple” de biodiversidad –conservar la biodiversidad, dar uso sustentable a sus componentes y repartir con equidad los beneficios que se produzcan de su uso– al igual que en las tres dimensiones de la biodiversidad (ecosistemas, especies y genes). El marco del CDB puede por lo tanto, ayudar a relacionar la biodiversidad de manera mucho más eficaz con las dimensiones económica y social del desarrollo sustentable.

Cuadro 10–12. Principal Marco Internacional de Acción sobre Biodiversidad

El Convenio sobre Diversidad Biológica de las Naciones Unidas es un instrumento clave del programa global para el desarrollo sustentable. Esta iniciativa representa un intento conjunto para dotar a la biodiversidad de un marco legal obligatorio basado en un consenso internacional. Actualmente ratificado por 180 países, este convenio proporciona al sector de los minerales una base política apropiada para participar en asociaciones y diálogos constructivos con la comunidad de la biodiversidad.

El CDB tiene tres objetivos principales:

- la conservación de la diversidad biológica,
- el uso sustentable de sus componentes, y
- la distribución justa y equánime de los beneficios generados por la utilización de recursos genéticos.

El CDB traduce estos objetivos en una serie de artículos que contienen disposiciones sustantivas sobre conservación de la biodiversidad *in situ* y *ex situ*; disposición de incentivos para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad; investigación y capacitación; conciencia y educación públicas; evaluación de impactos de proyectos en la biodiversidad y minimización de impactos adversos sobre la biodiversidad; regulación de acceso a recursos genéticos; acceso y transferencia de tecnología y disposición de recursos financieros. La mayoría de estas disposiciones también son aplicables a un recinto minero, a un programa de trabajo de un ministerio de gobierno o en el ámbito internacional. De este modo, el CDB proporciona a los gobiernos, ONG y al sector privado un marco conceptual más útil.

El CDB ha establecido convenios institucionales para su mayor desarrollo y el seguimiento de los avances. Las instituciones claves incluyen la Conferencia de las Partes, que sesiona dos veces al año, el Organismo Subsidiario sobre Consejo Técnico y Tecnológico y una secretaría. Las organizaciones industriales pueden asistir a las reuniones del CDB en calidad de observadores.

Otra legislación pertinente de nivel nacional, regional o internacional que se requiere considerar incluye el Convenio RAMSAR sobre Humedales de Importancia Internacional y el Convenio sobre el Patrimonio Mundial.

Fuente: Convenio sobre Diversidad Biológica (1992). Para la definición de biodiversidad, ver artículo 2 del Convenio. Ver también Secretaría de Convenio sobre Diversidad Biológica (2001).

Sin embargo, las invasiones a áreas protegidas han provocado muchos debates polémicos con respecto al acceso y propiedad de tierras (ver Capítulo 7) y sobre los que se considera ‘lo mejor’ para la conservación de la biodiversidad. Se ha fomentado la conservación de la comunidad como un enfoque alternativo –y complementario– sobre las tierras ubicadas fuera o cerca de áreas protegidas. Pero existen muchas cuestiones políticas e institucionales que limitan una adopción más amplia de este enfoque. En el lado más tecnológico, está la conservación *ex situ*, que se centra en recolectar y almacenar especímenes en bancos de genes, zoológicos o jardines botánicos. Es mucho lo que el sector de la minería podría hacer para apoyar más estas iniciativas, en conjunto con otros sectores, aparte de mitigar su impacto directo sobre la biodiversidad dondequiera que se encuentre.

Obviamente, se necesita hacer mucho más si se va a mantener dicha biodiversidad. Aunque el CDB indica un creciente compromiso con la causa, su implementación se encuentra limitada, entre otras cosas, por una seria falta de recursos, herramientas e incentivos económicos inapropiados y capacidad insuficiente, especialmente en países en desarrollo. El sector de los minerales tiene un papel fundamental en el mantenimiento de la biodiversidad, ya que algunas operaciones mineras pueden eliminar ecosistemas completos, todas sus especies endémicas y hacer que sus actividades sean cada vez más prolíficas en áreas relativamente inalteradas y de alto valor de biodiversidad.⁷³ Sin embargo, el éxito duradero dependerá de acciones de rehabilitación por parte de todos los sectores, incluyendo planificación económica, agricultura, pesca, energía, infraestructura y turismo. También dependerá de la comprensión que tengan los consumidores más ricos sobre el impacto social y ecológico que generan sus modelos de consumo.

Cómo Identificar Áreas Valiosas en Biodiversidad

No todas las áreas constituyen un mismo interés para la conservación de la biodiversidad. De este modo, cualquier sector ‘intruso’, sea agricultura, minería, explotación comercial o infraestructura debe ser informado de las ubicaciones específicas de las zonas de más alto valor en biodiversidad o de mayor interés de conservación, de modo que se puedan tomar las medidas de mitigación apropiadas. Los biólogos y el sector conservacionista invierte grandes sumas en estos ejercicios de identificación y de definición de prioridades. Actualmente en el ámbito global existen distintas descripciones de áreas de prioridad en biodiversidad en el mundo, basadas en distintos enfoques como por ejemplo puntos conflictivos, áreas de aves endémicas, áreas de plantas importantes y regiones ecológicas.⁷⁴ Algunas de éstas coinciden con las áreas protegidas, otras no. Sin embargo, el sector conservacionista ha identificado áreas protegidas (Categorías de Manejo I–IV de IUCN) y los sitios declarados Patrimonio Mundial de la UNESCO como áreas en que se debe evitar toda actividad minera. Esta recomendación ha generado muchos dilemas. (Ver Capítulo 7 para conocer información más detallada sobre minería y áreas protegidas.)

Aunque estos ejercicios para definir prioridades son una útil aproximación preliminar, no siempre coinciden en el espacio y utilizan distintos representantes para la biodiversidad, lo que dificulta que personas que no son de esta área sepan a qué darle prioridad. Los científicos no concuerdan con respecto a qué representantes adoptar, principalmente debido a que la diversidad *per se* no puede en toda su complejidad ser cuantificada mediante ninguna medida conocida y el conocimiento evoluciona constantemente. Dado que todos tienen distintos intereses en la biodiversidad y en comprender este factor, el tema de si un representante es el ‘correcto’ siempre es asunto de un abierto debate. Por ejemplo, aspectos de la biodiversidad que son de un valor sustantivo para un grupo, pueden ser de poco o ningún significado para otros: el punto de vista de un cazador o recolector sobre garantía de

conservación vegetal puede variar marcadamente al de un botánico occidental o un especialista en medicina tradicional china. La selección de representantes, por lo tanto, se encuentra basada en juicios de valores y supuestos científicos con respecto a qué facetas de la biodiversidad son más importantes que otras.⁷⁵

Los ejercicios de mapeo global también han demostrado ser una solución demasiado amplia para ser utilizada en la planificación u ordenamiento territorial local. Al mismo tiempo, la valiosa información disponible al nivel específico del recinto con frecuencia no ha sido catalogada sistemáticamente o revisada por otros colegas y por lo tanto los encargados de tomar decisiones no tienen acceso a dicha información. Mecanismos innovadores, tales como el uso de Internet, son necesarios para que estos datos sean revisados por otros colegas y para asegurar que esta información permanezca en la memoria de la institución anfitriona, teniendo en cuenta especialmente la rápida disminución de la disponibilidad de recursos para actividades de estudios sistemáticos y etnobiológicos.

Los avances en la presentación de un punto de vista más actualizado y más coherente con respecto a prioridad en áreas de conservación de biodiversidad y metodologías para su identificación y evaluación también se han visto seriamente obstaculizados por una creciente baja en la inversión del sector público en varias investigaciones vinculadas, particularmente en sistemática y taxonomía (identificación y enumeración de las distintas especies). Sólo 1,7 millones de especies han sido identificadas de un total posible de 20 a 100 millones.⁷⁶ El conocimiento taxonómico especializado existente también se ha desviado hacia grupos determinados, como por ejemplo mamíferos más que hacia invertebrados o hacia el reino vegetal. Las relaciones entre la clasificación indígena y la Occidental y mecanismos de evaluación también son débiles. Tanto los gobiernos de países industrializados como de países en desarrollo han perdido el interés en estas actividades y en ocasiones se muestran abiertamente escépticos con respecto a su importancia. Quizá existe alguna causa para este escepticismo –en particular en el contexto del país en desarrollo en el que existen otras grandes demandas sobre recursos que ya son escasos– pero también puede tener su origen en un respaldo público previo inapropiado para esta disciplina.

La consecuencia es que muchas instituciones científicas que previamente mantenían inapreciables conocimientos, colecciones vegetales o zoológicas, se han quedado sin financiamiento y sus conocimientos y datos irremplazables se han perdido. Estas brechas en la información producen inseguridad y es imposible sacar conclusiones sobre lo que se está perdiendo o las consecuencias de esto. Al mismo tiempo, el financiamiento y ejecución de estudios, investigación y publicación sobre diversidad ha sido asumido en gran parte por algunas ONG internacionales, organismos multilaterales y el sector privado. (Ver Cuadro 10–13.) Aunque estas instituciones deberían continuar teniendo un papel vital en estas actividades, necesitan una sólida coordinación central y una revisión por colegas independiente. De otro modo, es probable que predominen las agendas individuales, reduciendo la objetividad de la ciencia.

¿Cómo Afecta la Minería a la Biodiversidad?

Calcular los impactos de minería sobre la biodiversidad –o definir sus efectos y consecuencias– también presenta ciertos desafíos por razones similares a las descritas en la sección anterior. Cuando se evalúan impactos en la biodiversidad, la pregunta clave es: ¿cuál representante es el mejor? ¿No tienen todas las especies el mismo valor? Algunas especies aumentan, otras disminuyen y algunas no cambian después del trastorno provocado por la minería (suponiendo que no se ha eliminado todo el ecosistema). Además, la percepción de

Cuadro 10–13. Sociedades para la Investigación y el Estudio de la Biodiversidad

Las sociedades entre empresas e instituciones de investigación podrían proporcionar algunas interesantes nuevas oportunidades para la investigación biológica y etnobiológica. Cuando las empresas exploran en busca de minerales a menudo penetran en zonas antiguas e inexploradas por la ciencia. Dada la actual crisis de financiamiento, existe la clara posibilidad para una mayor cooperación entre los investigadores y las empresas mineras –no sólo en cuanto a la entrega de recursos financieros, sino por el acceso e infraestructura necesarios que requieren investigación y estudio rigurosos. Aunque los períodos establecidos no siempre pueden coincidir, en especial en la etapa de exploración, esta posibilidad no debería ser rechazada.

Un interesante ejemplo de dicho apoyo industrial a la ciencia lo constituye una serie de estudios financiados por PT Freeport Indonesia (sucursal de Freeport-McMoran Copper and Gold Inc. y Rio Tinto plc) durante la década de 1990 en el área de operación de la empresa, cercana al Parque Nacional Lorenz de Indonesia. La operación de esta mina –altamente polémica por varios motivos– ha logrado realizar una importante contribución internacional para aumentar el conocimiento de la flora de Nueva Guinea mediante la recolección de materiales de especies muy poco conocidas y de otras desconocidas para la ciencia. En la actualidad, aproximadamente 5.600 colecciones de plantas constituyen los pilares de una base de datos de 9.500 colecciones. Se han publicado ocho artículos en los que se describen nuevas especies, y el total estimado de especies de la región alcanza los 8.400, con 500 ó más que se presentan a más de 3.000 metros. De las especies estimadas del área, probablemente menos del 40% se encuentran en las colecciones de Kew Garden, en Inglaterra.

Nada de esta información podría haber sido obtenida sin la ayuda de PT Freeport Indonesia. De hecho, muchos sostendrán que este aporte por sí solo no puede compensar los impactos sociales y ambientales provocados por la mina. De hecho las compensaciones han sido enormes y los beneficios de la información biológica generada son pequeños a la hora de comparar. Aun así, existen algunas oportunidades que, en circunstancias aparentemente adversas, podrían generar beneficios colaterales para la ciencia si se tratan apropiadamente.

Fuente: Dr. Robert Johns, Herbarium, Royal Botanic Gardens, Kew

las personas con respecto a los efectos de estos cambios también puede variar. Los representantes seleccionados más comúnmente son especies raras, endémicas o amenazadas, o áreas protegidas, y existen buenas razones por las cuales fueron escogidas. Pero en ningún caso existe un representante para toda la diversidad biológica. Realizar evaluaciones de impacto en biodiversidad y sacar conclusiones sobre sus repercusiones, ayuda a establecer con claridad cuál representante fue elegido y por qué. También se requiere un análisis completo con respecto a si la ‘nueva’ combinación es mejor, peor, igual y a quién afectan estas repercusiones.

El sector de la minería y los minerales no necesariamente es el que afecta de manera más importante a la biodiversidad de una región determinada. Cifras publicadas por el Servicio para la Vida Silvestre y los Parques Nacionales (*National Parks and Wildlife Service*) de Australia indican que la minería era responsable del 1,1% de las supuestas extinciones de especies vegetales en riesgo, comparadas con el 38,2% atribuido al pastoreo y el 49,4% a la agricultura.⁷⁷ Sin embargo, es un hecho que la minería casi siempre causa impacto en la biodiversidad; en algunos casos los efectos pueden ser grandes y, cuando están en juego extinciones en el ámbito mundial, éstos pueden ser irreversibles. La minería de superficie

frecuentemente provoca la desaparición total de la vegetación y de la capa superior de la corteza, lo que a menudo genera una desertificación acelerada y aunque las operaciones mejor manejadas tomen medidas de rehabilitación, los impactos de la minería pueden ser de más largo alcance que los de otros sectores.⁷⁸ Existe gran cantidad de publicaciones detalladas sobre los impactos de la minería sobre la biodiversidad, incluyendo la Guía para una Minería a Gran Escala Responsable (*Guide to Responsible Large-scale Mining*) de Conservación Internacional, y la revisión de minería y degradación del bosque en Metales en el Bosque (*Metals in the Forest*) de IUCN y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por su sigla en inglés), el estudio del Centro de Políticas Mineras sobre el daño que la minería de roca dura ha hecho a los ecosistemas acuáticos en Estados Unidos y la contribución de la Fundación Ambiental de Minerales y Energía de Australia al proyecto MMSD, sin mencionar los numerosos e importantes artículos elaborados por el sector académico y otros auspiciados por las empresas.⁷⁹

Por lo general, los mayores riesgos para la biodiversidad se producen cuando iniciativas mineras ingresan a áreas relativamente remotas e inalteradas. El sólo hecho de construir caminos de acceso con propósitos de exploración acarrea grandes riesgos para la biodiversidad –ya que las mayores expectativas de posibles beneficios a gran escala a menudo provocan una rápida inmigración. La pérdida de biodiversidad a gran escala se produce debido a que los colonizadores deben limpiar la tierra para establecerse, cultivar y tomar especies salvajes con valor económico para complementar sus ingresos o para alimentarse. (Ver Cuadro 10–14.) A veces nuevas personas y nuevas actividades en un área también pueden traer plagas y enfermedades foráneas que tienen grandes efectos dañinos. Cabe desatacar que esto puede ser más grave antes de que la empresa comience y antes de que alguna empresa minera llegue al lugar y las actividades frecuentemente escapan a todo control y regulación. En casos en que la mina no logra ser explotada, estas actividades con frecuencia continúan, debido a que existen pocas fuentes de subsistencia alternativas a las cuales recurrir.

Las empresas de exploración ‘junior’ –que de ningún modo pueden participar en la explotación de minerales– realizan gran parte de la exploración mundial. En áreas de creciente interés mineral, puede haber varias de estas empresas. Debido a que la exploración de orígenes es muy riesgosa y de gran uso de capital, y el financiamiento a menudo es difícil de conseguir, el éxito puede depender de la rapidez: entrar, obtener resultados y salir en la menor cantidad de días de trabajo con cuadrillas de perforación en terreno. También puede depender de que no se permita que los competidores sepan qué es lo que se está buscando y dónde. Esto puede representar distintos desafíos para mitigar los impactos negativos, ya que tratar eficazmente con grandes estallidos de interés mineral, en los que diversos actores se mueven rápido y en distintas áreas lejos de la vista del gobierno es una tarea de enormes proporciones. Además, instituir procesos de evaluación y entrega de permisos puede producir costosos retrasos. A pesar de estos desafíos, ha habido algunos intentos para implementar la buena práctica en la exploración –como en el Asarco Ltd Camp Caiman Gold Project en la Guyana Francesa.⁸⁰ Obviamente, existe la imperiosa necesidad de crear las condiciones para que las buenas prácticas en la exploración sean adoptadas más ampliamente.

Los procesos mineros propiamente tales también tienen serias repercusiones. Limpiar la vegetación, trasladar grandes cantidades de suelo, extraer grandes volúmenes de agua y eliminar desechos en tierra o mediante sistemas de agua a menudo generan la erosión y sedimentación del suelo y la alteración del flujo de los cursos de agua. Esto puede cambiar las zonas de desove de los peces y el hábitat de organismos de las profundidades. El drenaje de ácido, como ya se mencionó anteriormente, puede ser el impacto negativo más generalizado sobre las especies acuáticas. Dichos efectos pueden comenzar extinciones o pueden restringir

Cuadro 10–14. El Coltan y la Crisis Conservacionista

Hasta hace un tiempo relativamente corto, pocas personas habían escuchado hablar sobre el mineral columbita–tantalita o “coltan”, el cual contiene los metales raros tantalio y niobio utilizados ampliamente en la elaboración de condensadores para artefactos eléctricos. (Ver Capítulo 11.) Entre los años 1977 y 2000, el precio del coltan subió de US\$100 hasta US\$800 por kilo. Importantes depósitos de este mineral se encuentran en el este de la República Democrática del Congo, donde es fácil extraerlo de piques poco profundos utilizando palas y picotas.

El resultado ha sido una versión moderna de la ‘fiebre del oro’ en esta región. Esto ha desencadenado una drástica disminución de la fauna silvestre, en especial del gorila de Grauer, que ha sido cazado para ser comercializado y para fines de alimentación. Pruebas recientes indican que durante los últimos cinco años la población de este gorila disminuyó en un 80–90% y es probable que pronto sea clasificado como especie en peligro de extinción.

Este caso de amplia difusión ha recalcado la necesidad de encontrar maneras de conservar la biodiversidad a la luz de presiones económicas. En un buen día, un minero puede producir un kilogramo de mineral con un valor de aproximadamente US\$80 –en una región donde la mayoría de las personas viven con 20 centavos diarios. Es poco realista esperar que las personas renuncien a esta oportunidad. La única solución debe ser encontrar maneras de pagar a las personas o a los países para conservar dichas áreas. El Fondo Mundial para el Medio Ambiente (FMMA) ha ayudado algo en el apoyo a la conservación de la biodiversidad y el PNUMA cuenta con un Proyecto para la Supervivencia de los Grandes Simios (*Great Apes Survival Project*), pero dichos esfuerzos aún no tienen mayor efecto en esta área.

Fuente: Harden (2001); Redmond (2001)

el acceso a especies de las cuales depende la comunidad, como por ejemplo tortugas, setas, plantas medicinales, etc. Las extinciones locales pueden ser causadas por cualquier actividad sectorial, pero existe un grupo de plantas que probablemente se extinguirá como resultado de la actividad minera. Estas plantas –metalofitos– crecen en áreas en que los suelos están muy cargados con metales y a menudo son de distribución muy restringida; es normal que crezcan en los depósitos minerales o en sus alrededores; por esto las actividades mineras pueden arrasarlas fácilmente, lo que provoca la pérdida de un recurso potencialmente valioso.

En ocasiones la minería puede impulsar algunos aspectos de la biodiversidad. Esto puede ocurrir mediante la creación de nuevos hábitat o incluso de trastornos. Los pozos de minas abandonadas, por ejemplo, sirven como santuarios para varias de las mayores poblaciones de murciélagos en América del Norte. Piques de grava y arena en el Reino Unido han atraído muchas variedades de la vida silvestre. Muchos de estos beneficios pueden haber sido casuales o accidentales, pero algunas empresas actualmente realizan esfuerzos conjuntos para mejorar el hábitat, lo cual puede ayudar a mejorar la biodiversidad. Otras empresas han tomado medidas para proteger determinadas especies, durante los procesos mineros. Viceroy Gold Corporation de Columbia Británica, por ejemplo, ayudó a The Nature Conservancy a crear la reserva Tortuga Desértica (*Desert Tortoise*) de 150.000 acres como medida de mitigación de la tercera mina de oro mayor de California.⁸¹ Si todas las empresas hicieran el esfuerzo por identificar la necesidad de hábitat claves para la supervivencia de las especies de interés, para protegerlas durante sus operaciones y mejorarlas cuando sea posible, podrían contarse muchas más historias felices sobre biodiversidad.

Por lo general, se considera a las minas abandonadas como una responsabilidad, ya que a menudo constituyen una importante fuente de contaminación. Sin embargo, a menudo ofrecen interesantes fenómenos de biodiversidad. Si una antigua área minera y los relaves cercanos son recolonizados naturalmente por la vegetación, el legado no deseado puede transformarse en una base única de recursos de material genético y comportamiento vegetal y animal. El estudio de estos organismos y su comportamiento de colonización y evolución observables en antiguos recintos mineros puede mejorar las estrategias de cierre y rehabilitación. Su clasificación y conservación es una prioridad. Esto no sólo se logra antes de la actividad minera, sino también a lo largo de la vida de la mina, ya que estas plantas y animales han revelado una notable capacidad de adaptación a ambientes metálicos cambiantes.

Otros se han encargado de impulsar la flora y fauna como parte del proceso de rehabilitación de recintos mineros.⁸² En este caso, la mejor práctica por lo general es introducir especies nativas que sean capaces de sobrevivir en aquel ambiente. Experiencias bien intencionadas de reforestar recintos afectados por la minería han sido fuente de introducción de especies exóticas que han causado muchos efectos dañinos sobre la vegetación nativa y el ecosistema. En algunos casos, sin embargo, las comunidades locales han consultado a las empresas para reforestar con especies no nativas que podrían generar mejores beneficios para los medios de subsistencia, como por ejemplo pinos para combustible y madera para construcción. Incluso donde una especie es solicitada por las comunidades locales, se deben realizar detalladas evaluaciones para comprender y evitar otros posibles efectos negativos.

También existe una cantidad de interesantes ejemplos de nuevos usos descubiertos para una mina abandonada que han mejorado la biodiversidad y los medios de subsistencia locales de manera considerable. Entre estos ejemplos se incluyen la mina BHP Billiton en el Cabo de Sudáfrica, donde la empresa ha respaldado la apertura del parque West Coast Fossil que cuenta con fósiles y vida silvestre para atraer a los turistas.⁸³ En Cornwall, Reino Unido, una antigua cantera de caolín actualmente es el lugar del espectacular Proyecto Edén, que contiene uno de los mayores invernaderos del mundo.⁸⁴ Otros buenos ejemplos de cierre de minas incluyen la rehabilitación de las minas de bauxita en Australia Occidental por Alcoa, la cual debido a sus logros forma parte de la lista de los Nómima de Honor *Global 500* del PNUMA.⁸⁵

Manejo de la Biodiversidad

Algunas de las mayores empresas mineras han comenzado a tomar medidas para abordar los temas concernientes a la biodiversidad. Muchas han formulado políticas de biodiversidad; algunas han continuado con acciones innovadoras dentro de las áreas de planificación, diseño y manejo operativo. (Ver Cuadro 10–15.) El resultado de estas acciones de rehabilitación es alentador, pero aún permanecen muy restringidas a unos pocos actores importantes e incluso dentro de este grupo, algunos hacen mucho más que otros. Adoptar prácticas ‘amigables con la biodiversidad’ sigue siendo un gran desafío, en especial para las pequeñas empresas y actores periféricos. Esto se debe en parte a que los gobiernos, aunque quizás en el papel estén comprometidos con la biodiversidad, han tenido dificultades para crear los incentivos y aplicar las regulaciones necesarias que pudieran impulsar a todas las partes, desde el minero independiente hasta la gran empresa y los demás sectores económicos, a conservar la biodiversidad.

En principio, las empresas mineras deberían operar de acuerdo a decisiones planificadas y criterios de biodiversidad fijados por los gobiernos, y deberían ser controladas por organismos apropiados. En la práctica, pocos gobiernos –en especial de países en desarrollo–

tienen la capacidad necesaria, aunque puedan haber ratificado el CDB y hayan elaborado un Plan de Acción Nacional de Biodiversidad. La responsabilidad corresponde a las propias empresas o a las organizaciones conservacionistas. Por lo tanto, es demasiado fácil para las empresas y las organizaciones explotar este vacío e implementar las medidas que consideran son las más apropiadas.

En algunos casos los gobiernos han introducido leyes y regulaciones apropiadas pero no han exigido su cumplimiento, ya que no tienen la capacidad para hacerlo. A pesar de diversos procesos de planificación de biodiversidad requeridos por el CDB, por lo general no existe la información suficiente con respecto al estado de la biodiversidad en el suelo. Como resultado de esto, los gobiernos encuentran difícil tomar decisiones informadas sobre las compensaciones –sobre usos alternativos para el mismo suelo.

Cuadro 10–15. Equilibrio entre Conservación de Biodiversidad y Desarrollo Económico

Desde 1986, Rio Tinto y su sucursal QIT Madagascar Minerals S.A. (QMM) han estado evaluando el potencial de una mina de ilmenita (dióxido de titanio) de 50 a 60 años ubicada cerca de Forth Dauphin al sudeste de Madagascar. El proyecto es posiblemente el más importante en la historia industrial de la isla –una inversión de US\$350 millones con US\$20 millones de ingresos anuales calculados para el Estado, incluyendo cánones mineros, de los cuales el 70% volverá a la región. Además del posible compromiso de generar un 30% de empleo local, pareciera ser que el proyecto generará algunos beneficios económicos a la región.

Sin embargo, el depósito mineral está ubicado en una zona cercana a fragmentos de un ecosistema litoral único que contiene varias especies endémicas. En otros lugares, estos bosques han sido en gran parte degradados o eliminados, por lo cual esta área ha llamado, si bien parcialmente, la atención de los conservacionistas. Estos han planteado serias dudas con respecto a la mina propuesta y demandaron una moratoria de dos años durante los cuales se explorarían opciones alternativas de desarrollo, tales como el ecoturismo, aunque no se han registrado avances en esta actividad.

QMM encargó a un equipo de especialistas que realizaran varios estudios sociales y ambientales de base –quizás uno de los ejercicios más largos realizados en la industria minera. Esta información fue resumida y presentada como evaluación de impacto ambiental y social (EIAS). Sin embargo, algunos de los supuestos básicos del EIAS han sido cuestionados –como por ejemplo, la velocidad en que se agotan los bosques. Conservación Internacional cree que también se podría lograr una importante disminución de la reducción de los bosques en ausencia de la mina. Sin embargo, el EIAS de hecho ha abarcado un área nueva al vincular tanto los aspectos sociales como ambientales y abordar temas de biodiversidad de manera explícita.

El EIAS concluyó que los fragmentos del bosque ya se encuentran bajo la presión del carbón de leña y materiales de construcción, y dadas las actuales tasas de agotamiento y sin ninguna plantación o cultivo rápido de especies, el bosque restante sería destruido dentro de los siguientes 20 a 40 años. Estos hechos e informaciones fueron decisivos para la argumentación a favor de la minería –es decir, que los bosques desaparecerían de cualquier modo y la mina podría reducir la dependencia local de los recursos forestales. QMM ha propuesto diversas actividades que podrían ayudar a compensar impactos mayores, como por ejemplo la plantación o cultivo rápido de especies para proporcionar una fuente alternativa sustentable de combustible y madera para construcción. Se han realizado diversas pruebas con el fin de identificar las

Cuadro 10–15. Equilibrio entre Conservación de Biodiversidad y Desarrollo Económico, cont.

especies más apropiadas, ya que existen distintas limitaciones ecológicas, como por ejemplo la delgada y frágil capa superior del suelo, como también los desafíos concernientes al manejo de estos bosques. QMM también intenta proteger casi 1.000 hectáreas de restos de bosque litoral en tres o cuatro bloques de conservación, rehabilitar todos los humedales y casi 600 hectáreas de bosque nativo y establecer procedimientos de seguimiento del bosque. Estos son pasos alentadores, pero aunque es probable que las plantaciones compensen algunas demandas, es poco probable que, dadas las intensas presiones, puedan compensarlas todas. Se necesitarán plantaciones adicionales, en conjunto con esfuerzos gubernamentales para abordar las causas básicas de la pérdida forestal y lograr un éxito más duradero y generalizado.

Algunos observadores siguen creyendo que simplemente no es una opción viable, de modo que todo intento de mitigación sería inapropiado. Los planes sociales y ambientales son ambiciosos y los factores adversos son grandes; si la mina continúa –actualmente se encuentra en su etapa de estudio de factibilidad– no hay garantía de que puedan ser superados. QMM intenta invertir en un Proceso de Planificación Regional, pero, como señala la experiencia obtenida en todas partes del mundo, éstos procesos no siempre cumplen con las expectativas originales. Sin embargo, QMM parece determinada a intentar y obtener resultados. Su importante inversión en las áreas social y ambiental del proyecto parece ser el indicador de una genuina intención de implementar un proyecto responsable y considerado. Si la mina continúa, debería proporcionar algunas lecciones valiosas y, si los distintos programas son exitosos, quizás establecería algunos precedentes para otras empresas.

Fuentes: QMM S.A. (2001); Porter et al. (2001); Nostromo Research (2001)

Pero también existen problemas de equilibrio de poder entre las administraciones. Debido a que las industrias extractivas generan ganancias y empleo, las opiniones del Ministerio de Minería que defienden la minería por lo general tienen más cabida que las de los otros ministerios que defienden la protección de la biodiversidad. Para que esto cambie, se requiere un incentivo más sólido para actuar sobre la biodiversidad, lo que a menudo significa recursos financieros adicionales.

Un área que causa gran preocupación es la debilidad de las evaluaciones de impacto ambiental. Como ya fue señalado, estos estudios actualmente son obligatorios para la mayoría de los grandes proyectos, incluyendo la minería. Pero generalmente brindan una dudosa protección –usando el término ‘biodiversidad’ muy vagamente y dando pocas indicaciones con respecto a cómo debe ser interpretado. El reciente informe encargado por la Asociación Internacional de Evaluación de Impactos aborda de alguna manera la integración de la biodiversidad en los sistemas de EIA, pero es necesario hacer más.⁸⁶ Con frecuencia la EIA no es llevada a cabo después de una exploración detallada aun de perforaciones, las que con el paso del tiempo pueden estar cubiertas por una red de carreteras, lo que hace imposible establecer información de base correcta. Es fundamental que, por lo menos, se realicen estudios rápidos sobre biodiversidad antes de esta etapa.⁸⁷ Se deben desarrollar estándares internacionales más claros con respecto a la práctica de EIA en diversas áreas, para comenzar a convertirla en una herramienta más eficaz de manejo ambiental.

La debilidad de los gobiernos tiende a poner el peso del manejo de la biodiversidad en las ONG y particularmente en las organizaciones internacionales de conservación. Aunque estas instituciones pueden actuar como una línea de defensa para la biodiversidad, en realidad no

pueden atribuirse la representación de parte de la sociedad civil en general, especialmente cuando se encuentran en países industrializados. Las ONG a menudo declaran hablar ‘por’ aquellos que sufrirán la pérdida de la biodiversidad, del mismo modo en que las empresas hablarán ‘de parte’ de los que tienen mucho que ganar económicamente. Lamentablemente, hasta este punto han sido demasiado pocas las organizaciones locales bien informadas y capacitadas que desean o son capaces de tomar decisiones adecuadas.

Recomendaciones sobre Diversidad Biológica

Las siguientes recomendaciones están basadas en las discusiones sostenidas en los dos talleres sobre Minería y Biodiversidad de MMSD realizados en los meses de junio y octubre de 2000:⁸⁸

- *Fortalecer la capacidad de los gobiernos para manejar la biodiversidad, en particular en países en desarrollo* – El CDB presenta una difícil agenda de acción, especialmente en lo que se refiere a manejar las compensaciones entre la reducción de la pobreza y la conservación de la biodiversidad. En el ámbito nacional, el CDB debería proporcionar el marco necesario dentro del cual podrían operar los sectores económicos. Sin embargo, son necesarios más recursos y un sólido compromiso político si se va a desarrollar con éxito una política propicia y mecanismos institucionales y reguladores. Ante la falta de una actitud firme del gobierno, la responsabilidad queda en manos del sector privado de las ONG.
- *Desarrollar herramientas para una planificación de uso del territorio más inclusiva e integrada en particular en países en desarrollo* – Es necesario desarrollar rigurosas herramientas de análisis para medir los costos y beneficios sociales, ecológicos y económicos de las distintas opciones de uso del territorio y los acuerdos que respaldan los procesos participativos a este respecto, para respaldar procesos de toma de decisiones más inclusivos y mejor informados. Este trabajo también debería construirse sobre la base de importantes conceptos existentes, como por ejemplo el Programa Hombre y Reservas de Biosfera de la UNESCO o el Enfoque de Ecosistemas del CBD. El desarrollo de herramientas debe darse en paralelo con el fortalecimiento de la capacidad y de los incentivos para que los gobiernos de países en desarrollo y grupos de la sociedad civil participen en la planificación del uso del territorio. (Ver también Capítulo 7.)
- *Abordar los déficit de financiamiento para la ciencia biofísica* – Si deben seguirse tomando rigurosas decisiones sobre biodiversidad y conservación, y si los conflictos serán minimizados, los gobiernos (en especial de países industrializados) deben reconocer su verdadera responsabilidad en esta área científica. Existen muchas oportunidades para que las empresas mineras (y el sector privado en general) estimulen y contribuyan a las asociaciones de investigación sobre la conservación de la biodiversidad, como por ejemplo, dando apoyo a la taxonomía en áreas remotas. Sin embargo, el financiamiento privado por sí solo no puede solucionar la rápida caída de la capacidad científica independiente; de ahí el urgente llamado a que los gobiernos reviertan esta situación.
- *Mejorar el acceso y la coherencia de la información sobre prioridades de biodiversidad* – Organizaciones de conservación importantes, la industria minera y otros sectores claves (como el de la energía, por ejemplo) necesitan trabajar para establecer, como asunto prioritario, sistemas de información vinculados, amigables para el usuario y regularmente actualizados sobre áreas prioritarias de biodiversidad global y local. Realizar un taller sobre “Información para la Conservación” podría ser un primer paso. Con el propósito de mejorar la coherencia, es especialmente importante lograr algún grado de consenso entre los especialistas sobre cuáles representantes de la biodiversidad son los mejores y por qué. Dicho trabajo también podría incluirse en el desarrollo de indicadores de biodiversidad para los EIA.

- *Articular y mejorar la mejor práctica de biodiversidad en la industria de los minerales* – No han existido grandes esfuerzos por parte de la industria por articular los principios sobre biodiversidad de este sector. Las empresas mineras, a través de ICMM y en colaboración con especialistas en conservación y organizaciones representativas de los intereses de la comunidad local, deberían trabajar para producir una serie de principios guía sobre minería y biodiversidad para las distintas etapas del ciclo de la minería, junto con manuales apropiados de capacitación. Esto podría implicar, entre otras cosas, revisiones de las mejores prácticas de diversos grupos de interés, talleres y análisis de lecciones aprendidas de casos actuales. Si se considera apropiado, dichos principios finalmente podrían transformarse en “códigos de práctica”.

El Camino Hacia Adelante

Todas las cuestiones ambientales presentadas en este capítulo constituyen complejos problemas que ponen a prueba las capacidades de empresas mineras, gobiernos, ONG y la sociedad civil. Esto se debe en parte a la complejidad inherente a los procesos técnicos y ecológicos, cuyos resultados son difíciles de predecir. Es necesario, por ejemplo, considerar la calidad del agua en un lago que no será llenado por décadas o la probable estabilidad de un depósito de relaves ante una tormenta o un movimiento sísmico únicos. Algunos casos también requieren atención durante un largo período de tiempo; algo difícil de lograr para cualquier organización.

Las empresas pueden ayudar a fortalecer la capacidad de la sociedad con respecto a la resolución de problemas ambientales de todo tipo. Por ejemplo, el conocimiento técnico de una empresa minera en la rehabilitación de áreas afectadas ha sido a menudo útil para otras industrias con menos experiencia. Las empresas pueden apoyar el desarrollo de capacidades sobre asuntos ambientales dando información y el financiamiento para facilitar el acceso a esta información, fomentando currículos más sólidos en escuelas y universidades, ayudando a educar a sus futuros empleados y desarrollando habilidades y nuevas perspectivas en sus actuales directivos, profesionales y trabajadores.

Este capítulo se ha centrado en una serie de áreas de prioridad ambiental para el sector de los minerales. No son las únicas, pero se encuentran entre las más urgentes –y donde las consecuencias son más graves. La industria aún no se encuentra en el momento de entregar una contribución positiva neta al capital natural, cualquiera sea su contribución a otras formas de capital. Sin embargo, existe un indudable avance hacia el reconocimiento de los problemas ambientales y su manejo eficaz.

Existen algunos dilemas. El empleo en el sector, en especial en la minería, es mayor en empresas de menor porte, que en términos financieros son las más débiles y a menudo tienen la menor capacidad para hacer frente a complejos y continuos desafíos. Existe el temor de que la presión causada por las crecientes preocupaciones ambientales pueda amenazar gran cantidad de medios de subsistencia. Las personas cuya subsistencia se vea amenazada no recibirán de buena manera el mensaje ambiental si lo perciben como algo desfavorable para sus problemas y hostil a sus intereses inmediatos y de largo plazo. La única manera probable de hacer que estas personas adopten el cambio es hacer que éste venga acompañado de oportunidades. Posiblemente ésta sea una afirmación de los principios del desarrollo sustentable: habrá poco progreso en una dimensión a menos que exista progreso en todas.

Otro dilema es la nivelación del ‘campo de juego’. La resistencia a asumir mayores costos ambientales es mucho menor cuando las empresas perciben que todos asumen los mismos costos. Por otro lado, cuando están vendiendo en el mercado mundial, el requisito de internalización de costos es una tarea gigantesca. Todas las empresas necesitan enfrentar directrices consecuentes de manejo ambiental si la minería desea evitar una ‘carrera hacia el fondo’.

Es importante reconocer que no todos los gobiernos se encuentran preparados para impulsar un manejo ambiental más estricto por parte de la industria. En países más pobres, es posible que los gobiernos tengan otras prioridades y teman que sus estándares más altos (y costos directos) alejen a la industria. En muchos casos, el progreso hacia un mejor manejo ambiental se produce al ritmo que la economía pueda absorber o es impulsado por préstamos o ayuda internacionales.



***Thlaspi caerulescens*, planta hiperacumuladora de zinc, níquel y cadmio, crece en el desecho minero de zinc en Bélgica. Los brotes pueden contener hasta un 5% de zinc.**

Por lo general, los gobiernos de países industrializados donde se desarrolla actividad minera disponen de sofisticados sistemas reguladores que cubren la mayoría de las eventualidades o pueden recurrir a un amplio conocimiento especializado local cuando es necesario. La situación es bastante diferente en países en desarrollo, en los cuales pequeños y atestados ministerios se ven obligados a tomar decisiones rápidas sobre la base de información o conocimiento técnico relativamente escasos. Para llenar esta brecha, MMSD propone establecer un Mecanismo de Apoyo al Desarrollo Sustentable que provea, a pedido, apoyo técnico a gobiernos, compañías de seguros, instituciones financieras o empresas, para ayudarlas a desarrollar su capacidad y para asegurar que existe un sistema de inspección externa viable y significativo, con los recursos para financiarlo. Este mecanismo puede ser utilizado como fuente de información y asesoría en temas tales como:

- integrar a la comunidad local y a la sociedad civil en la toma de decisiones,
- desarrollar criterios técnicos detallados para EIA y estudios de apoyo,
- revisar y aprobar diseños de instalaciones para depósito de relaves,
- inspeccionar dichas instalaciones de relaves,
- predecir y controlar el drenaje de ácido,
- desarrollar estándares y procedimientos de planificación de cierre de minas,
- evaluar riesgos y respuestas de emergencia,
- desarrollar técnicas para estudiar minas abandonadas y establecer prioridades de rehabilitación, y
- elaborar planes de rehabilitación de recintos mineros abandonados.

Los detalles con respecto al Mecanismo de Apoyo al Desarrollo Sustentable pueden ser vistos en el Capítulo 14.

También es importante abordar el problema de cómo manejar mejor la exploración, y más específicamente, de cómo tratar la avalancha de empresas de exploración (o en ocasiones de mineros artesanales) cuando una zona adquiere repentinamente gran interés. Buena parte del daño a la biodiversidad y otros valores puede ser provocado antes de una propuesta de explotación o incluso donde la actividad minera no tenga lugar nunca. Analizar de qué modo

se puede realizar una exploración de manera eficaz debería ser de interés para los fondos de financiamiento de la investigación. Quizá las asociaciones industriales de los países importantes para la exploración podrían asumir el liderazgo en establecer un modesto proyecto de investigación para comprender mejor algunos de los estudios de caso más conocidos.

Notas

¹ PNUD/PNUMA/Banco Mundial/WRI (2000) pág. 389.

² Pearce et al. (1994).

³ Centro de Estudios y Proyectos SRL y Netherlands Embassy (1999).

⁴ Ver <http://www.cyanidecode.org>.

⁵ Ashton et al. (2001).

⁶ Todo este material se encuentra reunido en Van Zyl et al. (2002), en el cual se trata muchos de estos temas de manera más detallada de lo que el espacio permite en este informe.

⁷ Phelps (2000).

⁸ Van Zyl et al. (2002).

⁹ Mokopanele (2001).

¹⁰ Cale (1997).

¹¹ Mitchell (2000).

¹² Ashton et al. (2001).

¹³ Mitchell (2000).

¹⁴ Ashton et al. (2001).

¹⁵ Ver por ejemplo Ashton et al. (2001) pág. 308.

¹⁶ Mitchell (2000).

¹⁷ Sitio web de Colorado School of Mines, http://www.mines.edu/fs_home/jhoran/ch126/amd.htm.

¹⁸ Detalles con respecto a estas iniciativas se pueden encontrar en Van Zyl et al. (2002), en <http://mend2000.nrcan.gc.ca>, y en <http://www.inap.com.au>

¹⁹ PNUMA (1996).

²⁰ Martin et al. (2001); ver también Mining Association of Canada (1998).

²¹ PNUMA (2000).

²² ICOLD (2001).

²³ Richards (2000).

²⁴ Ibid.

²⁵ Castillo (1998).

²⁶ En 1972, en la ciudad de Buffalo Creek, Virginia del Oeste, Estados Unidos, 125 personas perdieron la vida en la falla de un depósito de desecho de carbón. Visitar el sitio Web de Antenna en <http://www.antenna.nl/wise/uranium/mdaf.html>.

²⁷ Martin et al. (2001).

²⁸ Ibid.

²⁹ ICOLD (2001).

³⁰ Martin et al. (2001).

³¹ Ellis et al. (1995).

³² NSR Consultants (2001) Cuadro Panorámico de Ubicación de Relaves en Alta Mar por BHP Minerals.

³³ Información obtenida en el sitio Web de Newmont en http://www.newmont-indonesiaoperations.com/html/environmental_issues_nmr.html.

³⁴ Información obtenida en <http://www.jatam.org/std/inggris/english.html>.

³⁵ Ellis y Robertson (1999).

³⁶ Grassle (1991).

³⁷ Van Zyl et al. (2001).

³⁸ Sassoon (2000) págs. 108–09.

³⁹ Castilla (1983).

⁴⁰ Ricks (1994).

- ⁴¹ La mina Summitville cerró en menos de una semana. La empresa se declaró en bancarrota (dejando impaga una gran cuenta de impuestos), despidió a los trabajadores y detuvo el importante mantenimiento ambiental de la mina.
- ⁴² Danielson y Nixon (2000).
- ⁴³ Miller (1998).
- ⁴⁴ UNEP/Standard Bank (2002) pág. 46.
- ⁴⁵ Lyon et al. (1993).
- ⁴⁶ Sol et al. (1999).
- ⁴⁷ Ver por ejemplo, Ashton et al. (2001).
- ⁴⁸ Bob Fox, de EPA Montana de Estados Unidos, comunicación personal, enero de 2002.
- ⁴⁹ Mineral Policy Center (1993).
- ⁵⁰ PNUMA (2001).
- ⁵¹ Houghton et al. (2001).
- ⁵² Lovins et al. (2002).
- ⁵³ IEA (2001).
- ⁵⁴ De acuerdo a la Comisión Mundial de Represas (2000), emisiones de gases de efecto invernadero importantes también pueden originarse en depósitos relacionados con plantas hidroeléctricas.
- ⁵⁵ ICF (2000) pág. 78.
- ⁵⁶ Ibid.
- ⁵⁷ Lovins et al. (2002).
- ⁵⁸ Ibid.
- ⁵⁹ International Programme on Chemical Safety (1992).
- ⁶⁰ International Programme on Chemical Safety (1990).
- ⁶¹ Thornton (1995) pág. 103.
- ⁶² Lacerda y Salomons (1998).
- ⁶³ Roulet et al. (1999)
- ⁶⁴ Nriagu (1996).
- ⁶⁵ Nriagu y Pacyna (1988).
- ⁶⁶ Pacyna y Pacyna (2001).
- ⁶⁷ MMSD Sur de África (2001).
- ⁶⁸ Compliance Advisor Ombudsman (2000) pág. 57.
- ⁶⁹ Ver <http://www.zinc-health.org> o <http://www.izincg.ucdavis.edu>.
- ⁷⁰ Convenio sobre Diversidad Biológica (1992).
- ⁷¹ Koziell (2001).
- ⁷² IIED (1994).
- ⁷³ Un reciente ejercicio cartográfico realizado por Conservación Internacional indicó que las áreas donde la minería y la exploración estaban activas y donde el potencial mineral era mayor muestran un alto grado de coincidencia con aquellas áreas en que el “valor” de la biodiversidad, o como quiera que sea definido, es considerado el más alto.
- ⁷⁴ Los puntos conflictivos son áreas que se caracterizan tanto por altos niveles de endemismo como altos niveles de riesgo; ver Myers et al. (2000). Las áreas de aves endémicas contienen dos especies de aves que tienen un margen de crianza menor a 50.000 kilómetros cuadrados; ver ICBP (1992). Las regiones ecológicas son grandes unidades de tierra o agua con un clima propio, y características ecológicas y comunidades vegetales y animales específicas. Se cree que son las áreas más ricas, más raras y en mayor peligro; debido a esto, son áreas de preocupación conservacionista; ver <http://nationalgeographic.com/wildworld> (iniciativa de WWF llamada Global 200).
- ⁷⁵ Vermuelen and Koziell (en prensa).
- ⁷⁶ May (1998).
- ⁷⁷ Leigh y Briggs (1992).
- ⁷⁸ IUCN (2002).
- ⁷⁹ Rosenfeld Sweeting y Clarke (2000); IUCN y WWF (1999); Lloyd et al. (en prep.); Minerals Policy Center (1997). Ver también Cooke (1999).
- ⁸⁰ IUCN, Centro para el Patrimonio Mundial de la UNESCO, ICME (2001).
- ⁸¹ Ver http://ceres.ca.gov/biodiv/newsletter/v2n4/mining_company_reclaims_biodiversity.html.
- ⁸² Jenkin (2000).
- ⁸³ Ver <http://www.billiton.com/newsite/html/annual/98/HSEPolicy.htm> y <http://www.indabadailynews.co.za/tuesday/article04.html>.
- ⁸⁴ Ver <http://www.edenproject.com/>.
- ⁸⁵ Ver <http://www.alcoa.com.au/environment/miner.shtml>.

⁸⁶ La Asociación Internacional de Evaluación de Impactos ha desarrollado un Marco Conceptual y de Procedimiento para la Integración de Consideraciones de Diversidad Biológica dentro de los Sistemas Nacionales de Evaluación de Impactos.

⁸⁷ Ver resultados del taller realizado en Gland: Unión Mundial para la Naturaleza, Centro para el Patrimonio Mundial de la UNESCO y Consejo Internacional sobre Metales y Medio Ambiente (2000).

⁸⁸ Ver las minutas en el CD-ROM adjunto en este informe.