

Minería, desarrollo y ambiente: una perspectiva histórica

Jorge Oyarzún M. (Geol. Dr. Sci.)

Departamento de Minas, Universidad de La Serena, Chile



Minería subterránea del níquel (Sudbury, Ontario): www.montrealgazette.com

Introducción

En una aldea de India un grupo de mujeres llena sus cántaros con agua en una fuente comunal, a la que ésta llegó por una cañería de hierro. Algunos cántaros son de barro, otros de bronce. Más atrás, modernos generadores fotovoltaicos transforman energía solar en electricidad. Más de diez mil años de avance tecnológico se superponen en una escena de la vida cotidiana que muestra materiales antiguos y modernos ayudando al ser humano a satisfacer sus necesidades básicas y su deseo de progreso. Esto se inició hace al menos unos cuarenta mil años, durante los cuales los seres humanos han extraído y utilizado minerales en sus actividades ceremoniales, agrícolas, de cacería, de guerra y de industria. Por otra parte, existe un paralelo entre el desarrollo de la civilización y el número y volúmenes crecientes de sustancias minerales requeridas por ésta. Actualmente, casi todos los elementos químicos conocidos tienen alguna aplicación tecnológica. Esto se explica porque mientras más variados son los efectos buscados, más elementos químicos se necesitan para lograrlos. Así, los aceros modernos no constan solamente de hierro y carbono, sino que incluyen elementos como silicio, manganeso, cromo, níquel, vanadio, tungsteno, molibdeno, etc., según el uso y las propiedades por él requeridas. Con mayor razón, instrumentos complejos, como los computadores (ordenadores), requieren una amplia gama de elementos químicos para la fabricación de sus distintos componentes.

Por lo tanto, nuestra civilización desaparecería como tal sin los productos que le entrega la industria minera.

Los primeros mineros

Los primeros vestigios de actividad minera tienen al menos 40 mil años y fueron encontrados por geólogos que exploraban un yacimiento de hierro en Sudáfrica. Al parecer, los primitivos mineros habían utilizado el óxido de hierro, rojo o negro brillante, para sus ceremonias religiosas y fúnebres. Los primeros metales usados como tales fueron el oro (cuyo color y brillo lo asemejan al sol) y el cobre. Ambos son de sencilla extracción y maleables (es decir, es fácil darles forma) y la mayor abundancia del cobre permitió usarlo en cuchillos y otras herramientas, al menos desde 5 mil años antes de Cristo (AC) en la isla de Chipre, al sur de Turquía. Poco después se aprendió a unir el cobre con estaño, para elaborar bronce, de mayor dureza. Más difícil fue aprender la metalurgia del hierro, metal que se presenta unido al oxígeno (óxidos), del que es difícil separarlo. Sin embargo, entre 1500 y 1200 años AC se logró separar hierro (en pequeños hornos, usando carbón vegetal), en Asia Menor y Grecia. El uso del hierro confirió un gran poder militar a los pueblos que lo poseían, por la mayor dureza de sus armas.

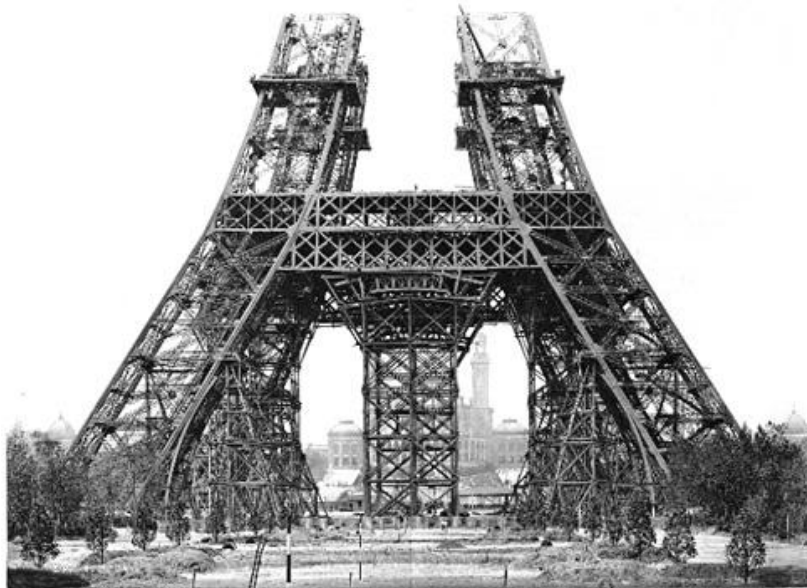
Tanto el oro como la plata tuvieron también un temprano papel principal en el comercio internacional, al iniciarse en Lidia (en la actual Turquía) la fabricación de monedas, unos 630 años AC. Así, los productos de la minería se ligaron muy tempranamente al desarrollo de la civilización, junto con la agricultura, las obras de riego y la urbanización.



Mineros egipcios del cobre: www.love-egypt.com/miners.html

El hierro y la civilización actual

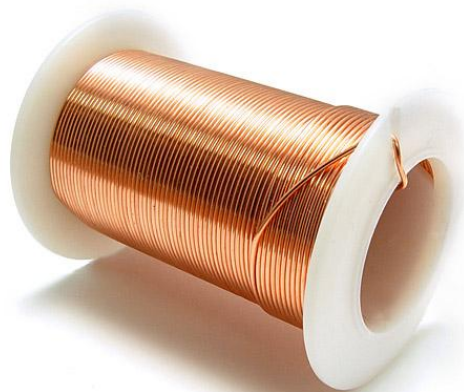
Cuando se realizó la exposición universal de 1889 en París, la Torre Eiffel, estructura de acero de 300 m de altura, fue instalada como un símbolo del progreso. En efecto, existe una estrecha relación entre la industria del acero y el desarrollo de la civilización industrial, que tuvo su inicio con el invento de la máquina a vapor a fines del siglo 18 y se extendió hasta la primera mitad del siglo 20. Puesto que la fabricación de acero requiere hierro y carbón, fue necesario mecanizar las minas para lograr mayor profundidad de explotación y mayor producción. Esto requería bombas para extraer el agua que las inundaba y máquinas para transportar los minerales extraídos. En consecuencia, la minería posibilitó y aprovechó al mismo tiempo la fabricación de las estructuras y máquinas de acero que caracterizan a la civilización industrial: ferrocarriles, puentes de acero, buques a vapor, etc. El mundo tomó una nueva dinámica, cuyos efectos llegaron a sus rincones más apartados bajo la guía de los ingenieros civiles y militares. En Sudamérica, esto se expresó en la construcción de ferrocarriles y en el desarrollo de la minería del carbón, del cobre y de la plata, así como en la instalación de las primeras oficinas salitreras en el siglo 18. En cambio, Sudamérica no contó con una industria siderúrgica importante hasta mediados del siglo 20, cuando ya se preparaba una nueva civilización, más compleja, que emergió de la segunda guerra mundial.



La Torre Eiffel durante su construcción (1888): http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tour_Eiffel_1878.jpg

¿Qué son los metales de base?

Aunque el automóvil original tuvo un cierto parecido con la máquina a vapor (incluso se llegó a fabricar automóviles a vapor), su mayor complejidad requiere el uso de variados metales. Así, la batería necesita el uso del plomo, y el cobre es esencial para transmitir los impulsos eléctricos. De hecho, el cobre representa el sistema nervioso del automóvil y la razón cobre/acero no ha cesado de aumentar junto con la evolución de esta máquina. Con mayor razón aún, industrias de alto grado de complejidad, como la aeronáutica, requieren de un grupo “básico” o principal de metales, denominados, justamente, “metales de base”. Entre estos está, naturalmente, el cobre, junto al zinc, el plomo, el estaño, el níquel, etc. Otro grupo de metales de mucha importancia, son los denominados “metales ferrosos”, porque su aplicación al acero modifica las propiedades de éste. Entre estos últimos está el molibdeno (principal subproducto de los pórfidos cupríferos), junto al cromo, vanadio, manganeso y otros metales.



Alambre de cobre: www.beaeducation.com/shop/index.php?main_page=index&cPath=73_75

Si bien existe cierta relación entre la abundancia de los metales en la corteza terrestre y su disponibilidad, en muchos casos no es así. Por ejemplo, el oro es muy escaso y, sin embargo, es relativamente fácil de obtener. En cambio, el aluminio, metal de amplio uso industrial y principal competidor del cobre como conductor de electricidad en líneas de alta tensión, sólo pudo ser obtenido en el siglo 19 (como rareza metalúrgica), debido a la fuerte unión con el oxígeno en sus minerales. Sin embargo, el aluminio es el metal más abundante de la corteza terrestre y actualmente es uno de los metales principales de nuestra civilización, ligado a industrias avanzadas como la aeronáutica.

Los metales y las nuevas tecnologías

Cuando surgen y se perfeccionan inventos o tecnologías en nuevos campos de la ciencia o la industria, es frecuente que se requieran nuevos materiales para su realización práctica. Así ocurrió por ejemplo con el desarrollo de la ampolleta (bombilla eléctrica) por Edison, cuyo filamento fue originalmente de fibras de bambú, hasta que se logró incorporar el wolframio (tungsteno), metal que se utiliza actualmente. Al igual que la industria eléctrica, la aeronáutica ha sido especialmente exigente en cuanto a la necesidad de aleaciones metálicas, que en este caso deben reunir las propiedades de elevada resistencia y bajo peso específico. Así, elementos como el aluminio, el magnesio, el berilio y el titanio son requeridos para la construcción de los aviones a reacción. También el titanio ha reemplazado al acero como material estructural en los modelos más avanzados de submarinos nucleares.

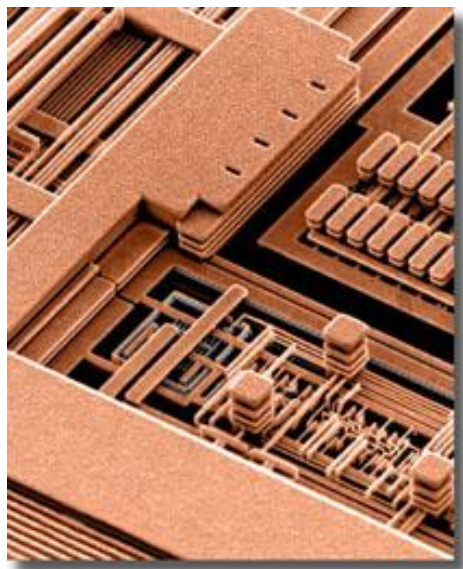
Otros dominios tecnológicos especialmente exigentes en lo referente a nuevos materiales, son los de la industria nuclear, el de los catalizadores químicos, el de la industria aeroespacial y el de la electrónica. Puesto que estos están presentes día a día en nuestra vida, por ejemplo, a través de los teléfonos conectados por satélites de comunicaciones o de los computadores (ordenadores) que usamos a diario, estos elementos químicos, como el germanio de los transistores o el gadolinio de los chips de memoria del computador, pertenecen ya a nuestra vida cotidiana. Así, muy pocos elementos de la Tabla Periódica escapan al interés de la minería del presente.

Los aficionados a los crucigramas conocen los extraños nombres de un grupo de elementos químicos, de cuyas propiedades y usos entienden sólo los especialistas. Estos elementos, llamados de las "Tierras Raras", fueron difíciles de encontrar y de aislar por sus especiales propiedades químicas y no tuvieron aplicaciones prácticas sino hasta hace pocos años. Actualmente, sólo uno de estos, el iterbio (Yb) carece de aplicaciones. Todos los demás: cerio (Ce), praseodimio (Pr), neodimio (Nd), samario (Sm), europio (Eu), gadolinio (Gd), terbio (Tb), disprosio (Dy), holmio (Ho), erbio (Er), tulio (Tm) y lutecio (Lu) se utilizan en la industria química, electrónica, metalúrgica, nuclear, etc. Por ejemplo, el poco conocido europio, desempeña funciones importantes en la televisión en color, la fabricación de tubos catódicos (tecnología ya casi superada) y el control de reactores nucleares. A estos elementos habría que sumar niobio (Nb) y tántalo (Ta) que se extraen de la serie mineral columbita-tantalita, el famoso COLTAN. Se trata de un recurso estratégico, vital para la moderna fabricación de componentes electrónicos avanzados. Por otra parte, el elemento llamado prometeo (= prometio) (Pm), que no existe en la naturaleza, es producido artificialmente en reactores nucleares y se utiliza en la fabricación de baterías para relojes, y de guías para cohetes. Es así como las exigencias de la industria moderna

alcanzan actualmente a elementos o sustancias que antes se consideraban sólo como curiosidades científicas. Esto implica que nuestras vidas están cada vez más ligadas a necesidades que normalmente desconocemos y que la minería y la metalurgia deben satisfacer.

El futuro de las nuevas tecnologías

Entre 1870, cuando se inicia el despegue de la civilización industrial y el año 2000, la población mundial creció unas 5 veces (se quintuplicó, de 1200 a 6200 millones). En el mismo período, el consumo de hierro y acero se multiplicó por 40, el de cobre por 120, el de molibdeno por 150, etc. Vale decir, el consumo de metales ha aumentado muchísimo más que la población del mundo. Esto es natural, considerando los efectos de la industrialización y el deseo de la gente de contar con todo tipo de máquinas y artefactos, que alivien su trabajo y hagan la vida más entretenida. En este período aparecieron “nuevos” metales, como el aluminio, que reemplazaron a otros en algunos de sus usos, sin llegar por esto a afectar su importancia. En consecuencia, y conforme a lo explicado antes, debemos esperar demandas crecientes, tanto en diversidad como en cantidad, de los distintos elementos químicos (metales, metaloides, etc.) y minerales industriales. Esto promete un buen futuro para la industria minera, aunque hay dos excepciones respecto a tal criterio general.



Microchip de cobre (IBM): <http://domino.watson.ibm.com/comm/pr.nsf/pages/rscd.copper-picb.html>

La primera se refiere a sustancias químicas que se pueden obtener por procesos industriales alternativos, como ocurrió con la síntesis del nitrato, que afectó a la industria salitrera después de la primera guerra mundial. La segunda concierne a metales o minerales industriales, cuyo uso implica riesgos ambientales, como el mercurio (metal) y el asbesto (mineral industrial). El hecho comprobado de efectos tóxicos asociados al uso de ambas sustancias ha afectado seriamente a su consumo y por lo tanto a su producción minera. En menor grado, la minería del plomo ha sido también perjudicada por algunas características tóxicas de este metal y sus compuestos.

El reciclaje de los materiales: ventajas y limitaciones

El reciclaje de los distintos materiales, sean naturales (como los metales) o sintéticos (como las materias plásticas) tiene dos objetivos principales. El primero es resolver los problemas ambientales creados por la gran cantidad de desechos que genera la civilización moderna. Así se logran ventajas cuando en lugar de agregar nuevos desechos, recuperamos materiales para ser utilizados nuevamente. Un segundo objetivo, se relaciona con la conservación de los recursos minerales, puesto que los metales reciclados ayudan a ahorrar en el uso de las reservas minerales que nos ofrece la naturaleza. También el reciclaje puede implicar importantes ahorros de energía, como en el caso del reciclaje del aluminio.



Logo de una empresa británica de reciclado de metales: www.scrapcoppercable.co.uk/

Aunque en principio el reciclaje ofrece muchas ventajas, en la práctica hay una serie de limitaciones que afectan su desarrollo. Desde luego, para reciclar hay que separar, clasificar y transportar materiales desde muchas localidades a los centros de procesamiento, lo que encarece la operación. Especialmente difícil es, por ejemplo, separar los distintos metales y materiales presentes en los artículos electrónicos, más aun cuando sus componentes están miniaturizados. Por otra parte, es difícil evitar una cierta degradación del material por la presencia de impurezas (metales) o por efectos del proceso de fusión y extrusión (en el caso de los plásticos). Al mismo tiempo, la producción en serie ha abaratado tanto algunos productos (p.ej., envases de vidrio), que su recolección y reciclaje ha perdido mucho del interés económico que tenía en el pasado. Sin embargo, el reciclaje debe ser estimulado por su contribución a la conservación de los recursos y al control de la contaminación ambiental. Por ejemplo, en los países de la Unión Europea, el reciclaje de botellas de vidrio, embases de tetrabrik, plásticos duros, bolsas de plástico (en camino de desuso) etc., es cotidiano y para estos existen contenedores de recolección específicos bajo cada casa o edificio.

Impactos de la minería

Al igual que otras actividades humanas que operan sobre el mundo físico y biológico, como la industria química, la agricultura, la pesca, etc., la minería ha sido causa de grandes impactos ambientales y sociales. También ha tenido efectos corruptores sobre el poder político y en muchos casos se ha vinculado a formas agresivas de colonialismo. Sin embargo, esto no es exclusivo de la minería y normalmente ha reflejado la debilidad de las sociedades afectadas y la disposición de sus líderes políticos o militares a entregar el territorio a bajo precio. En más de una ocasión esto ha sido causa de levantamientos ciudadanos y en 1989 dio lugar a una original guerra civil en la isla de Bougainville, que diez años después condujo a la independencia de los isleños rebeldes que se impusieron al gobierno de Papua-Nueva Guinea. El conflicto surgió del desastre ambiental causado por la empresa australiana que explotaba el pórfido de cobre-oro de Panguna, la que generó extrema erosión, destrucción del drenaje natural y extensa contaminación. Tales efectos podrían haber sido previstos desde el principio, por la abrupta topografía y torrenciales lluvias que afectan a la isla y que han causado problemas similares en otras explotaciones mineras situadas en arcos de islas del Pacífico oriental. Por otra parte, las actuaciones políticas conflictivas de grandes empresas mineras, así como sus legados ambientales negativos no han sido exclusivos del llamado “tercer mundo”. Al respecto, la

empresa minera Anaconda controló por décadas la política del estado de Montana (USA) y contribuyó a dejar un problema ambiental de drenaje ácido que, a la escala humana, persistirá “para siempre”.



Drenaje ácido en el complejo minero Upper Blackfoot (Montana): www.deq.state.mt.us/Rem/Accomplishments/cecrubmc.asp

Sin embargo, al igual que el mundo en general “despertó” frente al tema ambiental, que a tan pocos interesaba antes de mediados del siglo pasado, también las empresas mineras han desarrollado tecnologías y prácticas basadas en conocimiento científico y criterios modernos de gestión y responsabilidad corporativa. Por otra parte, también los estados nacionales cuentan con servicios más competentes en materia de vigilancia ambiental, evaluación de impactos ambientales, planificación del cierre de operaciones mineras, etc. A esto se agrega una mayor cultura ambiental y mayores poderes por parte de la sociedad civil, que posee una capacidad de reacción de la que carecía en el pasado.

En términos de las características de los yacimientos y de su contexto, actualmente es posible establecer una razonable previsión de los riesgos que implica una operación minera y actuar en consecuencia. Esto puede implicar tomar los resguardos necesarios para mitigar los efectos negativos, utilizar tecnologías alternativas o simplemente desistir del proyecto de explotación. A este respecto, son problemáticos los yacimientos que incluyen metales o metaloides tóxicos, así como aquellos ricos en pirita, principal responsable del drenaje ácido, que favorece la contaminación por metales pesados. También es importante considerar el grado de fracturación y alteración hidrotermal así como la relación del depósito con los niveles de aguas subterráneas. En términos de contexto fisiográfico, los

yacimientos minerales implican problemas especiales cuando están situados en la cabecera de cuencas hidrográficas, en especial si su explotación puede afectar a masas de hielo o arriesga la contaminación de lagos o embalses. Por otra parte, las explotaciones mineras cercanas a poblaciones y cuyo desarrollo implica una competencia por agua escasa con otras actividades preexistentes en la zona (p.ej. agricultura) es también materia de gran preocupación. En cambio, otros factores como el uso de cianuro en explotaciones auríferas, han sido en extremo exagerados por los detractores de la actividad minera, más allá de toda evidencia concreta.

Imagen de la minería

Ser minero, en una región de tradición minera es un orgullo, por duro y peligroso que sea el trabajo. Esto es especialmente notable en el caso de la minería del carbón, cuyos cierres de actividad son tan difíciles. Aquí hay una paradoja: el minero se queja pero se aferra a su oficio, aunque se le propongan alternativas más cómodas y seguras. Sin embargo, no siempre la tradición minera es garantía de aceptación. Es frecuente que el “pequeño minero” y su círculo observen con desconfianza y hostilidad a la gran empresa minera que llega a su territorio, y que procura extraer tanto como pueda en el menor tiempo posible. Lo normal es que el pequeño minero no esté capacitado técnicamente para incorporarse a la gran empresa minera y que sus tiempos y visiones sean incompatibles.

En una región no minera, el minero, cualquiera sea su escala de trabajo es visto como “el afuerino” (el “de afuera”), que sólo codicia riquezas y está dispuesto a extraerlas a como de lugar, ignorando y atropellando las normas locales. Si es una gran empresa moderna, sus vehículos y el nivel de vida de sus empleados serán considerados como ostentaciones de poder y riqueza y ayudarán a generar un clima hostil. Las empresas que cuentan con ejecutivos sensibles e inteligentes procuran evitar esta reacción, pero se enfrentan con susceptibilidades acendradas y cada vez más, con personas cuya ideología es contraria en principio a estos emprendimientos. A esto colaboran también aquellas ONGs conservacionistas hostiles en principio a la actividad minera, así como factores objetivos (aumento de ruido, polvo, conflictos personales, operaciones descuidadas, etc.).

Por otra parte, por bien que sea realizada, la minería genera impactos ambientales y contaminación, tanto en el curso de la extracción de los minerales como en su proceso metalúrgico. A esto se une que los habitantes de la localidad, la región o el país sienten que las empresas mineras los despojan de sus riquezas naturales. En consecuencia es natural que esperen compensaciones

adecuadas a cambio. Por otra parte, las empresas mineras procuran pagar tan pocos impuestos como sea posible. Las riquezas que extraen demandan primero importantes inversiones en exploración, desarrollo, instalaciones y operaciones, que pueden tornarse estériles si los precios de los metales bajan o los costes de la operación suben en exceso. Pese a todos los avances conceptuales y tecnológicos, las empresas mineras saben que, en el fondo, están haciendo una apuesta que puede ser muy rentable, pero cuyo camino está sembrado de riesgos (bajas del precio de metales, nacionalizaciones, conflictos, etc.). De ahí que sus relaciones con medios locales y nacionales tiendan a ser tensas y desconfiadas (en particular si surgen temas como los de carácter ambiental, legal o económico). Desde luego, esto no contribuye a mejorar su imagen, sobre todo si sus ejecutivos tienden a hablar “fuerte y claro”, en sociedades que resienten ese lenguaje.



Museo minero de Faymoreau (Francia): www.centre-minier-vendee.com/

Aceptación social de la minería

En general, la mayoría de las personas entienden que la minería es una actividad indispensable, y que nuestra compleja civilización y la elevada población actual de la tierra no sobrevivirían sin esta actividad industrial. Más aun, las tecnologías de generación de energía renovable

y no contaminante, como la fotoelectricidad son dependientes de los metales y metaloides que produce la minería. El tema en consecuencia es donde realizar la actividad minera y establecer las condiciones necesarias para que esta sea satisfactoria, tanto para quienes la realizan como para los habitantes de las regiones mineras.

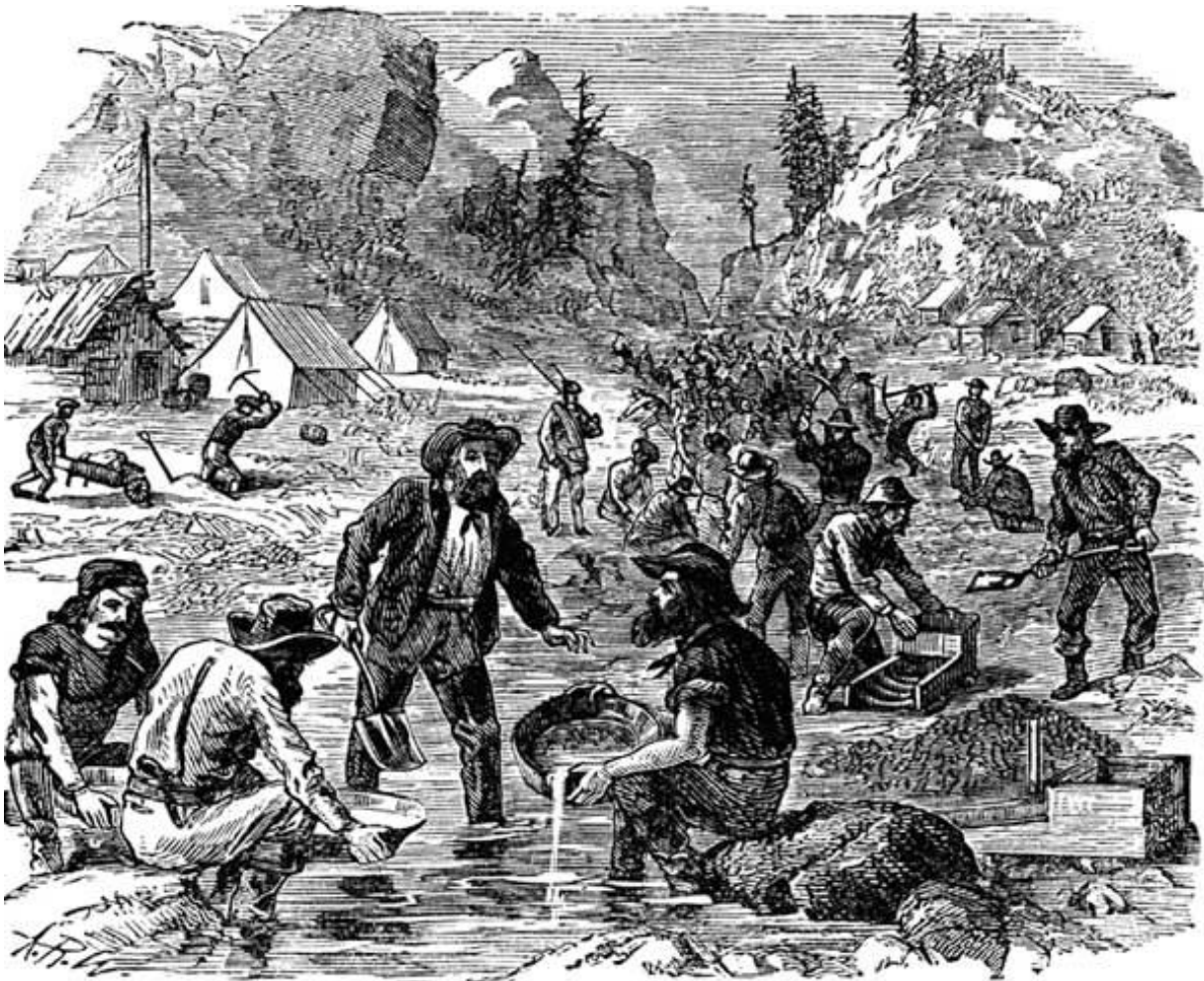
Al respecto, existe una condición básica: la región debe contar con recursos minerales que presenten leyes y magnitudes adecuadas. Generalmente esos territorios han sido históricamente regiones mineras y en algunos casos el país respectivo obtiene buena parte de sus ingresos de la minería. Este es, por ejemplo, el caso de Chile y Perú, como de varios estados del oeste de Estados Unidos. En otros países la minería ha sido, históricamente, una actividad económica secundaria, y sólo en tiempos recientes ha alcanzado real importancia como ocurre en Argentina. En consecuencia, su población es más sensible a los impactos reales o imaginarios de la actividad y por lo tanto más reticente a autorizarla.

Es importante que las empresas mineras entiendan que el rechazo a la actividad minera pueda ser muy razonable si estas no ofrecen incentivos y compensaciones, así como un manejo cuidadoso de los aspectos ambientales. Respecto a los incentivos, es razonable que la población espere que la empresa comparta sus ganancias a través del pago de impuestos, locales de la contratación de trabajadores de la región y del desarrollo de centros productivos o “clusters” que ofrezcan servicios y productos a las labores mineras. También las empresas deben aceptar el hecho de que más allá de los impactos efectivos de su actividad, están aquellos de carácter “percibido” que, aunque se basen en conceptos equivocados, deben ser igualmente atendidos.

Conclusiones

La minería ha acompañado y hecho posible el desarrollo de la civilización, en especial el de la industrial y post industrial. Actualmente, es un sector industrial que utiliza tecnología de punta, incluida la robótica y el manejo teleguiado de camiones y otras maquinarias mediante posicionadores satelitales (GPS). En muchos países entrega una contribución importante a la economía nacional y local, paga excelentes niveles de remuneraciones y promueve el desarrollo productivo local. En general maneja con cuidado sus aspectos ambientales, incluida la planificación del cierre de las explotaciones mineras, y procura incorporar la mejor gestión y tecnología en sus operaciones.

Sin embargo, la minería, como otras actividades industriales, ha cometido serios errores en el pasado y podría cometerlos igualmente en el futuro si no está sometida a una fiscalización seria e inteligente (inteligente en el sentido de concentrarse en los posibles daños mayores y permanentes). Por consiguiente, es necesario que la minería gane su aceptabilidad social actuando como un buen vecino: responsable, cuidadoso y discreto, dispuesto sinceramente a contribuir al desarrollo económico y social de los territorios donde opera. Aun así habrá algunas regiones, provincias o localidades que opten, en el marco de sus derechos, por oponerse a esta. Esto es comprensible y aceptable, al igual que la opción que tomen otras por aceptar una minería responsable y recibir los beneficios económicos que esta debería implicar.



Antiguos mineros del oro: www.oldwestbottles.com/index.php?pr=Downieville_2009

Volver a Ciencia y Sociedad