

NECESIDAD Y DISPONIBILIDAD DE MINERALES

96	La 'Necesidad' de Minerales
97	<i>La Necesidad como Demanda</i>
98	<i>Necesidades Básicas</i>
99	<i>Equilibrio entre el Sobreconsumo y la Satisfacción de Necesidades Básicas</i>
100	<i>Demanda, Uso y Consumo</i>
101	La Disponibilidad de Minerales
102	<i>Medidas Físicas</i>
104	<i>Medidas Económicas</i>
106	<i>Escasez Global versus Local</i>
106	<i>Evaluar la Disponibilidad a Largo Plazo</i>
108	<i>Conclusión</i>
109	Notas

La satisfacción de las ‘necesidades’ es un aspecto central en la definición del desarrollo sustentable. Este capítulo analiza de qué maneras los diferentes minerales pueden satisfacer las necesidades de la sociedad o de los individuos. Las personas se benefician de los usos de los minerales y de los productos derivados de ellos en una cantidad casi infinita de formas. En muchos casos el beneficio es indirecto, como la energía que alimenta a una computadora y que se origina al quemar carbón o hacer girar una turbina eólica de metal.

Las personas también se benefician de la producción de minerales; directamente, a través del empleo en la minería, la refinación o el reciclaje, e indirectamente, por los ingresos y los medios de vida generados en la elaboración y la venta de productos hechos en parte con minerales. Cualquier discusión acerca de las necesidades termina vinculada a la disponibilidad: ¿existe suficiente disponibilidad física de ciertos minerales para continuar satisfaciendo las necesidades humanas? Y ¿será capaz o estará dispuesta la sociedad a asumir los costos económicos, sociales y ambientales de la obtención de minerales en formas utilizables?

El crecimiento de la población mundial, junto con el mejoramiento de la calidad de vida en muchos países y la aparición de nuevos usos para los minerales, aceleró el ritmo de explotación. Lo anterior se vio facilitado, en parte, por los avances tecnológicos que permiten una extracción más eficiente y a menor costo, además del aumento de los niveles de reciclaje. Para buscar un equilibrio en la discusión sobre la necesidad, en la segunda parte del capítulo se analiza la disponibilidad.

La ‘Necesidad’ de Minerales

Una forma de evaluar la necesidad de minerales consiste en analizar los beneficios derivados del uso de productos minerales –desde los usados directamente, como suplementos dietéticos de zinc, hasta los usos duraderos como herramientas, ladrillos y aviones, o productos no minerales obtenidos mediante la utilización de minerales (como alimentos que para su producción requieren el uso de tractores, arados y otros equipos fabricados con metal). Hoy en día, la sociedad depende enormemente de los materiales relacionados con minerales para la generación y transmisión de energía, movilización y transporte, información y comunicación, provisión de alimentos, atención a la salud y un sin número de otros servicios. El uso y la producción de minerales son también esenciales por las formas de subsistencia proporcionadas a las personas, a través de la generación de empleo e ingresos (ver Capítulo 3), y para un número significativo de economías nacionales (ver Capítulo 8).

Es probable que la demanda de productos minerales aumente con el crecimiento de la población y del ingreso real *per cápita*. A juzgar por la experiencia de los países más industrializados, el incremento del ingreso conduce a mayores expectativas de vida y al aumento de la población. A medida que el desarrollo sigue su curso, la educación y los servicios de salud se hacen extensivos a las mujeres. Por esta y otras razones, el índice de natalidad disminuye y el crecimiento de la población se hace más lento y, finalmente, se detiene. Se podría esperar una tendencia similar en los países en desarrollo durante los próximos 50 ó 100 años. La población mundial en 2000 fue de 6,1 mil millones de habitantes y para 2050 se proyecta que llegue a 9,3 mil millones aproximadamente.¹ La mayoría de los economistas también cree que el ingreso *per cápita* aumentará durante el próximo siglo. Las preguntas difíciles referidas al uso de los minerales son: ¿con qué rapidez aumentará el ingreso?, ¿qué porcentaje del crecimiento corresponderá a los países en

desarrollo?, ¿en qué lugares del mundo la elasticidad de la demanda de minerales será mayor y se concentrará en productos con uso intensivo de metales, como la infraestructura?, ¿qué repercusiones tiene para el uso de metales y minerales la emigración masiva desde las zonas rurales a las urbanas?

Especialmente en los países industrializados, los aumentos en la demanda provocados por el crecimiento de la población y del ingreso pueden en parte ser equilibrados por los aumentos en la eficiencia con que se usan los recursos minerales como resultado de las nuevas tecnologías. El perfeccionamiento de los materiales ha provocado reducciones en la mayoría de los usos de los productos minerales en muchas aplicaciones y la creación de nuevos materiales ha llevado a la sustitución. Sin embargo, el crecimiento de la población y del ingreso, especialmente en los países en etapas de desarrollo con uso intensivo de metales, sin duda, tendrá importantes ramificaciones para la demanda de minerales y estimulará métodos más eficientes de producción, uso y reciclaje.

Si el uso *per cápita* actual de aluminio y cobre en los países más industrializados fuera igualado por el resto del mundo, la demanda de esos metales aumentaría en más de cuatro veces. Incluso, dado que estos datos de consumo en los países industrializados incluyen materiales relacionados con los minerales que luego son exportados a los países en desarrollo, la producción de minerales requerida para respaldar con uniformidad los actuales niveles de uso excedería en mucho el nivel actual.

La Necesidad como Demanda

Aun cuando la discusión se limita a los beneficios del uso de los minerales, existen diferentes formas de evaluar la necesidad. En los textos básicos de economía, la definición de ‘necesidad’ es sinónima de demanda de un producto particular. Cada consumidor determina la necesidad a través de sus elecciones en el mercado. Si hay personas dispuestas a pagar un precio que brinda un retorno adecuado a un productor, el producto es por definición ‘necesario’. Según este enfoque, la cantidad necesaria de cualquier mineral es la cantidad que los consumidores comprarán al precio en vigor.

El problema con este estricto enfoque de libre mercado es la noción de que el deseo más la capacidad de pago constituye una necesidad. Sin embargo, el hecho de que exista un mercado para algo no es una demostración adecuada de que existe una necesidad para todos los propósitos. Al igualar la necesidad con la demanda, un problema es la renuencia de muchos a sostener que el pobre no necesita un producto simplemente porque es incapaz de pagar por él. Desde la perspectiva de los más pobres, ellos pueden ‘necesitar’ viviendas construidas con ladrillo y concreto o una olla de metal para cocinar, aun cuando no puedan satisfacer esa demanda.

Otros están preocupados por los que tienen ‘más de lo que necesitan’, el consumo excesivo, o la idea asociada de que la ‘necesidad’ no aumenta simplemente porque crezca la demanda: la demanda es sensible al gusto del consumidor, a la moda y la publicidad (como se ve en la actual campaña de publicidad que busca estimular la demanda de oro). Además, en ausencia de artículos básicos ‘necesarios’, esta demanda se puede satisfacer de otras formas. Un enfoque de libre mercado puede conducir al subconsumo por parte de algunos y al sobreconsumo por parte de otros, porque dicho enfoque se basa en lo que las personas pueden solventar más que en lo que verdaderamente necesitan. Finalmente, existen innumerables ejemplos de productos para los cuales existe un mercado, pero que la sociedad

prohíbe, como los tesoros arqueológicos, los productos elaborados con especies en peligro de extinción y los clorofluorocarbonos.

La discusión sobre la necesidad también puede ser enfocada desde una perspectiva ética. Esta se puede basar en una preocupación de que algunos no tienen lo suficiente para vivir o la creencia de que las economías de consumo modernas tienen una tendencia a generar ‘consumos cada vez mayores y más derrochadores’.² Una forma de tratar este problema es la llamada eficiencia ecológica, que busca aumentar la relación entre los beneficios económicos proporcionados por un bien o servicio y la unidad de impacto ambiental y agotamiento del recurso. El concepto de eficiencia ecológica busca asegurar que haya ‘suficiente para todos’ en el acceso a recursos ambientales decisivos.³ Este enfoque normativo tiene sus propias dificultades, siendo una de las principales quién decide qué es ‘derroche’ y qué es ‘suficiente’ y sobre la base de qué criterios. (Ver Capítulo 11.)

Todo intento por concentrarnos en lo que es ‘derroche’ necesariamente involucra juicios de valor que variarán de una persona a otra y de una región a otra. Por ejemplo, la Estatua de la Libertad ¿es un ejemplo de sobreconsumo derrochador de cobre? La legitimidad total del uso también a veces merece consideración. Por ejemplo, algunas personas argumentan que las piedras preciosas usadas para ornamentación no son ‘necesarias’ para satisfacer las demandas básicas humanas o que podrían ser reemplazadas por otros materiales. De igual forma, algunos sostienen que la acumulación de reservas de oro en los bancos centrales está subsidiando la minería a gran escala y la degradación ambiental.⁴ (Ver Capítulo 5.)

Necesidades Básicas

El objetivo de aliviar la pobreza es fundamental en cualquier discusión sobre la idea de necesidad. La Declaración Universal de los Derechos Humanos establece que:

Toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios; tiene asimismo derecho a los seguros en caso de desempleo, enfermedad, invalidez, vejez u otros casos de pérdida de sus medios de subsistencia por circunstancias independientes de su voluntad.⁵

Aunque en muchas partes del mundo estos derechos siguen siendo una aspiración, el sector de los minerales ya juega un papel clave en su materialización mejorando las condiciones de vida de los más pobres. Mejor acceso a agua limpia, mejores técnicas agrícolas, de transporte al mercado, de generación y transmisión de electricidad y mejor atención de salud dependen, todos, de la disponibilidad de recursos para comprar productos minerales o los servicios que éstos proporcionan. Pero el acceso a estos servicios depende de la capacidad de pago de las personas y los gobiernos.

De esta forma, los minerales pueden hacer una contribución importante a la realización de los distintos bienes de capital –naturales, sociales, humanos, físicos y financieros– que las personas utilizan para generar sus medios de vida. El empleo en el sector minero también puede cumplir un papel importante al proporcionar una fuente de ingreso o reducir la vulnerabilidad estacional a la cesantía.

Cualquier tentativa de calcular la necesidad mínima de una persona con respecto a materiales relacionados con minerales finalmente involucrará juicios de valor, en particular tratándose de la necesidad de bienes privados. Muchos de los minerales que pueden mejorar la calidad de vida de las personas se encuentran en los bienes y servicios comunales o públicos, como los

sistemas de suministro de agua potable y electricidad, redes de comunicación y transporte público, sistemas de salud e infraestructura médica mejorados y mejores escuelas. Por lo tanto, una medida ideal para saber si las necesidades básicas están siendo satisfechas podría ponerse en práctica en el plano comunitario. Mientras tanto, como representación, se pueden usar las estadísticas sobre consumo nacional per cápita para contrastar países con diferentes niveles de desarrollo. (Ver Capítulo 3.)

A pesar de esta importante concepción de la necesidad de materiales relacionados con los minerales, se ha investigado poco para saber cuánto aumentaría la demanda de metal si el mundo resolviera alguna de las necesidades primordiales de los más pobres.

Equilibrio entre el Sobreconsumo y la Satisfacción de Necesidades Básicas

El Informe sobre Desarrollo Humano 1998 del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo revela que 86% del dinero destinado al consumo personal en todo el mundo es gastado por solamente 20% de la población mundial. El 20% más rico también usa 58% de la energía total, tiene 74% de las líneas telefónicas y posee 87% del total de vehículos.⁶ El consumo de minerales debe lograr un equilibrio entre la expansión para satisfacer las necesidades básicas de las poblaciones en crecimiento de los países en desarrollo, por una parte, y la expansión para atender los niveles actuales de consumo de los países industrializados, por la otra. En palabras de Gro Harlem Brundtland, “Es simplemente imposible para el mundo en conjunto sustentar el acceso de todos a un nivel de consumo como el Occidental. De hecho, si 7 mil millones de personas fueran a consumir tanta energía y recursos como consumimos en Occidente hoy en día, necesitaríamos 10 mundos, y no uno, para satisfacer todas nuestras necesidades.”⁷

Algunos analistas sostienen que a fin de lograr modelos globales más equitativos en el uso de minerales, sin exceder los límites ecológicos, es necesario reducir los niveles de uso de los países industrializados. (Ver Capítulo 11 para un análisis de los conceptos y objetivos de la eficiencia de recursos.) Pero la opinión está dividida y existen muchas réplicas y soluciones alternativas. Por ejemplo, si se pretende lograr modelos de uso más equitativos, nada asegura que limitando el consumo de los ricos necesariamente se vaya a intensificar el consumo de los pobres. Por otra parte, la noción de imponer límites al consumo plantea cuestiones éticas acerca de las libertades individuales, así como preocupaciones políticas de índole práctica.

Además, otros argumentan que estas preocupaciones pueden en parte atenderse con mejoras en los métodos de producción, refinación, uso y reciclaje, o mediante una reducción del uso de materiales.

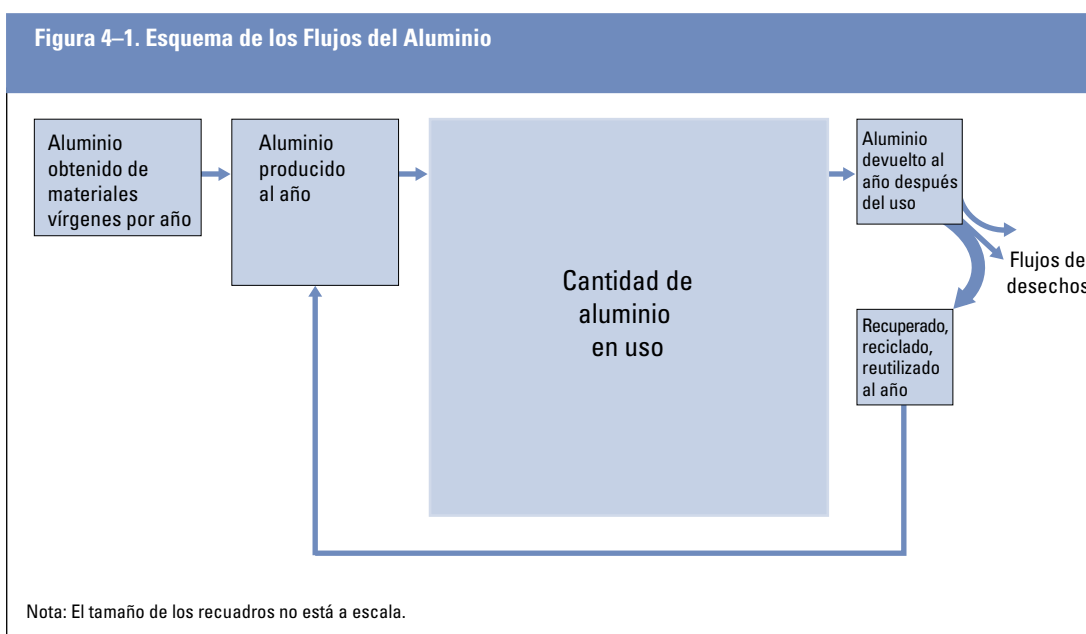
Lo que queda claro es que para que los niveles de uso sean óptimos en términos de desarrollo sustentable, los gobiernos tendrán que usar un conjunto de instrumentos normativos, voluntarios y obligatorios, que consideren la equidad, la eficiencia y los factores ambientales. Estos instrumentos incluyen mecanismos de mercado, regulaciones y campañas educativas. Los enfoques obligatorios han sido usados para conservar materiales escasos en épocas de guerra, por ejemplo, cuando se pensó que la seguridad nacional estaba en peligro. Pero es importante recordar el papel que pueden jugar los mercados en la conciliación de la oferta y la demanda. El verdadero peligro surge cuando los mercados no pueden ajustar, ya sea porque no existen (por ejemplo, para el carbono en la atmósfera) o porque son distorsionados por malas políticas, como los subsidios en sus diversas formas. Las empresas, también, deberán incorporar la eficiencia y otros objetivos en sus estrategias y los consumidores tendrán que asumir cierta responsabilidad.⁸ (Ver Capítulo 11 para un análisis más detallado.)

Demanda, Uso y Consumo

Este análisis se ha centrado en las necesidades que se satisfacen gracias al uso de minerales más que en las necesidades que se satisfacen al producirlos. Esto se debe, en parte, a que medir los beneficios económicos totales que se obtienen de los medios de subsistencia basados en la minería es aún más difícil de determinar que, por ejemplo, las estadísticas sobre reciclaje o las cantidades de los diferentes metales que se pierden con el uso cada año. En realidad, parece que muchas de las preguntas claves del desarrollo sustentable no han sido prioridades de investigación. Por ejemplo, una pregunta clave podría referirse a la elasticidad de la demanda en niveles de ingresos muy bajos: ¿si los pobres del mundo tuvieran ingresos más altos, cómo se vería afectada la demanda de minerales? Lo anterior ha recibido mucho menos atención que el comportamiento de los consumidores de altos ingresos.

La Figura 4–1 muestra una versión simplificada de la cadena de producción y uso del aluminio. Aproximadamente 573 millones de toneladas de aluminio se han elaborado desde que empezó la producción de ese metal en el siglo XIX. No existen estadísticas precisas sobre qué porcentaje de esa cantidad está todavía en uso; podría ser del orden de los 400 millones de toneladas. Unos 25 millones de toneladas de aluminio se suman a las existencias de materiales en uso cada año –una parte proviene de materiales reciclados y otra de producción nueva. Una cantidad desconocida de aluminio es retirada del uso cada año, una cantidad incierta se recupera o recicla y el resto se pierde. Parte de lo que ‘se pierde’ puede quedar fuera de uso por un tiempo considerable, pero puede aún estar potencialmente disponible para ser recuperada si el precio aumenta. Cierta cantidad realmente se pierde o es demasiado costoso encontrarla y recuperarla, como los barcos en el fondo del mar.

Precios más elevados pueden generar incentivos para recuperar, reciclar o reutilizar una mayor proporción de un material de lo que se retira de las existencias. Pero para ciertos materiales, como el carbón, ciertamente no existe forma factible de recuperarlos y reutilizarlos. Esto va al centro de la discusión sobre la sustentabilidad del uso de los minerales. De hecho, algunos productos básicos son ‘consumidos’ completamente en el uso. Pero la mayor parte del oro, cobre o aluminio producido hasta ahora todavía está en uso y puede seguir estándolo, si se mejoran la eficiencia y el reciclaje de los materiales.



La Disponibilidad de Minerales

En cuanto a su extracción primaria, la mayoría de los minerales no puede ser considerada un recurso renovable en una escala de tiempo relevante para la especie humana.⁹ En consecuencia, existe una larga historia de preocupación por el uso de los minerales y su disponibilidad a largo plazo.¹⁰ Por ejemplo, a comienzos de la década de 1950, la Comisión Presidencial sobre Políticas de Materiales de Estados Unidos planteó su inquietud por el ‘enorme y hasta el momento insaciable’ apetito por los materiales y advirtió sobre las consecuencias para la seguridad del agotamiento de las fuentes nacionales de minerales.¹¹ Esta preocupación alcanzó un pico nuevamente en el debate sobre minerales estratégicos a fines de los años 70.

El debate en realidad tiene tres aristas. La primera se refiere a que en el mundo se ‘agotarán’ físicamente los minerales de los depósitos desde donde pueden extraerse con la actual tecnología o con la que probablemente exista en el futuro. La segunda es la sustitución: si en la sociedad se ‘agotan’ físicamente los minerales o se decide por alguna razón reducir la producción, ¿qué se usará en su lugar? Y la tercera se refiere a los costos de producción: que aun cuando existan depósitos disponibles, los costos ambientales, sociales y financieros de su extracción resulten prohibitivos.

Con el surgimiento de la preocupación por el medio ambiente, en los años 60 y 70, empezó a cuestionarse la dependencia de la sociedad industrial de los minerales, más claramente en el informe *Los límites del crecimiento* de 1972. Este concluyó que “si las actuales tendencias de crecimiento de la población mundial, la industrialización, la producción de alimentos y el agotamiento de los recursos siguen sin ser controlados, el crecimiento llegará a sus límites en algún momento dentro de los próximos cien años”.¹² La primera ‘crisis del petróleo’, en 1973 y 1974, sirvió para centrar más la atención pública en la posibilidad del agotamiento de los recursos vitales. La controversia ha sido frenética desde entonces; gran parte de ésta ha sido negativa, pero es preciso destacar que una parte importante de la tesis se refería a las funciones y límites del ecosistema, no a la escasez de recursos. *Los límites del crecimiento* advirtió, por ejemplo, sobre los efectos de las mayores concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera debido a la acción del hombre y el potencial impacto sobre el clima. El mismo mensaje es emitido hoy en día por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático.¹³

La evaluación sobre la disponibilidad a largo plazo de los productos minerales es compleja y ha dividido las opiniones dentro del ámbito académico y la industria minera por más de 30 años. El debate entre aquellos preocupados por el agotamiento de los recursos minerales y los menos interesados en ello tiene tanta validez hoy en día como la tuvo en ese momento. Los pesimistas, por lo general científicos e ingenieros, están convencidos de que la Tierra carece simplemente de los recursos para satisfacer eternamente la demanda mundial de minerales. Ellos ven los recursos minerales como una reserva fija que puede ser medida físicamente. Los optimistas, por lo general economistas, creen que con la ayuda de incentivos de mercado, políticas públicas apropiadas, sustitución de materiales, reciclaje y nuevas tecnologías, la Tierra puede satisfacer las necesidades mundiales por un tiempo indefinido. Para evaluar la disponibilidad, confían en medidas económicas que reflejen la viabilidad de encontrar y producir minerales básicos. El mejor enfoque puede ser tratar de combinar estas perspectivas. La evaluación de la disponibilidad es mucho más complicada cuando se la considera dentro del marco del desarrollo sustentable.

Medidas Físicas

La medición física es intuitivamente atractiva. Existen varios enfoques. En un extremo están los cálculos de las expectativas de vida de las reservas (las cantidades de un producto mineral básico encontrado en recursos subterráneos, que son conocidos y lucrativos de explotar con la tecnología y los precios actuales). (Ver Tabla 4–1.) En el otro extremo están los cálculos de las expectativas de vida del conjunto de la base de recurso (todo el producto mineral básico contenido en la corteza terrestre). (Ver Tabla 4–2.) Entre uno y otro, y mucho más fácil de defender, se encuentran los cálculos de las expectativas de vida de diversas evaluaciones de recursos –es decir, las reservas de un producto mineral básico más la cantidad contenida en depósitos que ofrecen beneficios económicos, pero que todavía no han sido descubiertos, o que se espera sean rentables como resultado de la nueva tecnología u otros avances dentro de un futuro previsible. (Ver Figura 4–2.) Lamentablemente, obtener la evaluación correcta de los recursos no es algo simple. Las reservas podrían ser llamadas en forma más útil ‘inventarios de trabajo’, ya que están sometidas a una constante revisión. Por ejemplo, las reservas comprobadas de carbón a fines de 1985 estaban en 954 mil millones de toneladas. Quince años más tarde, a pesar de la extracción y consumo significativos de ese período, las reservas fueron estimadas en 984 mil millones de toneladas.¹⁴

Los geólogos clasifican los elementos en geoquímicamente abundantes o geoquímicamente escasos. Once elementos abundantes, incluyendo tres metales ampliamente usados –hierro, aluminio y magnesio– constituyen 99% de la corteza terrestre. Los más de 90 elementos conocidos que conforman el resto pueden ser considerados geoquímicamente escasos.¹⁵ Por lo tanto, sería fácil suponer que todos los elementos del primer grupo son fáciles de producir, mientras que los del segundo serían mucho más difíciles. Sin embargo, gracias a los procesos geológicos que dan origen a la formación mineral, no siempre es así. Por ejemplo, algunos de los elementos más escasos, como el cobre (número 28 en orden de aparición en la corteza terrestre), se encuentran en grandes depósitos en concentraciones cientos o incluso miles de veces mayores al promedio de la corteza.

La viabilidad de la industria minera radica en la disponibilidad continua de minerales que han sido naturalmente enriquecidos por los procesos geoquímicos de la corteza terrestre. Los minerales de cobre, zinc y plomo son altamente enriquecidos en comparación con el promedio de la corteza. Pero una gran proporción de la masa total de elementos encontrados en la corteza, incluyendo los metales, está distribuida como sustitutos atómicos en minerales de muy baja ley. La extracción y procesamiento de éstos es raramente factible. Una pregunta intrigante es ¿qué porcentaje de los metales comercialmente importantes pero geoquímicamente escasos aún no se ha explotado de los minerales enriquecidos?

El cobre constituye un buen ejemplo en este punto. A escala global, la ley promedio del mineral de cobre que actualmente se extrae es alrededor de 0,8%. Considerando que las leyes mayores por lo general se explotan primero, y siendo todos los otros aspectos iguales, la ley mineral promedio ha venido decayendo y se espera que esto siga sucediendo con el tiempo. Sin embargo, los geólogos estiman que a cierta ley mineral entre 0,1% y 0,01% se encontrará una ‘barrera mineralógica’.¹⁶ Cruzar esta línea podría generar un asombroso aumento de los costos de producción del

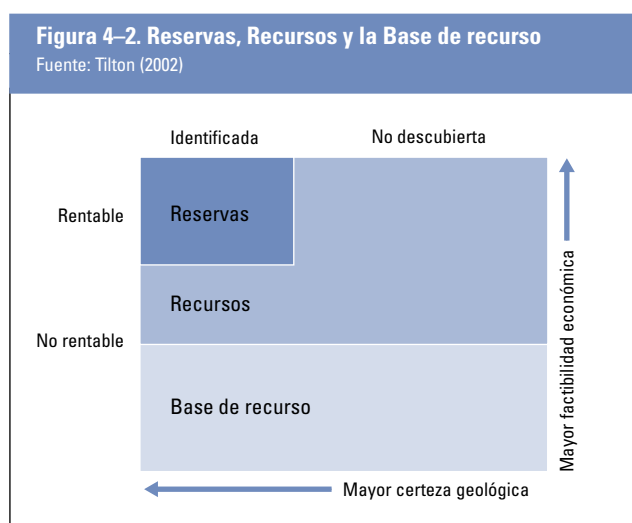


Tabla 4–1. Expectativas de Vida de Reservas Mundiales Rentables Identificadas, Productos Minerales Básicos Seleccionados

Producto mineral básico ^a	Reservas ^b 1999	Promedio anual de la producción primaria 1997–99 ^b	Expectativa de vida en años, en tres tasas de crecimiento de la producción primaria ^c			Promedio del crecimiento anual de la producción 1975–99 (%)
			0%	2%	5%	
Carbón	987 x 10 ⁹	4561,3 x 10 ⁶	216	84	49	1,1
Petróleo Crudo	1035 x 10 ⁹	23,7 x 10 ⁹	44	31	23	0,8
Gas Natural	5145 x 10 ¹²	80,5 x 10 ¹²	64	41	29	2,9
Aluminio	25 x 10 ⁹	123,7 x 10 ⁶	202	81	48	2,9
Cobre	340 x 10 ⁶	12,1 x 10 ⁶	28	22	18	3,4
Hierro	74 x 10 ¹²	559,5 x 10 ⁶	132	65	41	0,5
Plomo	64 x 10 ⁶	3070,0 x 10 ³	21	17	14	-0,5
Níquel	46 x 10 ⁶	1133,3 x 10 ³	41	30	22	1,6
Plata	280 x 10 ³	16,1 x 10 ³	17	15	13	3,0
Estaño	8 x 10 ⁶	207,7 x 10 ³	37	28	21	-0,5
Zinc	190 x 10 ⁶	7753,3 x 10 ³	25	20	16	1,9

^a Para otros metales aparte del aluminio, las reservas se miden sobre la base del contenido de metal. Las reservas de aluminio se miden sobre la base del mineral de bauxita. ^b Las reservas son medidas en toneladas métricas, excepto en el caso del petróleo crudo (en barriles) y el gas natural (en pies cúbicos). ^c Las cifras para las expectativas de vida fueron calculadas antes de que los datos de producción promedio y de reservas fueran redondeados. Como resultado, las expectativas de vida de las columnas 4, 5, y 6 pueden variar levemente de las expectativas de vida obtenidas de los datos de reservas de la columna 2 y de los datos de producción primaria anual de la columna 3.

Fuentes: Tilton (2002); US Bureau of Mines (1977); US Geological Survey (2000a); US Geological Survey (2000b)

Tabla 4–2. Expectativas de Vida de la Base de recurso, Productos Minerales Básicos Seleccionados

Producto mineral básico ^a	Base de recurso (toneladas métricas) ^a	Promedio anual de la producción primaria 1997–99 ^b	Expectativa de vida en años, en tres tasas de crecimiento de la producción primaria			Promedio del crecimiento anual de la producción 1975–99 (%) ^b
			0%	2%	5%	
Carbón ^c	s/d	4561,3 x 10 ⁶	s/d	s/d	s/d	1,1
Petróleo Crudo ^c	s/d	23,7 x 10 ⁹	s/d	s/d	s/d	0,8
Gas Natural ^c	s/d	80,5 x 10 ¹²	s/d	s/d	s/d	2,9
Aluminio	2,0 x 10 ¹⁸	123,7 x 10 ⁶	83,9 x 10 ⁹	1065	444	2,9
Cobre	1,5 x 10 ¹⁵	12,1 x 10 ⁶	124,3 x 10 ⁶	736	313	3,4
Hierro	1,4 x 10 ¹⁸	559,5 x 10 ⁶	2,5 x 10 ⁹	886	373	0,5
Plomo	290,0 x 10 ¹²	3070,0 x 10 ³	9,4 x 10 ⁶	607	261	-0,5
Níquel	2,1 x 10 ¹²	1133,3 x 10 ³	1,8 x 10 ⁶	526	229	1,6
Plata	1,8 x 10 ¹²	16,1 x 10 ³	11,8 x 10 ⁶	731	311	3,0
Estaño	40,8 x 10 ¹²	207,7 x 10 ³	196,5 x 10 ⁶	759	322	-0,5
Zinc	2,2 x 10 ¹⁵	7753,3 x 10 ³	283,7 x 10 ⁶	778	329	1,9

^a La base de recurso para el producto mineral básico se calcula multiplicando su abundancia elemental medida en gramos por toneladas métricas por el peso total (24 x 10¹⁸) en toneladas métricas de corteza terrestre. Este refleja la cantidad del material encontrado en la corteza.

^b Las cifras para la producción anual promedio 1997–99 y el porcentaje del crecimiento anual de la producción para 1975–99 provienen de la Tabla 4–1 y las fuentes citadas allí. ^c Las estimaciones de la base de recurso del carbón, petróleo crudo y gas natural no están disponibles. US Geological Survey y otros organismos sí proporcionan evaluaciones de recursos recuperables finales del petróleo, gas natural y carbón. Aunque a veces son llamadas estimaciones de la base de recursos, no pretenden medir todo el carbón, petróleo y gas natural que se encuentra en la corteza terrestre. Como resultado, es más adecuado considerarlas estimaciones del recurso en vez de evaluaciones de la base de recurso.

Fuentes: Tabla de Tilton (2002). Los datos de la base de recurso se basan en la información de Erickson (1973) págs. 22–23 y de Lee y Yao (1970)

cobre, ya que podrían ser necesarias técnicas de procesamiento diferentes y de uso más intenso de energía. Por otra parte, la cantidad de agua requerida para extraer cobre de la roca no enriquecida, usando las tecnologías existentes en la actualidad en Estados Unidos, ascendería a más o menos cinco veces el flujo anual del Río Mississippi.¹⁷ Como resultado, la recuperación del cobre de las fuentes comunes de corteza terrestre no es económica ni ecológicamente viable en la actualidad.

Las estimaciones de la producción máxima de los minerales a partir de las fuentes primarias dependen de numerosas suposiciones, pero a menudo superan con creces la expectativa de vida de las reservas conocidas. Por ejemplo, usando ciertos supuestos referidos al papel de la tecnología, el reciclaje y la sustitución en la demanda y disponibilidad del cobre, se ha propuesto que la producción de las minas de cobre llegará a su punto máximo en 50–60 años.¹⁸ Esto contrasta con la estimación de 18–28 años para las reservas de cobre conocidas.

Medidas Económicas

Los optimistas señalan cuatro problemas principales con el paradigma de la reserva fija y las estimaciones de disponibilidad a largo plazo que éste genera. Primero, argumentan que este enfoque no tiene en cuenta la producción secundaria, el reciclaje ni el hecho de que muchos productos minerales básicos no son destruidos después de ser usados. El reciclaje puede afectar significativamente el índice de producción primaria y, en consecuencia, de agotamiento. Por ejemplo, el uso de plomo en Estados Unidos aumentó casi en 15% entre 1970 y 1993–94.¹⁹ Las políticas gubernamentales que regulan el reciclaje de las baterías de auto y el uso de plomo en pinturas y gasolina, sin embargo, provocaron una caída de la producción primaria durante el mismo período en que el reciclaje y la producción secundaria crecieron a más del doble.²⁰ Pero para la mayoría de los minerales, por lo menos en el mediano plazo, mientras la demanda total de productos minerales irá en aumento, el efecto del aumento del reciclaje sobre la producción primaria probablemente será mínimo. Los esfuerzos para disminuir la intensidad del material en la manufactura y diseño del producto pueden también cumplir un papel importante en la reducción de la demanda de extracción primaria. (Las claves para los avances en la intensidad de los materiales y el reciclaje se analizan en el Capítulo 11.)

Segundo, la reducción de la disponibilidad de un producto mineral básico puede llevar a su remplazo por otro. El aluminio, por ejemplo, puede remplazar al cobre en ciertos usos finales. Las tecnologías pueden también ser modificadas para aceptar los sustitutos de los materiales relacionados con los minerales. (Ver Capítulos 2 y 5.) No obstante, los méritos relativos de la sustitución entre minerales deben ser evaluados caso por caso, considerando las repercusiones que tiene para el desarrollo sustentable. Lo mismo se aplica a las situaciones en que los productos minerales básicos pueden ser remplazados por otros materiales.

Tercero, las nuevas fuentes de productos minerales básicos, como de abajo de la corteza terrestre (o incluso del espacio), pueden parecer improbables hoy en día, pero son factibles y ciertamente no deberían ser desestimadas.²¹

Cuarto, los optimistas alegan que el paradigma de la reserva fija tampoco considera el papel clave de la nueva tecnología. Las nuevas técnicas de exploración como los estudios sísmicos 3D e hiper-espectrales han aumentado enormemente la capacidad de encontrar nuevas fuentes de minerales.²² Además, es concebible que en algún momento en el futuro, la nueva tecnología pueda permitir la recuperación de los productos minerales básicos desde depósitos

de muy baja ley, incluso aquellos situados al otro lado de la barrera mineralógica. Por otra parte, también es posible que la nueva tecnología no sea suficiente para permitir la completa explotación de los depósitos de baja ley, incluso en este lado de la barrera mineralógica. En este caso, los costos cada vez más altos erradicarían la demanda mucho antes de que el recurso esté totalmente explotado. Por lo tanto, la cantidad de un producto mineral básico que todavía no ha sido explotado es totalmente irrelevante si el costo de la extracción es prohibitivo. El agotamiento económico del recurso se produce antes de que el agotamiento físico constituya un problema.



Envases de lata – aplastados y listos para ser reciclados

Por estas razones, los defensores del enfoque del costo de oportunidad están a favor de un énfasis en las medidas económicas para la disponibilidad de los recursos. Tres de estas medidas son ampliamente reconocidas: los costos marginales de extracción y producción, el precio de las materias primas en el mercado y los costos para el usuario.

Los costos marginales –el costo de producir una unidad más del producto en diversos niveles de producción– se centran en el proceso de producción y su impacto en la disponibilidad. En un importante estudio publicado en 1963, H.J. Barnett y C. Morse demostraron que, a pesar del considerable crecimiento del consumo de productos minerales básicos en Estados Unidos, entre 1870 y 1957, los costos de producción cayeron en más del 75%. Ellos atribuyeron esta marcada reducción a los impactos de la nueva tecnología, que permitió que depósitos conocidos, pero previamente no rentables, fueran explotados; que recursos menos escasos sustituyeran a otros más escasos y redujo los recursos necesarios para obtener los productos y servicios finales.²³ Existen diversas críticas a este estudio, incluyendo que no consideró datos como el consumo energético, además de la mano de obra y el capital, que no tomó en cuenta los elevados costos ambientales y que eligió 1957 como su punto límite, en circunstancias de que si se hubiera ampliado el estudio, éste hubiera demostrado un incremento de los costos.²⁴ A pesar de estas críticas, los hallazgos demostraron su fortaleza y sugieren la disponibilidad cada vez mayor de productos minerales básicos por mucho más tiempo.

Muchos precios reales de productos minerales básicos también sufrieron una baja durante el siglo pasado. Sin embargo, las recientes tendencias son más difíciles de interpretar. (Ver Capítulo 2.) Mientras algunos estudios muestran que los precios continúan bajando y son optimistas con respecto a la disponibilidad del mineral a largo plazo, otros sugieren que la escasez ahora está en aumento.²⁵ A pesar de la tendencia histórica, es improbable que los precios continúen disminuyendo indefinidamente –de modo que esta tendencia se nivelará o posiblemente se revertirá en algún momento. Las reservas son sensibles a los precios y a la cantidad de dinero gastada en exploración. Cada vez que subieron los precios, aumentó el gasto en exploración y aumentó también la cantidad de reservas minerales conocidas. Muchas partes del mundo siguen subexploradas incluso con la utilización de los métodos más modernos.

La tercera medida económica corresponde a los costos del usuario –el valor actual de las ganancias futuras que un productor perdería como resultado de la mayor producción actual

por unidad. Aquí se argumenta que la caída de las ganancias futuras se acentúa, dado que la mayor producción en el presente deja menos depósitos minerales o depósitos de menor calidad en el suelo para una futura explotación.²⁶ Esta medida refleja, en ciertas condiciones, las tendencias en el valor de los recursos minerales en el suelo. El tipo de recursos relevantes aquí corresponde a aquellos que en la actualidad son apenas rentables de explotar. La falta de datos acerca de los costos del usuario hace difícil estimar este indicador por períodos muy largos y los pocos estudios existentes han dado a conocer diferentes hallazgos. En todo caso, los impactos de las nuevas tecnologías pueden hacer que los costos del usuario sean irrelevantes. Por ejemplo, Suecia se benefició enormemente de la explotación de sus depósitos de mineral de hierro para abastecer la industria europea del acero en la primera mitad del Siglo XX. Pero la capacidad de estas minas para competir fue mermada por el salto tecnológico en los 60, que hizo posible el transporte marítimo de productos a granel. Si Suecia hubiera decidido reservar estos depósitos, con la esperanza de obtener mayores ganancias en el futuro, probablemente no hubiera obtenido beneficios. Retrospectivamente, los costos del usuario por la extracción del mineral de hierro en Suecia en la primera mitad del Siglo XX fueron iguales a cero. Más recientemente, los avances tecnológicos (como los nuevos métodos de lixiviación del cobre, oro y níquel) han cambiado los aspectos económicos de algunos metales.

A pesar de los problemas descritos, las medidas económicas permiten sacar dos conclusiones generales. Primero, el agotamiento no se ha traducido en escasez de productos minerales básicos durante el siglo pasado, pese a que la demanda de esos productos nunca ha sido mayor. Segundo, las tendencias a largo plazo en la disponibilidad no son fijas y pueden cambiar en ambas direcciones. El solo hecho de que la disponibilidad de los minerales aumentara en el pasado no garantiza que continúe haciéndolo en el futuro. Los factores subyacentes que influyen en la oferta y la demanda de minerales, como la nueva tecnología y el índice de crecimiento económico global, podrían cambiar de maneras que finalmente llevaran a la falta de rentabilidad.

Escasez Global *versus* Local

La disponibilidad de minerales también puede considerarse en el contexto geográfico de los mercados. Por ejemplo, cuando los productos tienen alto valor por peso unitario, como las piedras preciosas y el oro, éstos pueden ser enviados a cualquier lugar y competir en mercados globales. En el otro extremo del espectro, están los productos básicos con una relación de bajo valor por peso unitario, como los agregados y la arena. Los costos de transporte para estos materiales determinan que sean vendidos sólo en el mercado local. (Ver Cuadro 4–1) Materiales de un rango intermedio (p. ej., piedra caliza y algunas leyes de carbón) pueden ser vendidos en vastos mercados regionales, pero no pueden competir a escala global.

Para los productos vendidos en los mercados locales, la escasez local puede llegar mucho antes que el mineral escasee a escala regional y global.

Evaluar la Disponibilidad a Largo Plazo

La disponibilidad a largo plazo de los productos minerales básicos depende del resultado de las fuerzas rivales del agotamiento y la nueva tecnología. El ritmo de agotamiento depende de diversos factores, en particular geológicos y tecnológicos. Los factores geológicos consideran la incidencia y la naturaleza de las existencias minerales. El modelo de

distribución afectará el ritmo de agotamiento; a medida que avance el agotamiento, se explotarán minerales de menor ley. Determinar si el cambio hacia las leyes menores es uniforme o no depende de la geoquímica del mineral y la forma cómo se adoptan los avances en tecnologías de procesamiento de minerales. La lixiviación ácida a alta presión (HPAL, en inglés) es un ejemplo de esto. Si es exitosa en las instalaciones donde se ha venido aplicando, la HPAL podría cambiar en forma significativa los resultados económicos de la recuperación del níquel de algunos suelos tropicales llamados lateritas. Estos suelos contienen la mayoría de las reservas de níquel conocidas en el mundo, pero sólo en los últimos años han sido objeto de una extracción rentable.

Junto a la explotación de reservas mineras terrestres convencionales, es importante considerar otras fuentes de minerales. Es concebible que los rellenos puedan ser reservas importantes de metal en el futuro.²⁷ Un mayor conocimiento acerca de los depósitos cuya explotación ofrece actualmente pocos beneficios económicos podría aportar ideas útiles acerca de la futura disponibilidad de los productos minerales básicos.

La tecnología y el precio de los insumos cubren todas las variables que afectan el costo de producción de minerales primarios, menos las consideraciones geológicas. Debe tenerse en cuenta la reducción de los costos que se produce a raíz de las nuevas tecnologías y de los cambios en los precios de la mano de obra, el capital, la energía y los materiales.

En el pasado, el efecto de los últimos en la disponibilidad fue aminorado por la nueva tecnología. Aunque esto pueda suceder nuevamente en el futuro, es imposible predecirlo.

El reciclaje y otras medidas de conservación de los recursos pueden también reducir la necesidad de extraer minerales del suelo. Mientras más sombríos sean los prospectos de producción primaria, más importante será el papel que cumpla el reciclaje (para los productos minerales que se pueden reciclar), y viceversa.

Cuadro 4-1. Agregados en la Región Metropolitana de São Paulo

La Región Metropolitana de São Paulo es una de las áreas urbanas de más rápido crecimiento, con más de 17,5 millones de habitantes distribuidos en 8.051 kilómetros cuadrados. El área metropolitana es la zona de mayor consumo de grava y arena del país. Entre 1994 y 2000, el consumo anual de grava en São Paulo aumentó de 11,8 millones a 17,7 millones de toneladas. La región es también el mayor productor de grava y arena del país, ya que alberga 22% de las reservas nacionales de grava y 37% de las reservas de arena.

La grava y la arena están geográficamente disponibles en las inmediaciones de la ciudad. Casi toda la grava usada en São Paulo es producida localmente. Sin embargo, sólo un 25% de la arena es producida en la zona; el resto proviene de lugares ubicados a más de 100 kilómetros de distancia. Esto se debe a que la mayoría de las reservas potenciales de grava y arena en el área metropolitana ya no son accesibles debido al crecimiento urbano. La expansión fuera de control de loteos habitacionales en las áreas periféricas se ha traducido en conflictos por el uso de la tierra y en el cierre de muchas canteras y areneras. El muy alto costo de la importación de la grava significa que no puede ser traída de muy lejos, mientras que las restricciones a la producción local de agregados han hecho económicamente viable el transporte de arena.

Fuente: Coelho (2001)

Conclusión

Es ampliamente aceptado que no existen probabilidades de que el mundo enfrente una escasez de productos minerales básicos comercialmente importantes a escala global en los próximos cincuenta años. Cuanto más alejadas de ese plazo estén las proyecciones, menos cierta es la situación.

Sin embargo, un asunto clave es saber si existe algún interés de la sociedad en adoptar políticas que restrinjan o prohíban la explotación de algunos minerales por el temor a una escasez física. Para responder esta interrogante es necesario considerar la forma cómo pueden ser reemplazados los medios de vida o los beneficios obtenidos del uso de minerales y metales. Sea el sustituto otro mineral o no, su producción tendrá consecuencias ambientales.

El paradigma de la reserva fija no es un fundamento suficiente para determinar la disponibilidad de los minerales: las medidas económicas, así como la posibilidad de escasez local, deben ser tenidas en cuenta al evaluar si los recursos minerales lograrán satisfacer las necesidades en el futuro. Una consideración vital es hasta qué punto las personas están preparadas para confiar en las nuevas tecnologías para compensar las consecuencias del agotamiento de los minerales, sea cual fuere la forma en que puedan definirlo. Las tecnologías no sólo afectan la capacidad de obtener acceso a los recursos minerales, sino también las nuevas aplicaciones y sustitutos para los servicios que proporcionan los minerales.

Aunque las tendencias en la producción y uso de minerales y en la base de recurso estimada han reducido las preocupaciones de que en el mundo se están ‘agotando’ los minerales, los límites posibles que los factores ambientales y sociales pueden imponer a la disponibilidad de minerales están recibiendo creciente atención. Entre los fenómenos que pueden limitar la disponibilidad de los minerales se incluyen:

- la disponibilidad de energía o los efectos ambientales del uso energético, ya que la energía por producto unitario aumenta con la menor ley del mineral;
- la disponibilidad del agua para la producción de minerales o los impactos ambientales del uso de cantidades cada vez mayores de agua en minerales de menor ley;
- la preferencia de la sociedad por el uso del territorio con otros fines distintos a la producción de minerales, ya sea para protección de la diversidad biológica y de la vida silvestre, de significado cultural o de seguridad agrícola y alimentaria;
- intolerancia de la comunidad a los impactos de la industria de los minerales;
- cambio de los patrones de uso;
- los límites del ecosistema con respecto a la acumulación de productos minerales o subproductos (especialmente metales) en el aire, agua, mantillo o vegetación.

Incluso cuando la preocupación se limita a factores físicos, la menor disponibilidad puede tener repercusiones ambientales o sociales. Desde una perspectiva ambiental, por ejemplo, la extracción de minerales de baja ley puede traducirse en una mayor generación de desechos. La mayor escasez puede también requerir que los minerales sean transportados largas distancias hasta sus mercados, lo que eleva los impactos del transporte. También puede implicar que se abran minas en lugares menos convenientes desde una perspectiva ambiental o social. Esto puede ser particularmente cierto cuando los minerales son producidos y vendidos en un mercado local.

Dado que los recursos minerales son no renovables, una preocupación adicional es la forma cómo se invierten o usan los ingresos obtenidos del agotamiento. Estos aspectos están en el centro mismo de los desafíos del desarrollo sustentable y son discutidos en la Parte III.

Notas

¹ Proyección de la variante media de la División de Población del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales, Naciones Unidas, <http://www.un.org/esa/population/demobase>.

² Este argumento fue planteado con mucho vigor en Packard (1960).

³ Ver, por ejemplo, Robins y Roberts (1996).

⁴ Young (2000).

⁵ Naciones Unidas (1948) Parte I del Artículo 25.

⁶ PNUD (1998), pág. 2.

⁷ Brundtland (1994).

⁸ Ver, por ejemplo, WBCSD (2001).

⁹ Esta sección se apoya fuertemente en Tilton (2002).

¹⁰ El debate en torno a la disponibilidad de los recursos puede remontarse al menos unos 200 años hasta los economistas clásicos, como Malthus, Ricardo y Mill, aunque los últimos 30 años han sido especialmente activos en este sentido. Ver, por ejemplo, Meadows et al. (1972) y Meadows et al. (1992).

¹¹ Ver Packard (1960).

¹² Meadows et al. (1972).

¹³ Houghton et al. (2001).

¹⁴ British Petroleum (1986); British Petroleum (2001).

¹⁵ Wedepohl (1995).

¹⁶ Skinner (1976).

¹⁷ Gordon et al. (1987).

¹⁸ Ayres et al. (2001).

¹⁹ Interagency Working Group on Industrial Ecology, Material and Energy Flows, reproducido en Brown et al. (2000) pág. 14.

²⁰ Ver USGS, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lead>.

²¹ Gertsch y Maryniak (1991).

²² Gingerich et al. (2002).

²³ Barnett y Morse (1963).

²⁴ Cleveland (1991) págs. 289–317; Johnson et al. (1980); Hall y Hall (1984).

²⁵ Slade (1982).

²⁶ A los costos del usuario también se les denomina costo de hospedaje y costo de escasez; Tilton (2002), Capítulo 3.

²⁷ Ayres et al. (2001).