

## ESTUDIOS DE CASO DE MINERALES

### **112 Los Metales**

112 *Panorama General*

119 *Acero*

121 *Aluminio*

125 *Cobre*

127 *Plomo*

130 *Oro*

### **138 Minerales Combustibles e Industriales**

138 *Carbón*

141 *Potasa*

### **144 Notas**



El objetivo de este capítulo es aplicar el análisis general expuesto en el Capítulo 4 a una gama de minerales individuales, para ver qué conclusiones se pueden obtener en cuanto a disponibilidad y necesidad. Aunque sería interesante y valioso hacerlo con todo producto mineral, el espacio y la disponibilidad de datos hacen necesaria la selección de un número limitado entre los más de 90 productos comúnmente comercializados. Materiales como la arena y la grava, si bien constituyen un alto porcentaje de la actividad minera total, suelen ser comercializados en los mercados locales, cada uno con su propio conjunto de problemas y preocupaciones. Pareció apropiado, por lo tanto, seleccionar los minerales de mayor importancia económica que son comercializados en los mercados mundiales.

Otros minerales, como zinc, piedra caliza o piedras preciosas, también han sido muy interesantes. Por razones de espacio se tuvo que excluir un estudio sobre arcillas industriales.<sup>1</sup> Fue imposible abarcar toda la variedad de minerales existentes en el mercado. La extensión de cada sección debe entenderse sólo como indicador del espacio necesario para tratar los temas, sin la intención de favorecer o perjudicar a ningún producto en particular.

Esto incluye a la mayoría de los metales. La primera sección de este capítulo, por lo tanto, se concentra en varios metales, comenzando con un panorama general, seguido por estudios específicos sobre el acero, el aluminio, el cobre, el plomo y el oro. En la segunda sección, se analiza un mineral combustible (el carbón) y un mineral industrial (la potasa).<sup>2</sup> Casi todo lo que se puede decir sobre la disponibilidad física se encuentra en el Capítulo 4, pero las limitaciones ambientales, sociales y otras relativas a la disponibilidad de estos minerales serán abordadas en cada caso.

## Los Metales

### Panorama General

En volumen neto, el acero es por amplio margen el metal industrial más importante. (Ver Tabla 5-1.) El consumo de acero durante el año 2000 fue bastante superior a 30 veces el consumo de aluminio, el segundo metal más ampliamente utilizado.<sup>3</sup>

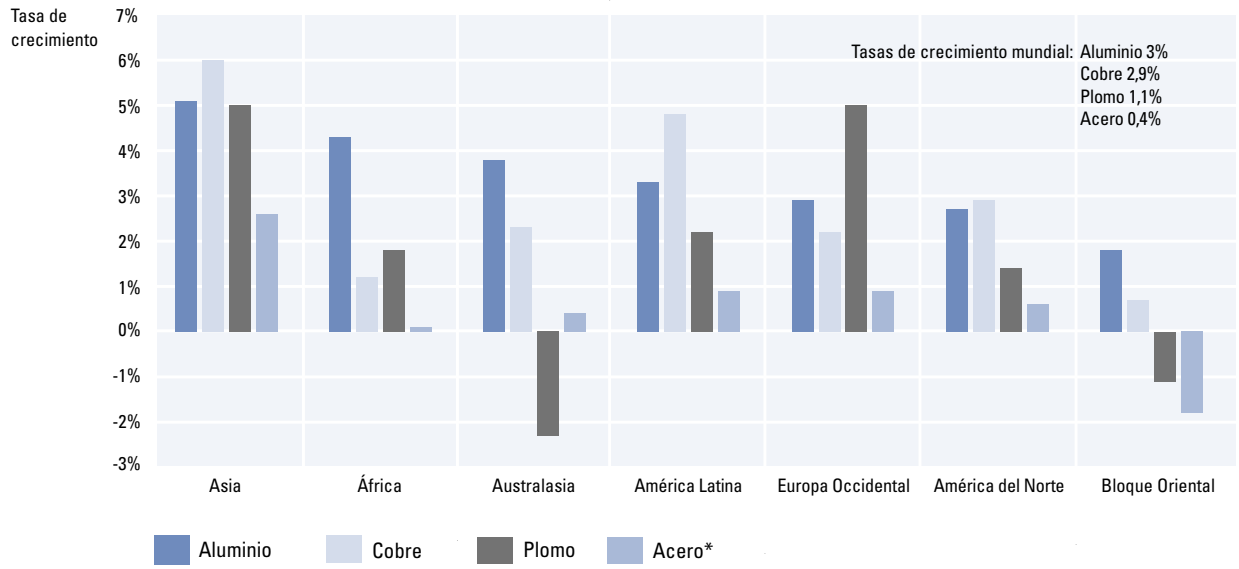
Durante los últimos 25 años, el crecimiento en la demanda de metales ha sido más acelerado en regiones de rápido desarrollo –los países en transición–, que tienen gran demanda para usos en su infraestructura, tales como el suministro de vivienda, agua y energía eléctrica. (Ver Figuras 5-1 y 5-2.) El rápido crecimiento de la demanda de plomo en estas regiones refleja la creciente demanda por baterías de plomo, muchas de estas para automóviles. En general, los países en transición presentan un nivel moderado de industrialización e infraestructura y se encuentran en la etapa en que se puede esperar un crecimiento más rápido en el consumo de metales. En las economías industrializadas, la demanda creció a niveles inferiores al promedio mundial durante los últimos 25 años, debido a que la demanda para gasto en infraestructura fue menor.

La distribución de la demanda de acero entre los países industrializados y de transición indica menos disparidad que en el caso de los metales no ferrosos, lo que refleja el hecho de que el acero es una materia prima industrial básica esencial aun en los países menos desarrollados.

No es sorprendente, dado el uso de metales en una amplia variedad de aplicaciones industriales y de consumo (ver Tabla 5-2 y Figura 5-3), que exista una relación razonablemente sólida entre el consumo per cápita y el producto interno bruto (PIB) per cápita. (Ver Capítulo 2.)

**Figura 5-1. Consumo de Metales: Tasas de Crecimiento Regional, 1975-2000**

Fuente: CRU Internacional



\* Fechas de 1975-1999

**Figura 5-2. Consumo de Metales Comparado con Población, por Región y para Países Seleccionados, 2000**

Fuente: CRU Internacional

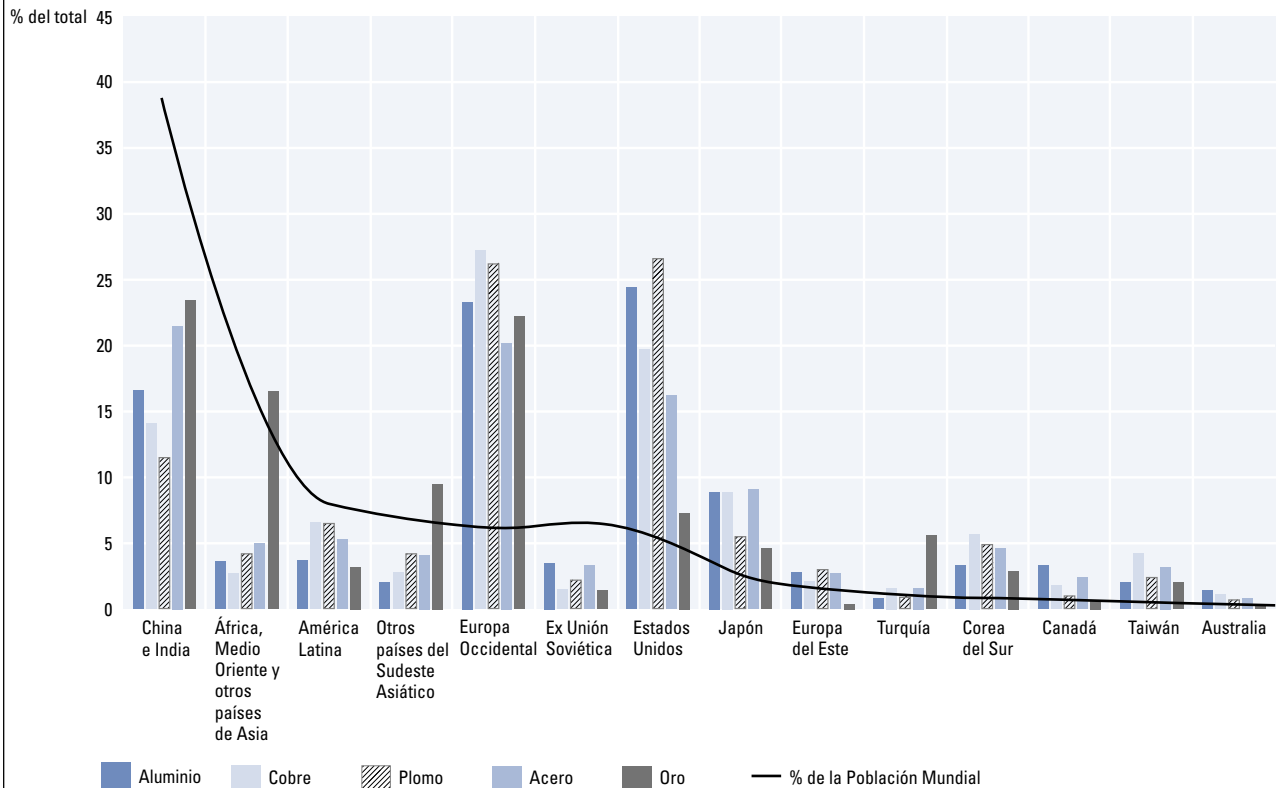


Tabla 5–1. Producción, Consumo y Reciclaje de Metales

	<b>Acero</b>	<b>Aluminio</b>	<b>Cobre</b>	<b>Plomo</b>	<b>Oro</b>
Total acumulativo de producción mundial	32 mil millones de toneladas de acero crudo	573 millones de toneladas	409 millones de toneladas <sup>a</sup>	204 millones de toneladas <sup>a</sup>	128.000–140.000 toneladas
Consumo mundial anual reciente	837 millones de toneladas	24,9 millones de toneladas	15,1 millones de toneladas	6,2 millones de toneladas	3948 toneladas
Pronóstico consensual de crecimiento del consumo en los próximos 10 años	0,8%	3%	2,9%	1,1%	4,3%
Parte del consumo total de metal obtenido de material reciclado (%)	Estados Unidos 79%, Europa Occidental 55%, Asia del Este y Sudeste 52%, resto del mundo occidental 46%	América del Norte 35%, Europa Occidental 31%, Asia 25%, resto del mundo 29%	Mundo occidental 35%	Estados Unidos 70%, Resto del mundo occidental 55%	Mundo occidental 35%

<sup>a</sup> Producción mundial 1900–2000  
Fuente: CRU International; producción de cobre y plomo del USGS

Una importante diferencia surge entre los países con PIB per cápita superior e inferior a US\$10.000. Un número importante de países se encuentra agrupados por debajo de este nivel y casi todos utilizan menos de 6 kilogramos (Kg.) de aluminio, 5 Kg. de cobre y 200 Kg. de acero *per cápita*. (Ver Tabla 5–3.) Por encima de este punto de corte, el consumo per cápita se eleva con bastante rapidez, debido a que este parece ser el nivel en el que se desarrollan bastantes industrias de artículos semielaborados para satisfacer la demanda interna como también los mercados de exportación.

Cabe destacar que las estadísticas sobre uso de metales pueden inducir a error. Debido a que el consumo se calcula sobre la base de la cantidad de metal producido e importado, no se considera si los productos elaborados del metal se venden en el mercado interno o son exportados. De este modo, Corea del Sur y Taiwán parecen tener un consumo de metal extraordinariamente alto, debido a que estos países se encuentran fuertemente involucrados en la fabricación de metal y son importantes exportadores de productos de metal y baterías de plomo. Si se calcula desde el punto de vista del uso final, el consumo real de metales en estos dos países sería mucho menor. Al mismo tiempo, los países que se encuentran en las primeras etapas del desarrollo no utilizan lo suficiente del producto final para justificar la fabricación local, de modo que importan artículos con alto contenido de metales, los cuales no son registrados en las estadísticas de consumo de metales.

Tabla 5–2. Metales o Materiales que Compiten en Algunas Grandes Aplicaciones de Uso Final

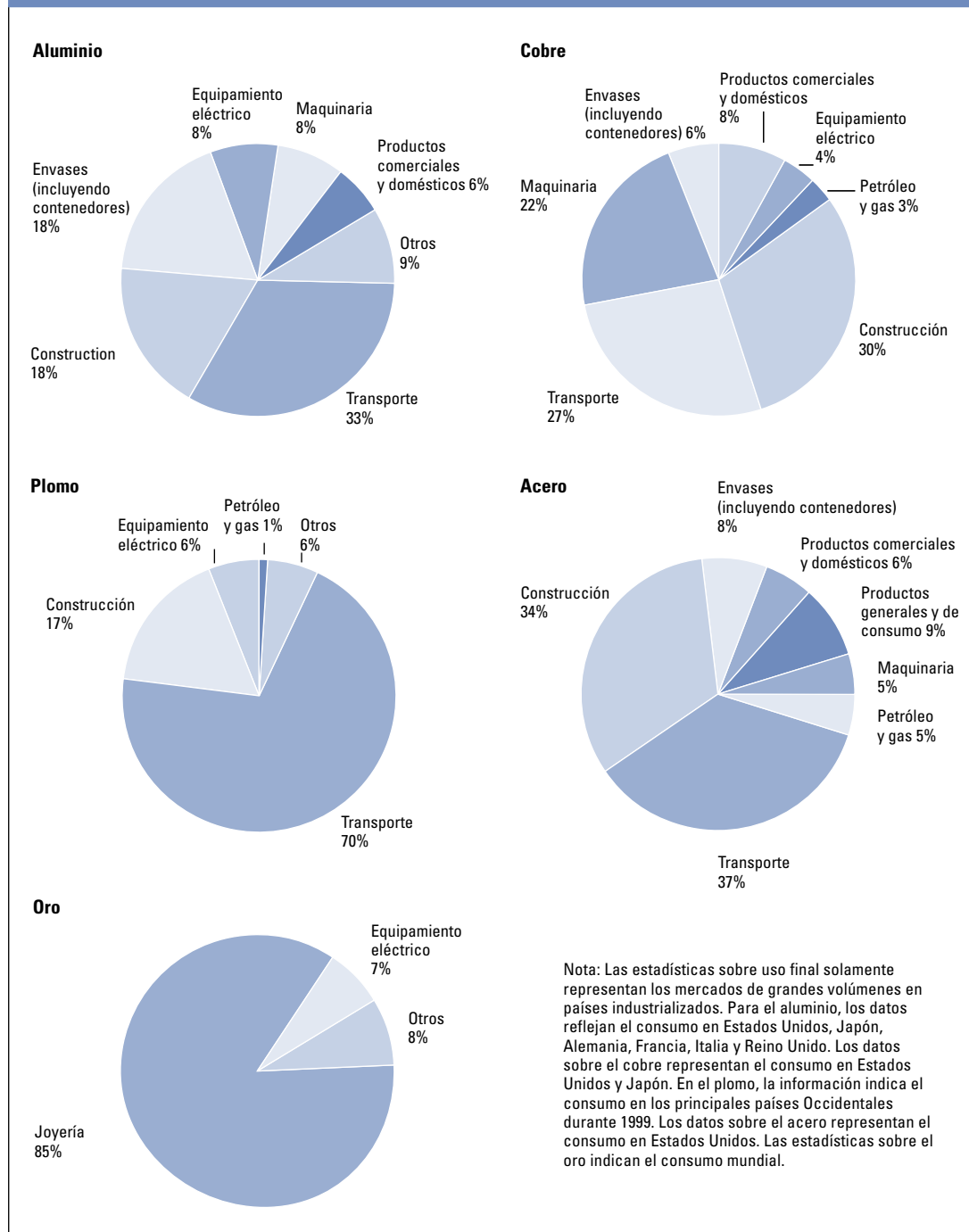
Industrias	Metales/materiales en competencia
<p><b>Transporte</b></p> <p>Vehículos motorizados</p> <p>Carcasas de aviones</p>	<p>El hierro fundido y el acero se utilizan en la construcción de vehículos motorizados. La necesidad de reducir el peso de los automóviles ha provocado la introducción del aluminio en la construcción de partes del motor y cada vez más en partes del chasis. El aluminio ofrece la misma o mejor resistencia con un menor peso en comparación con el acero, aunque el costo por tonelada del aluminio (cuatro o cinco veces más que el del acero) es prohibitivo. La respuesta de la industria del acero ha sido la demostración de que los automóviles pueden ser fabricados de acero y aun así lograr gran parte del ahorro de peso en relación con los automóviles que contienen altos porcentajes de aluminio. Otros materiales, como por ejemplo el magnesio y los plásticos de ingeniería, también entran en la competencia para ser utilizados en partes de automóviles.</p> <p>El aluminio obtuvo su primer mercado masivo cuando fue utilizado como alternativa a la madera de balsa en la elaboración de carcasas de aviones.</p>
<p><b>Telecomunicaciones:</b></p> <p>Cables</p>	<p>El cobre perdió parte de su mercado debido a la aparición de la fibra óptica, que actualmente es utilizada para nuevas instalaciones entre los principales centros. La fibra óptica se utiliza cada vez más en conexiones de ramales, pero el cobre sigue siendo el material preferido para la conexión con el usuario final. Los teléfonos móviles representan un nuevo desafío, ya que no necesitan cables.</p>
<p><b>Transmisión eléctrica</b></p>	<p>El aluminio compite con el cobre y ha ganado el mercado de los conductores aéreos. La menor resistividad del cobre, sin embargo, lo hace más eficaz como conductor en espacios restringidos. De allí que no tenga competencia en el cableado de viviendas y en los cables de potencia subterráneos.</p>
<p><b>Transmisión de calor</b></p>	<p>El <i>aluminio</i> compite con el cobre en este sector y, en particular, en los radiadores de automóviles, en los que se ha fomentado con éxito el <i>aluminio</i>. El plástico en la plomería también ha ganado alguna parte del mercado en perjuicio del <i>cobre</i> y el <i>latón</i>, principalmente sobre la base del precio.</p>
<p><b>Envasado</b></p>	<p>La <i>hojalata</i> fue el primer material utilizado en la elaboración de latas de cerveza. El <i>aluminio</i> paulatinamente realizó grandes avances en este mercado, al punto que eliminó la <i>hojalata</i> de este uso final en Estados Unidos y en gran parte de Europa. Fue un triunfo de mercadeo de la industria del aluminio, que vendió el concepto de que el aluminio es reciclable (también lo es la <i>hojalata</i>) y que las latas de aluminio son más livianas y mejores para el usuario. Recientemente, la <i>hojalata</i> ha recuperado una parte del mercado, en especial en Europa. El <i>PET</i> (un tipo de plástico) ha conseguido una parte del mercado de grandes contenedores, por la conveniencia de su uso, pero no puede ser reciclado de manera apropiada. Las botellas de <i>vidrio</i> pueden ser reutilizadas y tienen una preferencia tradicional en algunos países. <i>Papel, plástico y laminados</i> compiten con el papel de aluminio en sus aplicaciones de embalaje.</p>

**Tabla 5–2. Metales o Materiales que Compiten en Algunas Grandes Aplicaciones de Uso Final, continuación**

<b>Industrias</b>	<b>Metales/materiales en competencia</b>
<b>Construcción:</b>	
Techados	El <i>acero</i> galvanizado siempre ha sido considerado el más simple y económico de los metales usados en techos y paneles para la construcción. Tiende a ser reemplazado con otros productos de mejor aspecto o de mayor rendimiento técnico a medida que aumentan los ingresos. Este mercado es influenciado fuertemente por el clima, la tradición y las habilidades del mercado local de la construcción. La elección del material depende en parte de la voluntad del consumidor de pagar un precio mayor por un material más duradero. La elección también depende de la capacitación y las habilidades para trabajar con cada material que tenga el mercado local de la construcción. El <i>cobre</i> se utiliza ampliamente en Alemania y Europa Central, donde las nevadas son intensas. El <i>zinc</i> es el material por el que tradicionalmente se opta en Francia y Bélgica, mientras que el mercado del Reino Unido prefiere el <i>plomo</i> . Algunas opciones alternativas son las <i>tejas</i> , el <i>enlosado</i> y el <i>fieltro</i> .
Marcos de puertas y ventanas	El <i>aluminio</i> desplazó al <i>acero</i> y la <i>madera</i> en marcos de puertas y ventanas, pero recientemente ha perdido una parte del mercado para los marcos de ventana plásticos. Los factores decisivos son el diseño y el rendimiento del producto cuando es expuesto a variaciones de clima y temperatura.
Vivienda	El <i>acero</i> para estructuras compite con la <i>madera</i> en la construcción de viviendas residenciales. Se ha realizado una campaña para fomentar la construcción de casas con estructuras de acero, en especial en Estados Unidos, pero sin mayor éxito hasta la fecha.
<b>Monedas</b>	En algunos países, la elaboración de monedas de <i>aleación de cobre</i> se ha visto amenazada por el <i>aluminio</i> y el <i>zinc</i> y más ampliamente por el uso de billetes y/o documentos en lugar de monedas. El uso de <i>tarjetas de crédito</i> en lugar de dinero en efectivo también es una forma de sustitución.
<b>Baterías</b>	El <i>plomo</i> compite con otros materiales en la elaboración de baterías para automóviles eléctricos. La batería de ácido de plomo es grande, tiene una capacidad limitada (y por lo tanto un margen limitado) y requiere tiempo para ser recargada. Se están analizando varias tecnologías alternativas de fabricación de baterías para energía motriz de vehículos eléctricos, entre estas se incluyen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• células de combustibles de óxido sólido,</li> <li>• combinaciones de baterías celulares de combustible híbrido,</li> <li>• baterías de metal híbrido,</li> <li>• baterías aire–zinc y</li> <li>• baterías de ion de litio/polímero</li> </ul> Las células de combustible ofrecen los prospectos más prometedores, pero aún ninguna logra aceptación comercial en comparación con el plomo en cualquier escala superior. El plomo aún domina el mercado de baterías convencionales de arranque, iluminación y encendido, el principal mercado del plomo.
<b>Ingeniería</b>	En aplicaciones de ingeniería, la elección de materiales es determinada en parte por la tradición y la familiaridad, pero también en gran parte por los ingenieros de producción que trabajan en la selección de los materiales más eficaces en función de los costos y técnicamente apropiados para los componentes.

**Figura 5-3. Consumo de Metales por Uso Final, 2000**

Fuente: CRU Internacional



El reciclaje tiene un importante papel para desempeñar en la transición hacia el desarrollo sustentable. En el año 2000, se reciclaron 15,6 millones de toneladas de chatarra de aluminio en todo el mundo. La tasa de reciclaje es el porcentaje anual del material disponible para reciclar que es efectivamente reciclado.

Las tasas de reciclaje en la construcción y el transporte van de 60% a 90% en varios países. La industria del aluminio está trabajando con los fabricantes de automóviles para facilitar el desmantelamiento de las partes de aluminio presentes en los vehículos con el fin de mejorar la clasificación y la recuperación del aluminio. En 1997, se utilizaron más de 4,4 millones de toneladas de chatarra en el sector del transporte, mientras que el uso de aluminio en los automóviles aumenta cada año.<sup>4</sup> El crecimiento del envasado previsto para América del Sur,

**Tabla 5–3. Población y Consumo de Metales en Países Industrializados y en Transición, Per Cápita y como Porcentaje del Consumo Total, 2000**

	% de la Población mundial	Aluminio		Cobre		Plomo		Acero (1999)		Oro <sup>a</sup>	
		Kg./cabeza	% Consumo	Kg./cabeza	% Consumo	Kg./cabeza	% Consumo	Kg./cabeza	% Consumo	Kg./cabeza	% Consumo
<b>Países industrializados</b>											
Estados Unidos	4,6	22,3	24,4	10,9	19,7	6,1	26,6	458,2	16,2	1,0	7,3
Canadá	0,5	26,6	3,3	8,9	1,8	2,1	1,0	606,4	2,4	0,8	0,7
Europa Occidental	6,9	14,2	23,3	10,0	27,2	4,0	26,2	381,1	20,2	2,0	22,2
Japón	2,1	17,7	8,9	10,8	8,9	2,7	5,5	562,8	9,1	1,4	4,6
Australia	0,3	18,3	1,4	8,9	1,1	2,4	0,7	340,7	0,8	0,6	0,3
<i>Promedio/total</i>	<i>14,6</i>	<i>17,8</i>	<i>61,5</i>	<i>10,3</i>	<i>58,8</i>	<i>4,4</i>	<i>60,1</i>	<i>438,4</i>	<i>48,8</i>	<i>1,5</i>	<i>35,2</i>
<b>Países en transición</b>											
Corea del Sur	0,8	17,6	3,3	18,4	5,7	6,6	4,9	756,8	4,6	2,3	2,9
Taiwán	0,4	22,8	2,0	28,6	4,2	6,7	2,4	1112,3	3,2	3,5	2,0
Otros Asia SE	7,8	1,1	2,0	0,9	2,8	0,6	4,2	68,4	4,1	0,8	9,5
Ex URSS	4,8	3,1	3,5	0,8	1,5	0,5	2,2	90,0	3,3	0,2	1,4
Turquía	1,1	3,3	0,8	3,7	1,6	0,9	0,9	188,8	1,6	3,3	5,6
Europa del Este	1,8	6,5	2,8	3	2,1	1,8	3,0	193,5	2,7	0,1	0,4
América Latina	8,6	1,8	3,7	2	6,6	0,8	6,5	81,8	5,3	0,2	3,2
<i>Promedio/total</i>	<i>25,2</i>	<i>3,1</i>	<i>18,3</i>	<i>2,5</i>	<i>24,6</i>	<i>1,0</i>	<i>24,2</i>	<i>128,4</i>	<i>24,7</i>	<i>0,6</i>	<i>24,9</i>
<b>China e India</b>	38,8	1,9	16,6	1,0	14,1	0,3	11,5	74,4	21,5	0,4	23,4
<b>África, Medio Oriente y otros países de Asia</b>	22,4	0,7	3,6	0,3	2,7	0,2	4,2	9,3	5,0	0,5	16,5

<sup>a</sup> El consumo de oro se refiere solamente a la elaboración de oro y excluye cualquier inversión o demanda de acumulación.

Fuentes: Naciones Unidas, WBMS, IISI, CRU International

Europa y Asia (especialmente China) puede permitir el crecimiento en algunos sectores de la industria del reciclaje de chatarra. En el caso del plomo, entre 60 y 62% de la producción de plomo refinado de Occidente proviene de material reciclado. En Estados Unidos, se recicla 90% de las baterías usadas. Más de 50% de la producción de acero en los países industrializados proviene de materiales reciclados.

A pesar de las rápidas tasas de crecimiento y los grandes volúmenes consumidos en Asia, especialmente en China, el mayor consumo per cápita ocurre todavía en los países más industrializados.<sup>5</sup> En el año 2000, estos países registraron la mayor parte del consumo de metales, con sólo 14,6% de la población mundial. Aun en el caso del oro, en que a menudo se argumenta que los países en desarrollo juegan un papel fundamental como consumidores de joyas, el consumo per cápita en India está muy por debajo del consumo de Estados Unidos y el Reino Unido. El consumo de oro en joyas varía desde 31,5 gramos per cápita en Dubai hasta 4,0 grs. en Hong Kong, 1,5 grs. en Estados Unidos y el Reino Unido, 0,6 grs. en India y 0,1 grs. en China. El consumo nacional total llegó a 600 toneladas en India, el mayor entre todos los países de los cuales se tienen datos, y 409 toneladas en Estados Unidos, en contraste con 26 toneladas en Hong Kong o 41 en Dubai.<sup>6</sup>



Existe un consenso entre los analistas en que el consumo de aluminio y cobre continuará creciendo a las tasas históricas cercanas a 3%, al menos durante los próximos 5 a 10 años. Se prevé que la demanda de plomo aumente anualmente un 1,1% los próximos 5 años. Se espera que la demanda de acero crudo aumente de 1,8% a 2,1% por año.

Los pronósticos de consenso se basan invariablemente en la historia y un enfoque del futuro bajo las mismas condiciones del presente, por lo cual a menudo se equivocan. Si los países en transición y en desarrollo alcanzaran un mejor estándar de vida, sin contar con algunos cambios drásticos como el desarrollo de alternativas para las baterías de plomo, el consumo mundial de plomo podría aumentar considerablemente. Si 6 mil millones de personas en el mundo consumieran 4,4 Kg. *per cápita* como normalmente ocurre hoy en las economías industrializadas, la demanda mundial sería de 26,4 millones de toneladas –más de cuatro veces la producción mundial actual. Defensores de la energía renovable han sugerido durante mucho tiempo que los países que carecen de redes de energía establecidas pueden electrificar de un modo más eficaz mediante generación descentralizada basada en energía eólica o fotovoltaica. Esto podría generar una demanda creciente de baterías, que hoy en día son mayoritariamente de plomo.

El apetito por el acero de China fue generado por la continua inversión en construcción e infraestructura durante la década pasada. Entre la inmensa población china existe todavía una demanda potencial extremadamente grande de automóviles y artículos de consumo. El aumento de los ingresos personales y la sostenida inversión en infraestructura podrían mantener al alza por algún tiempo la demanda total de acero de este país.

La economía del reciclaje se menciona en varios estudios de casos de metales. Desde una perspectiva social, los costos incluyen el costo que tiene para la sociedad el hecho de conseguir vertederos, manejarlos de manera apropiada, recolectar el material y transportarlo hasta estos sitios. En algunos casos se agregan los costos de remediar problemas ambientales cuando las prácticas de eliminación de desechos han sido inadecuadas. Estos costos con frecuencia no son internalizados en los precios de los productos o no se reflejan cabalmente en el precio de la chatarra. Este ha sido un argumento de las iniciativas gubernamentales para fomentar un mayor reciclaje.

También se debería recordar, que gran parte del reciclaje es realizado por personas o empresas pequeñas, o en países en que no se reportan apropiadamente las informaciones, por lo que los datos sobre sus actividades son a menudo incompletos. Todo lo anterior hace muy difícil definir la tasa precisa de reciclaje.

La investigación se ha centrado en los hábitos y preferencias de los consumidores en los países más ricos, ya que allí se encuentran los mercados más grandes. Se tiene poca información sobre el uso de los metales por personas de escasos recursos –aunque en términos generales es claro que tienen menos productos de metal en comparación a personas más pudientes. Si sus ingresos suben, como lo requiere el desarrollo sustentable, es difícil saber cuáles serían sus prioridades al gastar ingresos adicionales o qué nuevos usos de metales o de otros minerales considerarían más útiles para mejorar su calidad de vida. Esta debería ser una importante prioridad de investigación.

### **Acero**

Las cualidades inherentes del acero son su resistencia y la facilidad con la que se le puede dar “forma” o laminar en una amplia variedad de moldes y formatos. La capacidad de proteger el

acero de la corrosión mediante un baño de zinc o estaño también ha extendido grandemente las aplicaciones del acero.

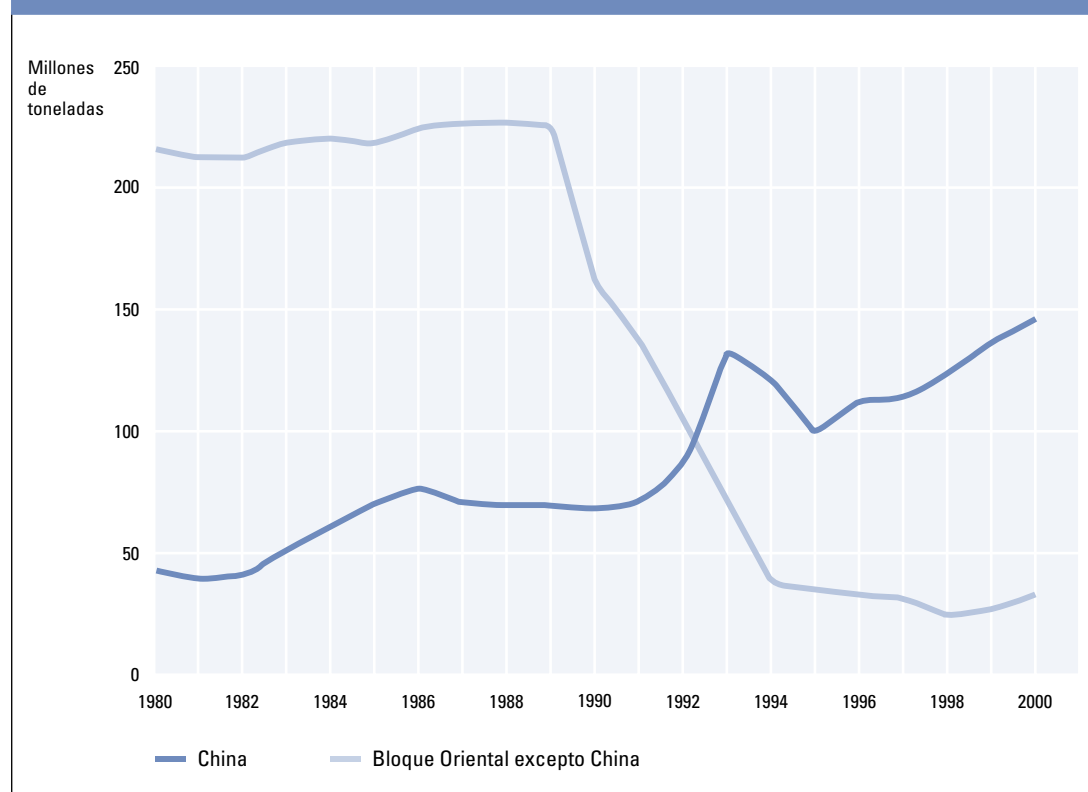
La extracción del mineral de hierro y los varios otros metales que son aleados con el acero, y del carbón utilizado en la elaboración de este, junto al transporte de enormes cantidades de estos materiales y la fabricación de acero en productos finales, convierten claramente al acero en la mayor fuente de empleo directo e indirecto de todos los metales. Ha sido considerado la clave de la industrialización de las economías. Dado que las tecnologías modernas en varias etapas de la cadena de valores requieren menos mano de obra, la baja del empleo en esta industria es un gran problema político en algunas regiones, y el acero se ha convertido en un tema central de las preocupaciones del comercio mundial.

El consumo de acero está estrechamente relacionado con el desarrollo económico general. Es interesante destacar, sin embargo, que no existe nada que indique que el consumo de acero comenzará a disminuir en los países industrializados que cada vez son más dependientes de los servicios que de la fabricación. Hasta el momento, parece que el acero es consumido en una proporción marginal que no disminuye de manera importante en relación con los ingresos.

En 1985, el Bloque Oriental consumió 40% del total mundial de acero. (Ver Figura 5–4.) En 1995 esta cifra había caído a 18%, una muestra de los resultados contrapuestos logrados por los sistemas económicos capitalista y comunista. Otro acontecimiento importante en los mercados mundiales del acero es el aumento del consumo en China. Esta es una sorprendente ilustración de la relación entre el desarrollo económico y el consumo de acero; China se ha convertido en el mayor fabricante de acero del mundo, algo difícil de imaginar hace algunas décadas.

**Figura 5–4. Consumo de Acero Crudo en el Bloque Oriental y China, 1980–2000**

Fuente: CRU Internacional



El acero puede ser reciclado fácilmente en las mismas instalaciones de producción utilizadas para elaborar este producto a partir de materias primas. Las aleaciones de acero más complejas (como el acero inoxidable) son recicladas en las industrias de aleación. El reciclaje de chatarra de acero tiene un papel importante y cada vez mayor en la producción de acero. Toda chatarra de acero es potencialmente reciclable y los principales procesos de producción dependen en gran medida de la disponibilidad de chatarra como materia prima.

En la elaboración de acero con horno de arco voltaico (EAF), la chatarra es la principal fuente de hierro. Otras materias primas utilizadas en el proceso EAF son hierro reducido directo/briquetas de hierro caliente (DRI/HBI, en inglés) y hierro en lingotes. La elaboración de acero con el proceso EAF ha ido en aumento como porcentaje de la capacidad de elaboración total y se espera que esto continúe. En muchos países tiene la ventaja de requerir menor capital y costos de operación más bajos que los altos hornos y convertidores de oxígeno básicos. El proceso EAF también es ambientalmente más aceptable.

El volumen de chatarra utilizada por tonelada de producción de acero varía según la región, la penetración del proceso EAF y la disponibilidad de DRI/HBI. Según informaciones recientes: en América del Norte se consumieron 792 Kg. de chatarra por tonelada de acero producida; en Europa Occidental, la cifra llegó a 554 Kg. por tonelada de acero crudo; en Asia del Este y el Sudeste se consumieron 523 Kg.; y, en otros países occidentales, 457 kg. En otras palabras, bastante más de la mitad del total de la materia prima utilizada en la producción de acero crudo en el mundo occidental proviene de chatarra y el porcentaje de chatarra usada en la producción total aumenta cada vez más. En Rusia, China y Europa del Este, la cifra es mucho más baja por que, hasta la fecha, la producción EAF no ha logrado mayores avances.

El uso de chatarra es más intensivo en donde es más abundante. Los costos de transporte constituyen una parte importante del precio final y la economía de la producción de acero EAF mejora considerablemente si el fabricante dispone de un buen suministro de chatarra local. Las mayores fuentes de chatarra suelen estar en los principales núcleos de población y de industria pesada. Las economías industriales suelen ser así los principales generadores de chatarra, lo cual explica porqué Estados Unidos adoptó la producción EAF más fácilmente. Las regiones en desarrollo como Asia del Sur y del Este generan menores cantidades de chatarra obsoleta y por lo tanto dependen en mayor medida de la producción en altos hornos o de importaciones de chatarra para la producción de acero EAF.

Dado el rol vital de la chatarra en la industria manufacturera del acero y la importancia del comercio de chatarra para compensar los excedentes y déficit locales de disponibilidad de chatarra, los gobiernos deberían asegurar que no harán nada que pueda dificultar el libre traslado de chatarra. A este respecto, las recomendaciones del Convenio de Basilea sobre traslado de desechos peligrosos deben ser revisadas cuidadosamente para asegurar que no impidan el traslado de chatarra de acero adonde se le puede dar un uso óptimo.

### **Aluminio**

El aluminio se produce comercialmente sólo hace 146 años y aún es un metal joven. Con todo, hoy en día se produce más aluminio que todos los otros metales no ferrosos juntos. Se presta poca atención al exceso de consumo de aluminio, si se la compara con el interés en la reacción del consumidor al uso excesivo de envases, que no son recuperados ni reutilizados. Se sabe relativamente poco con respecto a la forma como las personas con ingresos muy

bajos utilizan el aluminio o cuáles de sus requerimientos más urgentes están insatisfechos.

La mayoría de la producción de aluminio está en manos de un grupo relativamente reducido de grandes empresas; es bastante fácil medir el empleo directo en la industria, simplemente examinando las planillas de estas empresas. Como con todos los minerales, es mucho más difícil determinar la cantidad de personas cuya subsistencia depende en forma indirecta de este producto.

La producción de aluminio y sus minerales es importante para varias economías nacionales, como las de la India y Jamaica.

El uso generalizado del aluminio se debe a varias características específicas:

- Posee una excelente relación peso/resistencia (la que puede ser mejorada mediante aleación), que justifica su uso en aeronaves y otros medios de transporte.
- Es un eficaz conductor de electricidad.
- Se le puede dar forma mediante laminado en planchas u hojas tan delgadas como 7 milésimas de milímetro, de modo que puede ser estirado, fundido o vaciado en una amplia variedad de moldes.

Aun así, no existe uso final para el que el aluminio sea indispensable, aunque es difícil imaginar que otro material consiga introducirse con tanto éxito en la fabricación de carcasas de aeronaves. El aluminio posee un sólido potencial de reciclaje en casi todas sus aplicaciones de uso final. Sus redes de reciclaje y sistemas de recolección podrían servir de modelo para otros metales utilizados en grandes cantidades. El volumen destinado a usos dispersivos –como las tapas de envases de yogur o fuegos artificiales– es comparativamente pequeño.

La gran pregunta que rodea el uso y la necesidad del aluminio es un asunto del lado del abastecimiento: la energía requerida para producir una tonelada de aluminio primario (13.000–14.000 Kw/h.). La energía que se necesita para reciclar chatarra de aluminio es un 5% de ésta. Claramente, desde una perspectiva de eficiencia energética, es mejor satisfacer la creciente demanda con material reciclado.

La industria del aluminio ha concitado, sin duda, la preocupación de las comunidades con respecto a los recintos mineros. Un ejemplo reciente es Kashipur, región de Orissa, en India. Pero las más difundidas áreas de conflicto con los valores del desarrollo sustentable se refieren al uso de energía, la creación de nuevas fundiciones y la capacidad eléctrica para ponerlos en funcionamiento, a menudo a través una propuesta de desarrollo hidroeléctrico. Algunos ejemplos recientes son la propuesta de Karahnukar Hydro, en Islandia, un proyecto en el estado de Orissa, en India, y otro proyecto propuesto en el sur de Chile.<sup>7</sup>

Aunque no es propósito de este informe entrar con detenimiento en el debate sobre el clima, es fundamental destacar simplemente que la actual preocupación por este tema centra y centrará su atención en todas las formas de uso de energía, entre las cuales la fundición de aluminio primario es una de las más importantes. Es posible que la energía hidroeléctrica, en especial en climas cálidos, no sea una fuente energética libre de carbono, como fue descubierto por la Comisión Mundial de Represas.<sup>8</sup>

La cuestión de la energía y la diferencia en el consumo de energía entre las fuentes primarias y secundarias hacen que gran parte del debate sobre el aluminio dirija su atención al reciclaje.

### *El Reciclaje de Aluminio*

Casi todo producto de aluminio puede ser reciclado con rentabilidad al término de su vida útil, sin pérdida de la calidad del metal ni de sus propiedades. En diversos países, se han creado organizaciones con el propósito específico de fomentar el reciclaje de aluminio, en especial latas y papel de aluminio. Muchos países también disponen de leyes que regulan los materiales de envasado y el reciclaje.

El reciclaje de aluminio implica la recolección de chatarra, la separación de otros materiales tales como plásticos u otros metales, para luego fundirla y vaciarla en una forma que pueda servir como insumo en el proceso de semielaboración. Hay dos fuentes de chatarra de aluminio:

- La chatarra nueva se genera durante los procesos de fabricación en forma de cortes, recortes y astillas. Por lo general, la chatarra vuelve rápidamente al proveedor para ser reprocesada o es reprocesada por la empresa que la genera.
- La chatarra posconsumo se genera cuando la vida útil de un producto compuesto de aluminio llega a su fin y es descartado o desmantelado. La vida útil de los productos puede durar algunas semanas (latas de bebidas), 10 a 15 años (automóviles) o 30 a 50 años (edificios). Algunos productos, en especial el papel y el polvo de aluminio, son difíciles de recuperar una vez utilizados.

Para reciclar aluminio, se requiere de un sistema de recolección e instalaciones de reprocesamiento. Estos sólo serán implementados cuando exista la concentración de metal en uso necesaria para generar chatarra en volúmenes lo suficientemente grandes para justificar la inversión. El porcentaje del reciclaje de aluminio, por lo tanto, es determinado por la tasa de fabricación (en el caso de chatarra nueva) o del descarte de productos (en el caso de chatarra vieja). Debido a que el uso de metal está creciendo, la cantidad de metal en uso aumenta constantemente y la mayoría puede ser reciclado. (Ver Figura 5-5.)

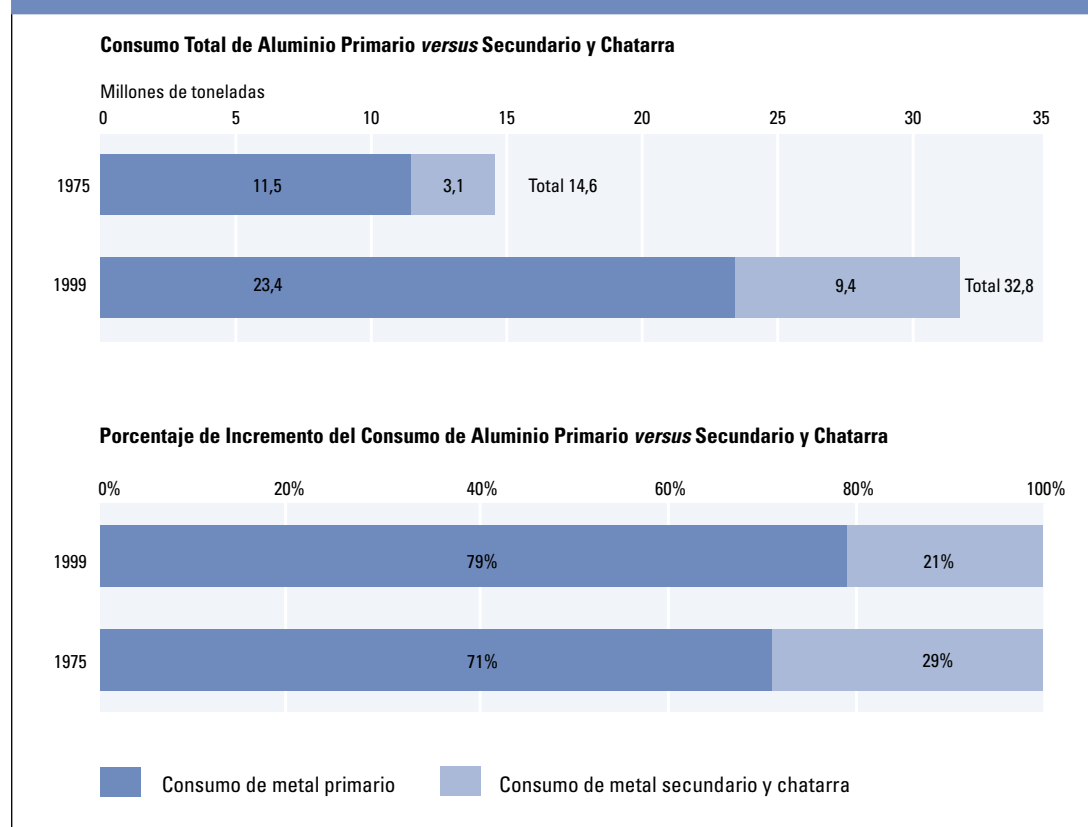
Existen importantes diferencias regionales en las tasas de reciclaje. En América del Norte, tanto como 35% del total del consumo de aluminio proviene de fuentes secundarias (principalmente de latas de bebidas); en Europa Occidental, es un 31%, pero en Asia es sólo un 25%.

En general, el consumo secundario es más bajo en regiones donde el consumo de aluminio ha aumentado rápidamente en los últimos años. Además, cuando es utilizado en líneas de energía y en la construcción de edificios, es poco probable que el aluminio se transforme en chatarra antes de varios años. En lugares donde la recolección de chatarra es ineficiente o no existe, la recolección para el consumo secundario se mantiene baja. En donde el consumo de metal ha sido relativamente alto durante varios años, como en Europa Occidental o América del Norte y donde los centros de consumo están más concentrados, los sistemas de recolección generalmente están mejor organizados. En Estados Unidos, 80% de la materia prima utilizada para la producción de latas es chatarra; en Europa Occidental, la cifra es de 50%.<sup>9</sup>

El análisis económico del reciclaje indica que existe un importante (si bien variable) margen disponible para remunerar la cadena de recolección de chatarra. Las empresas que generan chatarra de aluminio nueva tienen el incentivo económico de obtener dinero de lo que de otro modo sería un producto de desecho, en especial si los costos de recolección son bajos. Para la chatarra vieja, la rentabilidad de recolección es mucho más compleja.

**Figura 5-5. Consumo Total y Porcentaje de Aluminio Primario versus Secundario, 1975 y 1999**

Fuente: CRU International



Un punto decisivo en el reciclaje eficaz del aluminio es la forma como se lo utiliza en las diversas aleaciones. El aluminio se puede ser reciclado en un producto más valioso si es clasificado por aleación. No resulta difícil separar diversas aleaciones cuando se trata de chatarra nueva generada en procesos industriales. Sin embargo, cuando se trata de chatarra vieja, en especial la recolectada de autos triturados o artículos domésticos, es más difícil separarla por aleación. Aunque es posible separar los distintos metales presentes en un automóvil (acero, zinc, cobre y aluminio, por ejemplo), no ha habido un proceso comercial para clasificar la chatarra según aleación. Ante la falta de dicho proceso, la chatarra que presenta varias aleaciones distintas solamente puede ser reciclada como una aleación de ley de fundición, producto de valor relativamente bajo. Un desarrollo reciente de Alcan Aluminium promete hacer posible separar por aleación la chatarra triturada, proceso que también puede ser desarrollado por otras empresas.<sup>10</sup>

#### *Principales Temas de Políticas con respecto al Futuro del Reciclaje de Aluminio*

Muchos países disponen de legislación para regular los materiales de envasado y su reciclaje. Varios estados de Estados Unidos han fijado las tasas de reciclaje para todos los envases de bebidas, mientras que otros exigen que los materiales de envasado contengan porcentajes mínimos de materias primas recicladas. Japón se propuso reciclar 70% de las latas de aluminio en 2000 y 80% en 2002.

La Directiva sobre Envasado y Desechos de la Unión Europea estipuló que en 2001 los países miembros debían haber recuperado entre 50 y 60% del material de envase usado, que las tasas de reciclaje debían alcanzar de 24 a 25% y que ningún material debía tener tasas de reciclaje inferiores a 15%. En la práctica, la industria de latas de aluminio cumple ampliamente con estos objetivos, aunque el papel de aluminio es reciclado por lo general en porcentajes muy bajos.

La deficiente aplicación de las regulaciones dificulta la recolección y el reciclaje de chatarra. Acertadamente se aplican controles ambientales a la industria de fundición secundaria, que puede provocar grave contaminación. Pero estas regulaciones no son aplicadas del mismo modo en todas partes, por lo cual las reglas de juego no son justas para los que las respetan. En lugares donde las regulaciones sobre desechos no diferencian apropiadamente entre el material para desecho final y las materias primas de la industria del reciclaje, esto puede crear importantes costos administrativos.

La intervención gubernamental para aumentar el reciclaje a menudo es más eficaz si se centra en los beneficios, cuando los ingresos no son ningún incentivo apropiado para el reciclaje comercial. Estos beneficios pueden asumir distintas formas, desde internalizar el costo del desecho a productores y vendedores, establecer depósitos reembolsables sobre los productos y proporcionar a los ciudadanos centros de recolección más baratos y convenientes.

Debido a su integración vertical y a los incentivos del mercado para recuperar material, el aluminio es una industria fértil para desarrollar conceptos más avanzados de supervisión de productos, los que de hecho parecen estar surgiendo.

### **Cobre**

El cobre es uno de los metales que ha sido utilizado por más tiempo. Ha sido un material importante en el desarrollo de la civilización, debido a su gran ductilidad, maleabilidad, conductividad térmica y eléctrica y resistencia a la corrosión. El cobre se ha vuelto un importante metal industrial ubicándose en tercer lugar en volumen, tras el acero y el aluminio. El cobre es de gran utilidad en la generación y transmisión de energía, el cableado de edificios y las telecomunicaciones. Tiene un mercado prácticamente sin competencia para el cableado residencial y las líneas subterráneas de energía. Los usos del cobre más difíciles de sustituir pueden ser los motores y la electrónica. Las inversiones en producción y distribución de energía y sistemas telefónicos han dado un impulso decisivo al consumo de cobre.

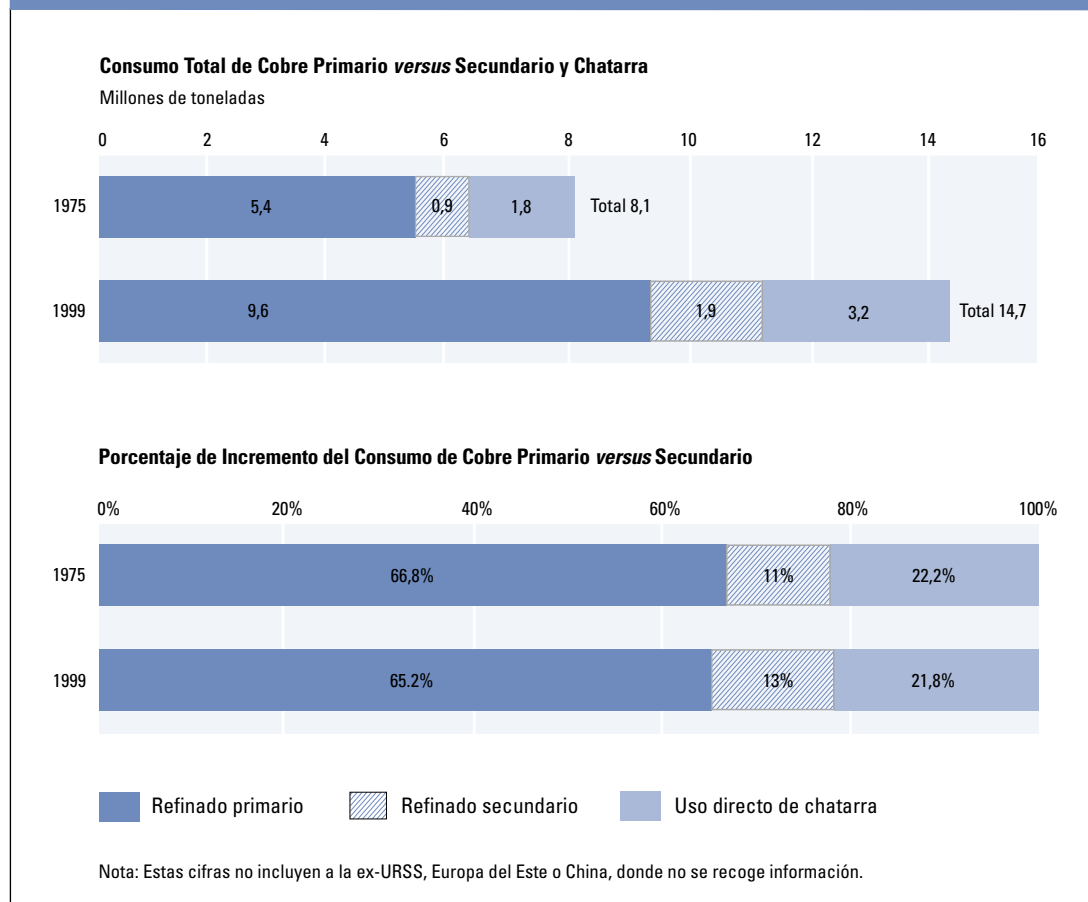
Como con todos los minerales, se sabe poco con respecto a los usos actuales que dan al cobre las personas en extrema pobreza, o sobre cuáles necesidades podrían satisfacer con productos del cobre si sus ingresos se lo permitieran. Parece bastante probable pensar que sus demandas inmediatas podrían incluir energía eléctrica y el uso de más artefactos eléctricos. El abastecimiento de electricidad a los pobres del mundo provocaría sin duda una mayor demanda de cobre.

Mientras las fundiciones de aluminio a menudo dependen de la energía hidroeléctrica, la fundición de cobre se lleva a cabo mayormente por medio de técnicas pirometalúrgicas que pueden producir importantes emisiones de óxidos de azufre, arsénico u otros contaminantes en el aire. Esto ha sido una gran fuente de preocupación de las comunidades locales y otros actores sociales; regulaciones de calidad del aire cada vez más rigurosas son algunos de los factores que han provocado la baja de la producción de cobre en países como Estados Unidos.<sup>11</sup> Ha sido una fuente de problemas desde las fundiciones de Perú hasta Zambia.<sup>12</sup> Aunque gran parte de la industria ha realizado importantes avances en el control de la contaminación y existen tecnologías de extracción alternativas que están ganando un lugar en el mercado, ésta es aún un área en donde la industria del cobre a escala mundial enfrenta un desafío para sus operaciones.

Existen dos vías principales por las cuales se recicla cobre. La chatarra de cobre libre de

**Figura 5–6. Consumo Total y Porcentaje de Cobre Primario versus Secundario, 1975 y 1999**

Fuente: CRU Internacional



materiales de aleación (incluye la chatarra de aleación contaminada o ‘sucia’) es refinada en fundiciones secundarias para producir cobre puro refinado (absolutamente equivalente al cobre refinado producido a partir de minerales y concentrados). La chatarra de aleación limpia (de la que la chatarra de latón es un componente mayoritario) es reciclada en la misma aleación por fabricantes de productos semielaborados. (Ver Figura 5–6.)

El suministro de cobre secundario es sensible al precio del cobre en el corto plazo. Los bajos precios del metal provocan la acumulación de chatarra vieja en la cadena de recolección. La chatarra nueva es reciclada con independencia del precio. La caída de la ex Unión Soviética también ejerció una importante influencia en el abastecimiento de chatarra de Europa Occidental durante la última década, ya que Rusia exportaba grandes volúmenes de chatarra a Alemania y otros países de Europa Occidental. En 2000, el gobierno ruso tomó medidas para restringir y finalmente terminar con las exportaciones, con el objetivo de retener en la industria rusa estas valiosas materias primas. El cambio en la política rusa ha hecho que sea más difícil determinar el volumen total de cobre reciclado, ya que el uso directo de chatarra no se registra ni se publica en este país.

Aunque una parte del cobre secundario puede ser procesada utilizando algunas tecnologías primarias de fundición, las dos no siempre son totalmente compatibles. No siempre es necesario someter la chatarra a todo el proceso primario.

Los costos de la fundición secundaria varían según el tipo de chatarra que se compra. La chatarra pura y de alta ley puede ser procesada en hornos de ánodos y luego refinada



mediante electrólisis, mientras que la chatarra compleja de baja ley primero debe ser fundida para producir cobre blister. A diferencia de la fundición secundaria, los costos del paso siguiente —el refinado— son menos variables y comparables directamente con el costo de refinado del cobre primario.

La rentabilidad de una fundición secundaria depende en gran parte de su capacidad para conseguir chatarra a precios convenientes. Las que son capaces de extraer otros metales además del cobre (como estaño, zinc o metales preciosos) pueden tener cierta ventaja.

El alto valor intrínseco del cobre siempre asegura que la chatarra vieja tenga algún valor, a menos que se genere en cantidades muy pequeñas, en lugares apartados de instalaciones de reciclaje, o que se presente en concentraciones muy bajas en otros materiales, como las ferroaleaciones. La chatarra nueva es reciclada rápidamente, ya que representa una fuente inmediata de ingreso para las plantas que la procesan.

En general, el cobre y sus aleaciones se reconocen fácilmente y por lo tanto es poco probable que sean desperdiciados cuando están disponibles para ser reciclados. Se utiliza muy poco cobre en polvo o sulfato, formas en que se dispersa y jamás puede ser recuperado.

La legislación obligando a los fabricantes a asumir la responsabilidad de reciclar sus productos al final de su vida útil podría aumentar las tasas de reciclaje, en especial si impulsa cambios en el diseño del producto. El comercio de algunos tipos de chatarra de cobre puede verse afectado por regulaciones nacionales introducidas como parte del Convenio de Basilea. (Ver Capítulo 11.)

### **Plomo**

El plomo es un metal de color gris azulado, muy resistente a la corrosión, denso, dúctil y maleable, que ha sido utilizado por lo menos durante 5000 años. En algunos países, sin embargo, problemas ambientales y de salud han reducido o eliminado su uso en revestimientos de cables, aditivos para gasolina, soldadura, munición y pigmentos.

El plomo se ha utilizado por ejemplo, en la fabricación de caños de agua desde los tiempos del Imperio Romano, pero la nueva tubería no utiliza más este metal. En los años 60 y 70, hubo también una demanda de plomo para recubrir cables eléctricos con propósitos de aislamiento y de protección en general. Factores tecnológicos, junto con el costo del plomo, han provocado la desaparición de este mercado, exceptuando los casos en que el cableado requiere protección especial (debajo del agua). La munición de plomo utilizada en aplicaciones deportivas ahora es menos popular desde que se ha reconocido que se puede acumular en playas y pantanos y puede envenenar las aves de caza y otras aves que habitan en estas áreas. La soldadura de plomo ha perdido un mercado en la fabricación de latas de alimentos por el peligro de contaminación del contenido del envase. El plomo también fue muy utilizado en la fabricación de pinturas, sin embargo, esta aplicación prácticamente ha desaparecido, al menos en Europa y América del Norte, donde ha sido expresamente prohibida para usos en interiores.

En los años 60 y 70 era normal añadir plomo tetraetílico a la gasolina para mejorar el funcionamiento de los motores de combustión. Este uso final también ha desaparecido. La dispersión de partículas de plomo en los gases emitidos por los tubos de escape es peligrosa. Actualmente, y con el propósito de evitar otras emisiones dañinas, los tubos de escape son

depurados con catalizadores que contienen platino o paladio. El plomo presente en la gasolina contamina estos catalizadores, por lo que fue eliminado para que estos pudieran funcionar. (Ver Capítulo 10.)

El resultado es que las baterías de ácido de plomo –la mayor aplicación y hasta la fecha sin competencia– se han convertido en el uso final más importante de este metal, alcanzando casi un 75% del consumo (en países donde es medido y registrado). Existen algunos usos distintos en los que el plomo puede ser una alternativa atractiva, como el blindaje contra la radiación.

Los fabricantes de baterías compran plomo refinado y lo aplican directamente a las baterías para venderlas a los fabricantes de automóviles (en el caso de baterías de equipamiento original) o al comercio minorista (baterías de recambio). Aunque existe un comercio internacional de baterías y automóviles nuevos con baterías, existe menor discrepancia entre la ubicación del consumo informado y la del consumo final de los productos con plomo que la existente para otros metales no ferrosos.

La demanda de plomo está estrechamente relacionada con la demanda de vehículos motorizados, que continúa en aumento en todo el mundo. El uso de plomo tanto en baterías nuevas como de recambio, por lo tanto, continúa aumentando y representa casi el total del incremento del uso de plomo. Fue compensado en los años 60 y 70 por una reducción gradual del tamaño y el peso de las baterías utilizadas en el encendido, arranque e iluminación de los automóviles. Pero en los últimos veinte años el peso promedio de una batería de automóvil se ha estabilizado en 10,5 Kg. aproximadamente.<sup>13</sup>

La pregunta de si existe un ‘exceso de consumo’ de plomo por los consumidores de mayores ingresos está estrechamente ligada a la pregunta de si estos mismos consumidores están desperdiciando o utilizando en exceso los vehículos, ya que el plomo para las baterías de automóviles es el principal uso del producto. No corresponde a este estudio considerar algún subsidio perverso para promover el uso de automóviles, ni mejores y menos dañinas alternativas de transporte o las consecuencias de una posible expansión de la adquisición de automóviles en países densamente poblados como China e India.<sup>14</sup>

La existencia o no de un ‘subconsumo’ de plomo también es bastante simple, dado su rol determinante en las baterías de almacenamiento eléctrico. La pregunta es en qué medida la capacidad de almacenar electricidad representa una prioridad para las personas con ingresos muy bajos. (Ver Cuadro 5–1.)

Aunque el plomo difícilmente se encuentra libre de los problemas que ocurren en el yacimiento, la fundición o la refinación y que son comunes a la mayoría de los productos minerales básicos, los aspectos decisivos que determinarán el futuro de este producto se vinculan con el uso y la preocupación sobre si podrá ser manejado con seguridad en los lugares en donde es usado. El resultado de las tendencias identificadas hasta ahora ha sido limitar el uso del plomo a aplicaciones en que sea posible recolectarlo y reutilizarlo o reciclarlo sin que se produzca una pérdida importante del mineral en el medio ambiente y donde no pueda ser reemplazado apropiadamente. Las baterías tienen la ventaja de ser fácilmente reciclables y constituir una fuente importante de materia prima para la industria de fundición y refinación del plomo. Con el tiempo los usos dispersivos serán identificados y prohibidos. El uso del metal estará limitado a aplicaciones en que se puedan alcanzar altas y eficaces tasas de recuperación, reutilización y reciclaje.

El plomo tiene la mayor tasa de reciclaje de todos los metales industriales. En los países en desarrollo, las tasas de reciclaje y recuperación de la mayoría de los materiales tienden a ser altas. Si se eliminan los usos dispersivos, como lo están haciendo la mayoría de los países con la gasolina con plomo, la mayor parte del plomo en uso podría ser recuperada y reciclada.

El reciclaje de plomo se ha convertido en una operación eficiente pero no muy rentable en la mayoría de los países industrializados. El plomo es un coproducto de varios otros metales, como por ejemplo el zinc. Por tanto, es inevitable que se produzca plomo cuando se extraen y procesan estos minerales, y es probable que esta disponibilidad de plomo de producción primaria de bajo costo continúe limitando el precio del plomo recuperado o secundario.

Debido a que las baterías representan un alto porcentaje del uso total de plomo, constituyen una fuente fácilmente identificable de chatarra. Sin embargo, su disponibilidad no se produce en grandes volúmenes, sino de una en una, de las manos de cada dueño de vehículo. En varios países, actualmente existe algún tipo de legislación que requiere y fomenta la recolección y reprocesamiento de baterías usadas. En Estados Unidos, por ejemplo, las personas que compran una batería de repuesto tienen un descuento si entregan la batería usada o efectúan un pago adicional si no lo hacen. El valor intrínseco del plomo en la chatarra de batería no es mucho; sin embargo, y ante la ausencia de otro incentivo, las baterías usadas pueden ser simplemente desechadas. Hay una buena razón para crear y fortalecer los incentivos para que el automovilista entregue las baterías usadas, tanto para evitar el abandono de un material potencialmente peligroso como para reducir la necesidad de producción de plomo primario.

Muchos fabricantes de baterías organizan su propio sistema de recolección de baterías usadas en talleres mecánicos y otros puntos de venta al detalle. Luego convierten las baterías usadas en plomo con un fundidor secundario. De esta manera, los fabricantes de baterías compiten en cierto sentido con la industria recolectora de chatarra. El resultado es que se recolecta y reprocesa un alto porcentaje de baterías usadas.

La chatarra de batería es un recurso valioso para el fabricante de baterías, ya que se genera localmente y puede ser convertida fácilmente en metal refinado. Con este propósito, algunas empresas fabricantes operan sus propias plantas de fundición secundaria.

La fundición secundaria es llevada a cabo principalmente en fundiciones secundarias exclusivas, pero algunas fundiciones, mayoritariamente en Europa, procesan una carga mixta

### Cuadro 5-1. Baterías para Sistemas Eléctricos Descentralizados

En julio de 1997, International Lead Zinc Research Organization, Solar Energy Industries Association y el Ministerio de Energía y Minas del Perú firmaron un Memorando de Entendimiento para diseñar e instalar sistemas pilotos mixtos de suministro de energía en regiones remotas con el fin de abastecer electricidad durante las 24 horas del día a comunidades alejadas. Los sistemas incorporan energía solar, grupos diesel-eléctricos existentes, baterías avanzadas para almacenar y abastecer energía y generadores de energía de última generación.

Financiado por la industria, y por varios organismos gubernamentales nacionales e internacionales, el proyecto debía finalizar en junio de 2002. Su objetivo es apoyar el desarrollo sustentable de comunidades rurales en áreas pobres a lo largo de la parte peruana del Río Amazonas, que en la actualidad disponen de escasa o nula electricidad, suministrando la electricidad necesaria para aumentar las actividades generadoras de ingresos. Entre los beneficios esperados se incluyen la reducción de los costos del combustible diesel, la disminución del daño ambiental ocasionado por emanaciones y derrames de combustible en esta sensible área, la disponibilidad de energía eléctrica las 24 horas del día y mejorar la calidad de vida y las actividades económicas.

Fuente: ILZRO

primaria y secundaria. No existe falta de capacidad de fundición secundaria y no se espera que se produzca en el mediano plazo. Algunos productos de plomo, tales como las antiguas láminas, son reciclados sin necesidad de fundición y pueden ser refusionados y reutilizados directamente.

Las reglamentaciones del Convenio de Basilea pueden constituir un obstáculo para el reciclaje de plomo. (Ver Capítulo 11.) El objetivo de estas regulaciones es impedir el traslado de desechos peligrosos a través de las fronteras para evitar el vertimiento de estos desechos en países con controles ambientales débiles o mal aplicados. Sin embargo, puede evitar el traslado de chatarra, como es el caso de las baterías usadas, acción posiblemente peligrosa, pero que es también un recurso valioso para la industria del reciclaje.

### Oro

El oro se destaca por su versatilidad. Es maleable y dúctil, excelente conductor de calor y electricidad, no se oscurece y es resistente a todo excepto a los ácidos más poderosos. Estas propiedades hacen que el oro sea de mucha utilidad en diversas aplicaciones industriales, aunque es usado moderadamente debido a su costo. El oro cumple un rol que ninguno de los minerales estudiados en este capítulo desempeña: es el mineral más importante por ser utilizado como reserva de valor. Hasta hace poco, respaldaba las principales reservas de divisas y aún es utilizado como reserva de activos por varios bancos centrales. Sigue siendo la reserva de riqueza personal preferida en muchas partes del mundo. Es altamente valorado como material decorativo, y de lejos su mayor aplicación es en las joyas, algunas de las cuales cumplen con el doble propósito de ornamento y una forma de ahorro.

En años recientes, la demanda anual de oro ha estado cerca de 4.000 toneladas. El principal usuario es la joyería, constituyendo 80% de la demanda total en 2000.<sup>15</sup> El oro tiene gran variedad de aplicaciones, en electrónica, odontología, cristalería y cerámica, medallas y monedas, entre otras. Tomado en conjunto, el uso del oro exceptuada la joyería ha estado relativamente estancado en los últimos 10 años, aunque algunas aplicaciones como la electrónica han crecido en forma considerable. Dado el costo del oro, esto indica que estos usos no tienen sustitutos fáciles de encontrar. Sin embargo, el oro enfrenta una fuerte competencia en casi todos los mercados.

El uso de oro en las joyas ha sido variable por dos razones principales –la sensibilidad a los ingresos en los mercados industriales y la sensibilidad al precio en los países en desarrollo. Estos países representan en la actualidad casi dos tercios de la demanda mundial de joyas y aproximadamente la quinta parte de este porcentaje corresponde al subcontinente indio, donde las joyas de oro tiene un gran significado cultural.<sup>16</sup> En una parte considerable de Asia del Sur y del Medio Oriente, las joyas de oro (y, en menor medida, las barras y monedas) sirven como dote nupcial y reserva de valor.

El oro es escaso, con una presencia muy baja en la corteza terrestre.<sup>17</sup> En términos físicos, la producción anual alcanza sólo una fracción de la mayoría de los otros metales. En 2000, la producción minera llegó a 2.574 toneladas, 65% del consumo total. El valor del oro es suficiente y no se necesitan otros incentivos para reciclarlo. De hecho, es mucho más reciclado que los restantes metales considerados en este estudio. (Ver Cuadro 5–2.) La producción de oro ha crecido lentamente en las últimas décadas. En los pasados 6.000 años, se han acumulado más de 140.000 toneladas de reservas en la superficie.<sup>18</sup>

### Cuadro 5-2. Por qué es Tan Interesante el Oro

MMSD recibió muchos comentarios acerca del oro durante la preparación de este informe. Existen razones objetivas tras tal nivel de atención. La temática del oro es distinta a la de los otros metales:

- *Muchas personas dependen del oro para subsistir* – El oro se presenta a menudo en formas fáciles de identificar y de producir. Por lo tanto, es el sustento de muchos de los 12 a 15 millones de mineros artesanales y sus familias. También sostiene a una gran parte de la mano de obra intensiva utilizada por pequeñas y medianas industrias. Incluso en la industria a gran escala, las 15 mayores empresas del oro ocuparon directamente a unas 200.000 personas en el período 1999–2000.
- *La actividad de exploración se concentra mayoritariamente en el oro* – En el reciente apogeo de 1997, se gastaron US\$5.100 millones en exploración de oro, en comparación con menos de US\$2 mil millones gastados en la exploración de minerales de base. En aquello que las comunidades son afectadas por la actividad de exploración, la mayor probabilidad es que el responsable sea el oro.
- *Existen campañas públicas de ONG orientadas específicamente al oro* – Algunas ONG están trabajando activamente en campañas sobre temas relativos al oro: los Destruidores del Oro, por ejemplo, “tienen por objetivo reducir el precio del oro, pidiendo a los gobiernos y a los particulares que abandonen sus inversiones en oro y que dejen de comprar joyas de oro”. Hay poca similitud con otros productos. También existen importantes campañas públicas, a veces exitosas, para prohibir por ley el uso de cianuro en la extracción del oro.
- *El oro es una reserva de valor que ha desempeñado un rol continuado en el sistema monetario* – El dólar estadounidense es la principal divisa de reserva en el mundo. Estados Unidos es el mayor propietario mundial de oro, con 60% de sus reservas extranjeras en oro. Otros países también cuentan con considerables reservas en oro. También es importante en los ahorros personales en muchos países. Otros metales no tienen estas funciones o los problemas asociados a éstas. Algunas destacadas autoridades esperan que el oro siga teniendo esa función de reserva de valor.
- *Varios incidentes negativos muy difundidos se han producido en la industria del oro* – Parte importante de la publicidad negativa recibida por la industria en los últimos años corresponde a la minería del oro.

En Tanzania, donde las exportaciones de oro aumentaron de US\$200.000 en 1982 a US\$120 millones en 2000, el presidente Mkapa declaró “tomamos una decisión deliberada y consciente para convertir a la minería en un motor de crecimiento. Tanzania se encuentra hoy donde estaba Sudáfrica a principios del siglo pasado”. Sin embargo, no todos comparten este punto de vista. El borrador del informe del MMSD fue criticado por el profesor Philip Crowson de la Universidad de Dundee, ya que “implica que el actual precio del oro de algún modo es “correcto” y que no se debería prejuzgar la explotación de nuevas minas de oro en países en desarrollo. ¿Es éste realmente el enfoque? Mantener reservas de cualquier mineral encima de la tierra cuando no tienen posibilidad de ser usadas, es algo perverso y ciertamente no es sustentable”.

Este informe no pretende perjudicar o favorecer a la industria del oro, sino más bien intenta reflejar del modo más equilibrado posible lo que constituyó un debate extremadamente complejo y acalorado cuyo comienzo remonta a mucho antes que el Proyecto MMSD fuera realidad.

Fuente: Gastos de exploración de Otto (2002); cita de Mkapa de Mkapa (2001); cita de campaña obtenida en <http://csf.colorado.edu/bioregional/apr99/0015.html>

Este metal es identificado fácilmente y rara vez se encuentra en formas distintas a su estado elemental. En algunos casos se presenta en forma de oro libre en vetas, pepitas u hojuelas visibles. Como en estos casos puede ser usado sin necesidad de técnicas de recuperación o procesos metalúrgicos complicados, el oro es uno de los minerales que ha estado en uso por más tiempo.

Esta susceptibilidad a técnicas simples de recuperación indica que la producción puede ser bastante más simple que la de otros materiales analizados, exceptuando posiblemente el carbón. Aunque existen grandes minas auríferas, el oro es extraído en más sitios individuales y a menudo en una escala de empresa mucho más pequeña que el caso del mineral de hierro o la mayoría de los metales de base. Dado que la industria minera se ha concentrado en un grupo pequeño de empresas de gran envergadura, el oro y el carbón permanecieron entre los bastiones de los pequeños y medianos productores.

### *La Producción de Oro como Fuente de Subsistencia*

En valores de la producción mundial de metales, el oro ocupa el cuarto lugar después del acero, el aluminio y el cobre. Pero puede representar bien un porcentaje relativo bastante mayor dentro del empleo total de la minería. Entre 12 y 15 millones de mineros artesanales en el mundo se mantienen a sí mismos y a sus familiares, multiplicando varias veces esa cifra. Si bien es difícil de calcular la fracción de estos millones de personas involucrada en la minería aurífera, sin duda es muy importante. Se calcula que quizás un 20% del total de la producción mundial de oro proviene de la minería artesanal y en pequeña escala. En muchos países donde esta actividad es una importante fuente de empleo, el sector representa la mayoría de la producción de oro.

Incluso en el sector formal, el oro sostiene un importante número de pequeñas empresas. Un alto porcentaje de las reconocidas empresas ‘junior’ de Canadá y Australia se dedica al oro, y en conjunto emplean un considerable número de personas. Empresas pequeñas y medianas son encontradas con frecuencia en casi todas las regiones auríferas. Incluso en la industria a gran escala, el oro es una importante fuente de empleo. Las 15 mayores empresas productoras de oro dieron empleo a unas 250.000 personas en 1999 y 2000. (Ver Tabla 5–4.)

Según el Consejo Mundial del Oro (*World Gold Council*), el oro representa un importante porcentaje –variando desde 5% hasta casi 40%– de las exportaciones de muchos países pobres con gran endeudamiento externo.

El oro ha sido vital para el desarrollo de Sudáfrica, aunque la caída en los últimos años de las tasas de empleo en la industria ha sido un problema difícil de manejar. (Ver Cuadro 5–3.) En muchos países donde la minería del oro es importante en la actualidad, existen pocas opciones para poner en marcha actividades industriales alternativas capaces de sustentar el desarrollo económico.

El oro puede tener también una importancia desproporcionada en la etapa de exploración. Los prospectores de la minería artesanal y en pequeña escala han explorado sin duda buena parte de la superficie de la Tierra. Lo propio sucede con las empresas ‘junior’ de exploración y otras con técnicas más sofisticadas. El mundo Occidental ha gastado anualmente varios miles de millones de dólares estadounidenses en exploración aurífera –mucho más de lo gastado en la búsqueda de cobre, zinc y níquel juntos.<sup>19</sup>

Tabla 5–4. Producción de las 15 Mayores Compañías Productoras de Oro, 1999 y 2000

	Compañía	País	1999 (toneladas)	2000 (toneladas)	Empleo (2000)
1	AngloGold	Sudáfrica	215,2	225,3	77.600
2	Newmont	Estados Unidos	130,0	153,7	10.800
3	Gold Fields Ltd	Sudáfrica	118,7	121,2	55.000
4	Barrick	Canadá	113,8	116,4	5.500
5	Placer Dome	Canadá	97,9	92,8	12.000
6	Rio Tinto	Reino Unido	92,9	84,9	5.100 <sup>a</sup>
7	Homestake	Estados Unidos	74,3	68,6	s/d
8	Harmony	Sudáfrica	41,4	66,8	42.600
9	Normandy	Australia	58,8	64,5	s/d
10	Freeport McMoran	Estados Unidos	74,0	59,1	7.800 <sup>b</sup>
11	Ashanti Goldfields	Ghana	48,6	54,0	10.400
12	Durban Roodepoort	Sudáfrica	27,7	35,7	19.111
13	Kinross	Canadá	31,3	29,4	1.600
14	Buenaventura	Perú	23,6	28,5	1.800 <sup>c</sup>
15	Newcrest	Australia	26,3	27,9	s/d

<sup>a</sup> Cantidad de trabajadores en las industrias de minería de oro de Rio Tinto en Kennecott Minerals (EEUU), Kelian (Indonesia), Lihir (Papua Nueva Guinea), Morro do Ouro (Brasil), Peak (Australia) y Rio Tinto (Zimbabue). <sup>b</sup> Incluye trabajadores de la producción de cobre de la empresa. <sup>c</sup> Incluye trabajadores de la producción de plata y otros metales preciosos de la empresa.

Fuente: Gold Fields Mineral Services (2001); informes anuales de la empresa

### ¿Existe sobreconsumo de oro?

Como en todos los minerales, hay quienes sostienen que los actuales niveles de consumo por parte de algunos usuarios son excesivos. Por un parte, se considera que las joyas —al menos en los países industrializados con alternativas de ahorro eficaces a la acumulación de oro— tienen un fin no utilitario, más allá del ostensible deseo humano universal de adornarse y ornamentar las posesiones. Se argumenta que esta finalidad podría ser atendida por otros materiales con menor impacto ambiental y social desde el ángulo de la producción.<sup>20</sup> También se considera que las personas tienen el deber de ser consumidores responsables en pro del desarrollo sustentable y que altos niveles de consumo personal de oro no son consecuentes con este objetivo.

Aquellos que opinan que los consumidores deberían preferir otros materiales, tienen el mismo derecho para argumentar esto como lo tiene el Consejo Mundial del Oro para convencer a los consumidores a usar más oro, aunque puedan tener menores recursos. En el mes de mayo de 2001, el Consejo Mundial del Oro, organización patrocinada por la industria, lanzó una campaña de US\$55 millones para “recordar a los consumidores que el valor intrínseco del oro va más allá de la moda, llevándolo a ser admirado en casi todas las culturas por su resplandor, belleza y riqueza espiritual”.<sup>21</sup> Independiente del Consejo Mundial del Oro, la Gold Marketing Initiative está solicitando a las empresas que producen más de 100.000 onzas de oro al año que contribuyan con US\$4 por onza de su producción anual para la promoción del oro.<sup>22</sup> Dado que, al parecer, ningún país está listo para adoptar políticas de eficiencia ecológica para restringir el consumo de oro, el jurado en este caso serán los consumidores del mundo.

El otro argumento, que hace largo tiempo enfrenta a los economistas, sin ninguna señal de

abatimiento, es si el oro debería continuar siendo utilizado para respaldar las divisas mundiales o si este uso está pasado de moda, convirtiendo al oro actual en una “reliquia bárbara”. No es difícil imaginar cómo algunos han estado de acuerdo con el economista británico John Maynard Keynes, quien declaró que “la acción de cavar hoyos en el suelo conocida como minería del oro... no sólo no aporta nada a la verdadera riqueza del mundo, sino que implica inutilización de mano de obra”.<sup>23</sup> (Aun así, Keynes reconoció que el oro había “tenido parte en el progreso” y que era una manera eficaz de generar empleo.) Para Keynes es intuitivamente extraño que se dedique tanto capital y trabajo humano a producir un artículo que luego, y frecuentemente, es guardado en bóvedas subterráneas donde nada se hace con él. Aun así, importantes economistas sostienen que el oro mantendrá su función como reserva de activos “durante un largo tiempo”.<sup>24</sup>

#### *¿Existe subconsumo de oro?*

¿De qué manera, además de ayudar a la subsistencia, puede ayudar el oro a satisfacer las necesidades de los pobres del mundo? Como en el caso del plomo, existe un solo uso dominante. Aunque pueden existir otras formas de satisfacer las necesidades de los pobres mediante el acceso a productos que contienen oro, existe una que es simplemente la más importante en términos de cantidad: las joyas (y otras formas) son la reserva de valores que en la mayoría de las sociedades ha sido por más tiempo la principal salvaguardia contra la depreciación de la moneda para aquellos sin acceso a otros medios confiables de ahorro. Es bastante simple, si los ingresos de los pobres mejoraran lo suficiente para permitirles ahorrar, es muy probable que lo hagan en oro.

Sin embargo, esto puede crear problemas para un desarrollo económico más amplio. Si estos ahorros no son depositados en el banco, no pueden respaldar la expansión del crédito o la disponibilidad de capital. (Ver Cuadro 5-4.) Otros efectos macroeconómicos también podrían ser considerados indeseables: sólo en 1998 la India importó más de 600 toneladas de oro a un valor de US\$7 mil millones, un gran responsable del alza de las importaciones no petroleras.

#### *El futuro del oro como reserva de divisas y el precio del oro en el futuro*

Si se consideran las variaciones desde la década del 60, los precios del oro se han mantenido relativamente estables en los últimos años a pesar de su declinación general. (Ver Figura 5-7.)

### Cuadro 5-3. La Minería de Oro en Sudáfrica

Productor de oro líder en el mundo, Sudáfrica proporcionó cerca de 17% de todo el oro recién extraído en 2000. Sin embargo, su participación ha disminuido drásticamente, desde el tope de más de 70% en 1960 y 1970, debido a que su producción ha bajado y otros han crecido en su importancia.

La producción aurífera sudafricana tuvo una nueva caída en el año 2000 por séptimo año consecutivo, con 21,2 toneladas (4,7%) menos que en 1999, para llegar a 428,3 toneladas. Los niveles de producción han sufrido a medida que ha bajado la ley del mineral y precios más bajos han obligado a cerrar las áreas menos rentables. Sudáfrica aún tiene más de un tercio de las reservas mundiales conocidas, pero gran parte del oro más accesible ha sido extraído, quedando reservas a mayor profundidad, de ley más baja y más costosas de extraer, aunque el cambio en las operaciones y el tipo de cambio han mantenido la competitividad de muchos productores sudafricanos. La caída del precio del oro ha tenido un fuerte impacto en la industria minera sudafricana del oro. Se ha producido una reestructuración importante, que ha provocado tanto uniones de empresas como despidos masivos de trabajadores.

El empleo en la industria del oro ha caído gravemente en la última década. Hoy en día, las minas sólo representan 2% de la fuerza laboral registrada. Desde más de medio millón a fines de los años 80, la cifra de empleados cayó a 257.000 en 1998 (130.000 trabajadores no sudafricanos incluidos). Las exportaciones de oro disminuyeron de US\$6.300 millones en 1994 a unos US\$4.400 millones en 1998. Sin embargo, debido a los vínculos de la industria del oro con otros sectores mineros, se estima que por cada tres personas que trabajan en una mina, hay una persona contratada en industrias que trabajan para la minería. Además, en promedio, cada trabajador de la industria del oro mantiene de 7 a 10 personas.

Fuente: Gold Fields Mineral Services Ltd (2001); CRU International (2001); Chamber of Mines of South Africa, comunicación personal (2001)



#### Cuadro 5-4. El Experimento de India con la Banca del Oro

El experimento de India con la banca del oro ha sido un intento por captar el oro conservado en forma privada para el sistema bancario, donde podría ser una fuente eficaz de capital de desarrollo. A través del Reserve Bank de India, el propio gobierno tiene sólo 400 toneladas, en contraste con las 12 a 13 mil toneladas que se cree están en manos privadas. En enero de 1999, el gobierno aumentó a más del doble el impuesto aduanero para intentar frenar la salida de fondos para compras de oro. Al mismo tiempo, el ministro de Finanzas estableció el plan de una nueva estrategia, a ser implementada a través de un Programa de Depósitos en Oro, para volver a poner el oro en circulación. El objetivo era reducir la dependencia del país de las importaciones y proporcionar a los dueños de reservas en lingotes algún ingreso adicional.

El programa también permitió a los propietarios librarse de los problemas de almacenamiento, transporte y seguridad. Al colocarlo en los bancos aprobados, el depositante ganaba intereses sobre un patrimonio de otro modo improductivo y, al mismo tiempo, podía asegurar ese patrimonio.

Un ejemplo de un típico programa de depósito en oro fue el que lanzó *The State Bank* de India en noviembre de 1999. Una persona, una familia, una sociedad fiduciaria o una empresa podían depositar la mínima cantidad de 200 grs., desde tres hasta siete años, a cambio de un certificado que paga un interés de 3 a 4% sin impuestos. Al finalizar el plazo, el certificado puede ser cambiado por una cantidad equivalente de oro, o el valor del oro en el mercado, sin impuesto sobre las ganancias de capital.

Los certificados son transferibles y pueden ser utilizados como garantía para un préstamo. El oro colocado puede ser retirado antes del plazo mínimo, pero con una multa de interés. Bancos que ofrecen programas de depósito prestan el oro a joyerías locales a un interés de 9 a 10%, menor que las tasas de los préstamos de dinero. El margen de interés paga el examen, el refinado y los impuestos locales y cubre el riesgo de que el banco no sea capaz de prestar todo su oro para igualar los depósitos. Los objetivos del programa eran ambiciosos. *The State Bank* anunció una meta de 100 toneladas para el primer año, lo cual significaría un ahorro aproximado de US\$1.200 millones en divisas.

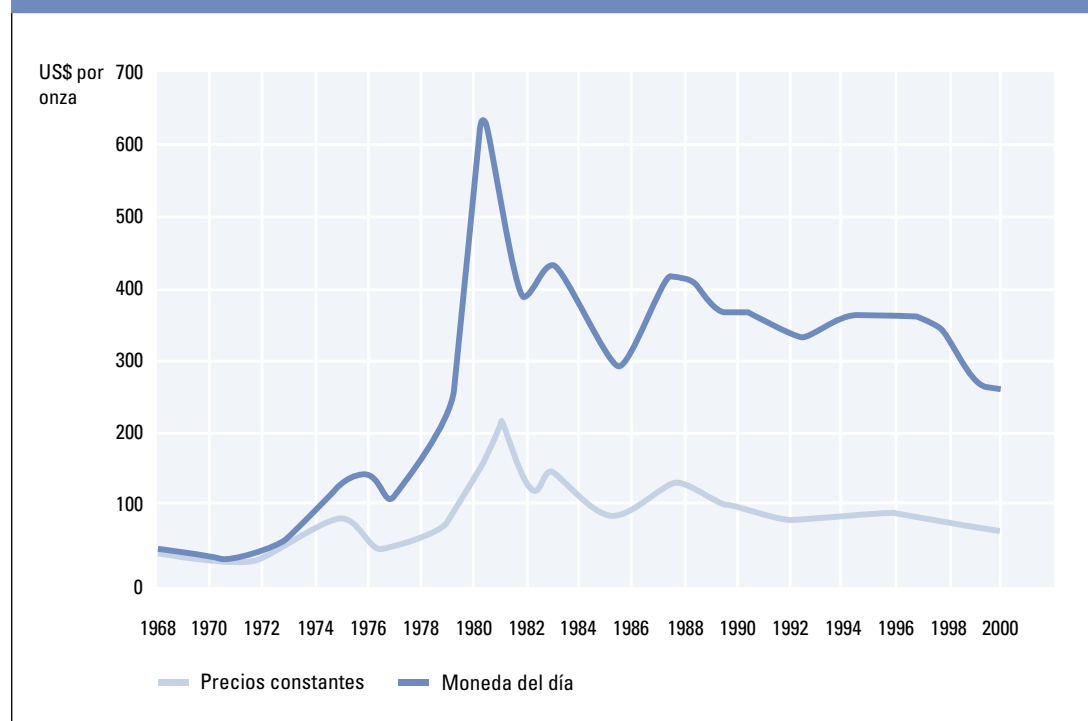
El programa de depósito en oro apunta a las familias, con la esperanza de que aprovechen la oportunidad de ganar interés con su oro. Sin embargo, el programa no carece de problemas. La mayor parte del oro presente en India se encuentra en artículos de joyería, que tendría que ser fundida para convertirla en lingotes que puedan ser depositados, lo que destruiría el valor del trabajo, que por lo general constituye de 10 a 15% del precio de venta. Un problema más serio es que la mayor parte del oro que está en manos privadas ha sido comprado con ingresos no declarados, lo cual sus dueños no quieren declarar por temor a ser investigados por agentes de impuestos. En enero de 2001, estos bancos habían conseguido ahorrar sólo 6.179 Kg. de oro. El *State Bank* había ahorrado la mayor parte, aproximadamente 5.800 Kg., una cantidad mucho menor de lo originalmente proyectado.

Fuente: World Gold Council (2001) pág. 17; *Economic Times* de India, 20 de marzo de 2001

El futuro del oro como reserva de divisas de los bancos centrales será un factor decisivo en el futuro del mercado y de su precio. Pero éste no es el único factor. Otros son la medida en que las personas sigan reconociendo y utilizando el oro como salvaguardia en contra de la inflación o como reserva de valores, el posible aumento de otros usos además de las joyas y si las personas deciden aumentar o disminuir la cantidad de joyas que compran.

Figura 5-7. El Precio del Oro, Promedio Fijo en Londres, 1968-2000

Fuente: CRU International



### *Política Aurífera del Banco Central*

Hasta qué punto el oro sirve aun para estabilizar el sistema monetario mundial constituye un acalorado debate, en el cual las señales no son claras. En conjunto, los bancos centrales se han convertido en vendedores netos de oro. La leve alza en los precios del oro después de los sucesos del 11 de septiembre de 2001, fue una clara señal: no había proyección para el oro. También es posible que el oro hubiera permitido limitar la crisis económica en Argentina en 2002.

Los bancos centrales en conjunto aun conservan un porcentaje muy importante de las reservas extraídas. En gran medida depende de si estas instituciones como grupo son vendedores o compradores netos y a qué escala. De los 170 países que informaron al Fondo Monetario Internacional (FMI) a fines de los años 90, 70% declaró tener algo de oro como parte de sus reservas de divisas. Diez declararon no tener absolutamente nada de oro, mientras que 41 no declararon.<sup>25</sup> Estados Unidos mantiene unos tres quintos de sus reservas extranjeras en oro. La Unión Europea tiene casi 27% de sus reservas en oro. A los precios actuales del mercado, el promedio internacional es de 16%.

En la década del 90 se hizo claro que el compromiso de parte de algunos gobiernos para mantener el oro como reserva de valores estaba disminuyendo. Las caídas en las compras oficiales y el aumento en las ventas indicaron que algunos banqueros pensaban que era el momento de cambiar la política. Esto causó preocupación tanto en los gobiernos productores de oro como también en los no productores. Las organizaciones financieras claves del mundo (instituciones oficiales y el FMI) poseen el equivalente a 15 años de producción.<sup>26</sup> Al no existir un enfoque coordinado sobre la venta de oro ni de los mineros ni de los bancos centrales, se temía un inminente colapso del precio. Cuando cayeron los precios, gran parte de las pérdidas afectaron a países africanos ubicados al sur del Sahara. Sólo en Sudáfrica se estima que el empleo en la minería del oro ha disminuido en unas 300.000 personas, en lo que se conoce como la Crisis del Oro.<sup>27</sup>

El 26 de setiembre de 1999, se anunció el Acuerdo sobre Oro del Banco Central (también conocido como Acuerdo de Washington).<sup>28</sup> Un grupo compuesto por los miembros de la Unión Monetaria Europea, el Banco Central Europeo, el Reino Unido y Suiza, con el acuerdo tácito de la Reserva Federal de Estados Unidos, el Banco de Reserva de Canadá y el Banco de Japón, acordaron un programa para estabilizar el mercado del oro. En conjunto con el FMI, estos participantes controlan una cifra muy superior a las 20.000 toneladas de reservas de oro.<sup>29</sup> Las principales disposiciones del acuerdo fueron un congelamiento de cualquier préstamo adicional de parte de los signatarios y un límite en las ventas de oro de 2.000 toneladas en cinco años, que no se supere las 400 toneladas por año. Lo que sucederá al finalizar el plazo inicial de cinco años del acuerdo en el año 2004 aún es incierto. Como grupo, los bancos centrales no han regresado al mercado como compradores de oro en cantidades significativas y siguen siendo vendedores netos de peso. La creciente dependencia del dólar estadounidense, en especial en América Latina, ha sido acompañada por ventas de oro. El surgimiento de bloques de divisas, como en la Unión Europea, ha significado la acumulación de reservas.

Los acuerdos futuros con respecto al mercado del oro serán claves. Aunque los bancos centrales como propietarios deben decidir de acuerdo con sus intereses, estas decisiones están plagadas de consecuencias para otros y deberían ser tomadas en una atmósfera de consulta y transparencia.

### *Disponibilidad de Oro*

Se estima que los recursos geológicos de oro del mundo llegarían a unas 100.000 toneladas, incluyendo de 15 a 20% de recursos derivados.<sup>30</sup> (Ver Tabla 5–5.)<sup>31</sup> Una parte de las 9000 toneladas de los recursos de Estados Unidos serían recuperadas como oro derivado. Al ritmo actual de producción, estos recursos durarían cerca de 25 años.

Al igual como con los otros metales estudiados, la disponibilidad física en el corto y mediano plazo no es tan importante como los desafíos ambientales, sociales y políticos para producir estas reservas. Como ya se ha dicho, la industria del oro enfrenta desafíos a nivel de mercado. En el aluminio, las exigencias de energía para su fundición son un punto clave. Para el cobre, las emisiones de las fundiciones representan un problema importante. Con el oro, los problemas son algo distintos.

En primer lugar, debido a la atención dada por la industria del oro a la exploración y la variedad de personas y empresas que exploran oro, los temas de derechos de tierras serán relevantes. Entre éstos se incluyen el importante aspecto de aceptabilidad para las comunidades indígenas y aborígenes y el sostenido debate sobre cuáles áreas están o deberían estar “vedadas” para la exploración y la explotación. Aunque estos problemas no son exclusivos del oro, pueden ser de especial importancia para este producto.

En segundo lugar, la relación entre el volumen de desecho y el volumen de producto

**Tabla 5–5. Cálculo de Reservas y Recursos (no incluye algunas reservas derivadas)**

<b>País</b>	<b>Reservas de oro (toneladas)</b>	<b>Recursos de oro (toneladas)</b>
Sudáfrica	19.000	40.000
Estados Unidos	5.600	6.000
Uzbekistán	5.300	6.300
Australia	4.000	4.700
Rusia	3.000	3.500
Canadá	1.500	3.500
Brasil	800	1.200
Otros países	9.300	11.800
<b>Total mundial<sup>a</sup></b>	<b>49.000</b>	<b>77.000</b>

<sup>a</sup> Puede ser redondeado.

Fuente: US Geological Survey, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/gold/300300.pdf> (11 de diciembre de 2000)

continuará llamando la atención. Se pueden hacer cálculos de distintas maneras, pero todos están de acuerdo que, en el caso de depósitos de baja ley, para producir un objeto de oro relativamente simple y pequeño se pueden necesitar algunas toneladas de desechos —y por consiguiente grandes cantidades de energía y agua. Este hecho seguirá siendo para algunas personas un desperdicio y algunas entre ellas vincularán esta preocupación a la interrogante de sí el uso en joyas o en lingotes de reserva de los bancos es, de alguna manera, menos útil que los usos industriales más comunes de otros metales.

Tercero, sin importar las razones, varios de los accidentes y eventos poco afortunados con más cobertura periodística ocurridos durante los últimos años que han aumentado las preocupaciones de la sociedad con respecto a la seguridad laboral y la protección del ambiente han ocurrido en minas de oro, desde Baia Mare y Merrespruit hasta Summitville y Omai. Asegurar que todos los que se dedican a la minería tienen una capacidad de manejo ambiental adecuado es un desafío para toda la industria; y está claro que no todos lo hacen.

Por último, el uso de cianuro para la extracción de oro es la tecnología preferida por las empresas auríferas más importantes y el mercurio aún es una opción para gran parte del sector artesanal. Ambas tecnologías han provocado una importante preocupación ambiental. Hasta qué punto el nuevo código del cianuro (ver Capítulo 10) u otros pasos mejoren tanto el manejo como la percepción y se continúe progresando en el control del uso de mercurio, ambos serán temas importantes.

## Minerales Combustibles e Industriales

### Carbón

#### *Necesidad y Disponibilidad*

Por siglos, el carbón ha sido una importante fuente de energía.<sup>32</sup> En 2000, proporcionó 24,9% de las necesidades básicas de energía del mundo.<sup>33</sup> Además de servir para generar electricidad, es utilizado directamente en calefacción. El carbón es parte de importantes procesos industriales, como por ejemplo la elaboración de acero y cemento. El carbón, cuando es procesado en coque, también es importante para la producción de hierro y acero.

Los tipos de carbón pueden ser clasificados en orden creciente de contenido de carbón y decreciente de contenido de humedad: lignito (carbón pardo), sub bituminoso, bituminoso y antracita. Los últimos tres son conocidos como “carbón negro” y los últimos dos como “carbón duro”. La mayoría de los tipos de este mineral tienen usos específicos. Entre los carbones duros, el carbón de caldera o combustible es usado para generar electricidad o convertirlo en otras formas de energía secundaria. Aunque todas las categorías de carbón pueden ser utilizadas para generar electricidad, las plantas deben estar diseñadas para manejar tipos específicos de este material. Una planta diseñada para operar con carbón bituminoso, por ejemplo, no puede hacer lo propio con carbón pardo. El carbón de coque siempre es bituminoso.

El carbón de coque es utilizado por la industria del acero en la etapa de producción de hierro de alto horno. Aunque todos los carbones de coque pueden ser usados en plantas diseñadas apropiadamente para generar electricidad, lo inverso no sucede ya que no todos los carbones bituminosos de caldera pueden ser convertidos en coque. Una característica importante de los carbones usados en la industria del acero es que tengan el nivel más bajo

posible de ceniza y azufre. El carbón también es usado para producir combustibles líquidos, sustancias químicas, polímeros y plásticos.

En todos los continentes existen depósitos importantes de carbón, por lo que la disponibilidad en el ámbito global no es actualmente un tema clave. El carbón es producido en más de 50 países. Las reservas totales conocidas de carbón se muestran en la Tabla 5-6. En el año 2000 se produjeron 3.639 millones de toneladas de carbón duro, junto con 895 millones de toneladas de carbón pardo.<sup>34</sup> Sobre esta base, el mundo tiene más de 200 años de reservas de carbón. Es importante recordar que aunque la producción en Europa está cayendo rápidamente, éste no es el caso de todos los países industrializados. En Estados Unidos, por ejemplo, la producción aumentó de 710 a 899 millones de toneladas entre 1980 y 2000. Más importante, no todos los tipos de carbón sirven para todos los usos; ni todos tienen una ley similar en todo el mundo.

Al igual que el oro, el carbón es relativamente fácil de identificar y a menudo bastante fácil de explotar mediante tecnologías básicas. Esto quiere decir que, en muchas regiones del mundo, es bastante común que la producción de carbón sea realizada por pequeñas y medianas empresas. Por las mismas razones, en varios países es importante la actividad artesanal y a pequeña escala, especialmente en China.

Algunos tipos de carbón son comercializados internacionalmente para usos específicos, especialmente los tipos sub-bituminoso y bituminoso. Por ejemplo, en 2000 se comercializó cerca de 39% (192 millones de toneladas) de carbón de coque. En contraste, los 574 millones de toneladas de carbón duro comercializado internacionalmente fueron sólo 16% de la producción mundial de este tipo de carbón. En el carbón pardo, el alto contenido de humedad hace antieconómico trasladarlo largas distancias. En las tres economías de mayor consumo y producción de carbón (China, Estados Unidos e India), más de 95% de la producción se utilizó internamente.

En el caso del carbón transportado por mar, los modelos de suministro varían según la región y la categoría del carbón. Los mayores proveedores de carbón de caldera en la región del Pacífico son Australia, China e Indonesia, mientras que en la región del Atlántico son Sudáfrica, Colombia y Rusia. Los principales proveedores de carbón de coque del mercado asiático son Australia y Canadá, mientras que en el Atlántico son Australia, Estados Unidos y Canadá.

Más de 80% de la producción mundial de carbón es utilizada en el país de origen. En algunos países, el carbón es una fuente fundamental de energía. Polonia, Sudáfrica Australia y China dependen del carbón para generar más de 75% de su electricidad, por que disponen de pocas fuentes alternativas de energía de combustible fósil. En muchos países, el carbón es fundamental para la cocina y la calefacción domésticas.

Algunos cambios en la demanda de carbón son generados por la competencia mundial de otros combustibles fósiles como el petróleo y el gas. Con excepción de Japón y Estados Unidos, la demanda de carbón de caldera para producción de electricidad está cayendo en

**Tabla 5-6. Reservas de Carbón Conocidas**

	<b>Reservas (mil millones de toneladas)</b>	<b>Recursos de oro (toneladas)</b>
América del Norte	256,5	26,1
Europa	122,0	12,4
Ex Unión Soviética	230,2	23,4
Asia Pacífico	292,3	29,7
Resto del Mundo	83,2	8,4

Fuente: BP Energy Statistics, junio de 2001

muchos países industrializados. En Europa, la disponibilidad de gas natural a bajo precio ha hecho que la producción de centrales eléctricas a carbón se reduzca y sea menor, siendo cerradas las menos eficientes. La producción de carbón en Europa ha sido afectada también por sus costos mayores en comparación con los de minas nuevas de países como Colombia, Australia e Indonesia. Los subsidios para la minería del carbón en Europa están siendo reducidos y la producción de carbón está disminuyendo, aunque las importaciones en las naciones europeas más importantes están aumentando.

Un área decisiva para el crecimiento de la producción de carbón es la región del Pacífico. A diferencia de Europa, en varias partes del Pacífico la capacidad para desarrollar infraestructura de gas natural es limitada. Como consecuencia, las centrales eléctricas a carbón son consideradas necesarias para satisfacer el repunte de la demanda de electricidad relacionada con el crecimiento industrial y la elevación del estándar de vida.

### *Factores que Afectan el Uso Futuro del Carbón*

Un factor clave en la demanda de carbón es la tecnología utilizada en su uso. A pesar del crecimiento en la producción de hierro colado bruto entre 1990 y 2000, la producción mundial de carbón de coque sufrió una caída de 548 a 497 millones de toneladas. Esto se debe en parte a un aumento en el rendimiento de los altos hornos, pero también a controles ambientales más rigurosos. La demanda de carbón de coque está estrechamente vinculada a la producción de hierro colado bruto en todo el mundo.

Las empresas siderúrgicas han introducido equipamiento que inyecta carbón directamente en el alto horno como sustituto del coque. Se calcula que, en la actualidad, se están inyectando 32 millones de toneladas de carbón en altos hornos de todo el mundo. El carbón para inyección no requiere propiedades coquificables, pero debe tener sí los mismos niveles de pureza química del carbón de coque. La tecnología de elaboración de coque ha progresado al punto que pueden utilizarse proporciones mayores de carbón más pobre en la mezcla de carbones que alimenta los hornos. En la actualidad, esta tecnología es utilizada principalmente en Asia y América del Sur. A menudo, estos carbones son los mismos que se utilizan para inyección y se han convertido en una segunda categoría de carbón de coque. Esta categoría es llamada a menudo carbón semiblando, a diferencia de los carbones de coque de alta calidad, denominados carbones de coque duros.

Como con otros combustibles de carbón, las políticas establecidas por gobiernos y productores siempre han tenido importantes consecuencias en el uso del carbón. Por ejemplo, luego de la crisis del petróleo de los años 70, las empresas de electricidad se pasaron del petróleo al carbón y en 1983 el comercio del carbón de caldera sobrepasó al del carbón de coque. Las políticas de energía se encuentran hoy muy influenciadas por preocupaciones ambientales, lo que puede tener consecuencias importantes sobre la forma de uso de carbón y la demanda total.

Existen numerosas preocupaciones ambientales relacionadas con el uso del carbón, tales como las emisiones de gases contaminantes vinculadas a la producción de hierro y acero y a la combustión directa para la generación de electricidad. Se han creado tecnologías para abordar estos aspectos, muchas de las cuales se encuentran relativamente bien establecidas en los países industrializados. Un ejemplo son los sistemas para eliminar azufre de los gases de combustión en las centrales eléctricas (aunque esto requiere extracción de piedra caliza). El concepto de tecnología limpia (o más limpia) de carbón incorpora numerosas innovaciones que reducen las emisiones y utilizan el carbón de manera más eficiente. Un ejemplo es la

combustión de carbón en lecho fluidificado, que reduce las emisiones de óxidos nitrosos y permite la captura eficaz de gases sulfurosos.

Hoy en día existe un amplio reconocimiento de que las emisiones de dióxido de carbono son una causa subyacente del cambio climático global y, por lo tanto, puede tener importantes efectos en el uso futuro del carbón.<sup>35</sup> El carbón tiene la mayor relación carbono-hidrógeno de todos los combustibles fósiles y, por consiguiente, genera un porcentaje de dióxido de carbono mayor que combustibles como el petróleo o el gas natural. Las centrales eléctricas a carbón modernas operan con rendimientos de un 38%, a diferencia de las plantas a gas de “ciclo-combinado” que operan a un 55% o más. Las centrales eléctricas a carbón más antiguas operan a rendimientos mucho menores. Algunas modificaciones (convertir la energía química presente en el carbón en electricidad) pueden hacer que este porcentaje aumente hasta 40%. El paso siguiente en la tecnología del carbón combustible es convertir el carbón en una forma gaseosa y luego utilizarlo en una planta de gas de ciclo-combinado. Se pueden alcanzar niveles de eficiencia superiores a la franja de 50%. Claramente, un área de preocupación clave para la industria, gobiernos y otros actores es la transferencia de estas tecnologías a países en que el uso de carbón para generar electricidad está aumentando rápidamente.

Obviamente, la contribución de la combustión del carbón a las emisiones de dióxido de carbono debe ser evaluada al lado de otras fuentes y otros gases (como el metano de los embalses de centrales hidroeléctricas).<sup>36</sup> El Protocolo de Kyoto (parte del Convenio Marco sobre Cambio Climático de 1992) o acuerdos posteriores pueden producir cambios en las políticas de muchos gobiernos con el fin de crear incentivos para el uso de fuentes de energía alternativa. Los impuestos al carbono y los permisos de emisión, tanto dentro como entre los países, pueden afectar el precio de la energía y de este modo la demanda de carbón. Este aspecto ya es el objeto de un debate establecido sobre políticas de energía y desarrollo sustentable. La Unión Europea es en la actualidad uno de los mercados más sensibles con respecto a la regulación del uso del carbón.

### **Potasa**

Alrededor de 95% del consumo mundial actual de potasio es utilizado en fertilizantes; el resto es usado en diversas aplicaciones industriales, como la elaboración de potasio cáustico y otros productos químicos intermedios importantes para la industria. Potasa es el término usado comercialmente para denominar a los fertilizantes que contienen potasio. El potasio es vital para la vida vegetal y animal. Muchos suelos carecen de cantidades suficientes de potasio para las demandas de la producción y la calidad de los cultivos. Como resultado, los niveles de potasio disponible en los suelos son usualmente complementados con potasa para mejorar la nutrición de las plantas, en especial para mantener la producción de variedades y especies de cultivo de alto rendimiento en los sistemas agrícolas modernos.<sup>37</sup>

El potasio se encuentra en todos los tipos de roca, pero la explotación de los yacimientos de potasa se limita principalmente a dos tipos de depósitos sedimentarios: depósitos de origen marino que por lo general se encuentran a profundidades que varían entre 400 y más de 1.000 metros bajo la superficie; depósitos salares superficiales asociados con cuerpos salinos marinos (como el Mar Muerto, el Gran Lago Salado y el lago Qarhan en China). Los recursos mundiales de potasio presentes en los depósitos sedimentarios son inmensos y se calcula que llegan a 17 mil millones de toneladas.<sup>38</sup> De estas reservas, 8.400 millones de toneladas se clasifican como comercialmente explotables.<sup>39</sup> Con el actual consumo global de

unos 25,8 millones de toneladas al año, tanto las reservas económicas como la base de recurso son suficientes para satisfacer la demanda mundial por siglos.

Los yacimientos de potasa ubicados en profundidad son explotados principalmente mediante métodos mecanizados convencionales. Se utiliza la extracción de solución cuando la extracción subterránea ya no es técnicamente posible. La evaporación solar de salares con potasio es el tercer método para obtener mineral de potasa.

La operación de yacimientos de potasa por lo general genera grandes volúmenes de materiales de desecho, incluyendo salmueras, lodos con arcilla y residuos de sal. La eliminación de residuos salinos, que incluye la rehabilitación del suelo después de la extracción, ha sido un punto clave en el manejo ambiental de la industria de potasa.<sup>40</sup>



**Un 95% de la potasa es utilizado en fertilizantes**

La producción mundial de sales de potasio fertilizantes ha aumentado significativamente durante el último siglo para satisfacer las crecientes demandas de la agricultura intensiva. Entre 1998 y 2001, la producción varió en el estrecho margen de 25,4 a 25,8 millones de toneladas por año, mientras el consumo fue de 21,9 a 22,8 toneladas anuales. En 1998 y 1999, el uso de potasa en los países industrializados, de 11,1 a 11,4 millones de toneladas, fue sólo levemente superior al uso en los países en desarrollo, de 10,5 a 10,9 millones de toneladas.

Existen solamente 14 productores en el mercado mundial de potasa. Cuatro países reúnen tres cuartas partes de la producción mundial: Canadá, Rusia, Alemania y Bielorrusia. Canadá posee las mayores reservas conocidas de potasio. Estos depósitos de potasa, extensos, homogéneos y de alta ley, representan más de 50% de las reservas estimadas en el mundo. Los considerables depósitos de potasa existentes en la ex Unión Soviética contienen grandes cantidades de mineral, pero son de un tipo que requiere mayores costos de refinado. Tailandia tiene 10 mil millones de toneladas de potasa compuesta por una mezcla de tipos de mineral.

Las regiones de mayor consumo, tales como Asia y América Latina, continuarán dependiendo sustancialmente de las importaciones, debido al marcado desequilibrio en la relación oferta/demanda y el aumento sostenido de la demanda. Regiones exportadoras como América del Norte, Europa del Este/Asia Central y el Cercano Oriente aumentarán sus capacidades para satisfacer las necesidades mundiales de potasa en los mercados en crecimiento y emergentes.

En la actualidad, cuatro países concentran casi 53% del uso mundial de potasa. Estados Unidos es el mayor consumidor; por lo general, alcanza alrededor de 20% del total mundial. China, Brasil e India registran 15%, 10% y 7%, respectivamente, del consumo mundial. Europa Occidental también es una importante región consumidora, utilizando cerca de 17,5% del total en los últimos años.

La demanda de potasa está determinada en gran medida por las necesidades de la producción de fertilizantes, que se prevé alcance los 25 millones de toneladas en 2005. Los factores de



mayor importancia que determinarán la demanda de potasa en el largo plazo serán los avances en técnicas agrícolas y en modelos de producción de alimentos para atender una población mundial en aumento. La necesidad futura de fertilizantes de potasio también dependerá de una serie de factores específicos, entre los que se incluyen:

- la extensión y severidad de la carencia de potasio en tierras agrícolas,
- la introducción de nuevas o mejoradas variedades de cultivo con mayores exigencias de potasio,
- cambios en la demanda de productos agrícolas,
- la rentabilidad de la fertilización con potasio para los agricultores,
- los precios de los productos agrícolas y otros fertilizantes,
- los programas gubernamentales de producción o restricción de cultivos, y
- las condiciones climáticas (incluyendo las relativas al cambio climático).

La disponibilidad adecuada de potasio en el suelo (de la cual el fertilizante es una fuente) es importante en la resistencia de la planta a sequías, heladas y diversas enfermedades y plagas. Este elemento es esencial para el desarrollo de la raíz y fomenta la fijación de nitrógeno en cultivos leguminosos, así como mejora el tamaño, color y contenido de azúcar en plantaciones frutales. Las reservas naturales de potasio en el suelo disminuyen con cada cultivo sucesivo. Este saqueo o “extracción de suelo” aumenta y se acelera en gran medida con cosechas mayores y cultivos más intensivos.

La decisión de utilizar potasa en la agricultura depende de la relación entre el costo del fertilizante y la ganancia de la producción. También depende del nivel de tecnología utilizado con el sistema de producción en cuestión. El debate acerca del papel del fertilizante en el suministro de nutrientes a las plantas está vinculado con las preocupaciones sobre los efectos ambientales y sociales de los sistemas modernos de producción agrícola. En muchos países industrializados existe un creciente interés en las prácticas de cultivo orgánico, que dan mayor énfasis al reciclaje de materia orgánica. Aun así, las directrices internacionales sobre alimentos producidos orgánicamente permiten el uso de potasio cuando no es posible lograr condiciones adecuadas del suelo y nutrición del cultivo mediante el simple reciclaje de materiales orgánicos. El fertilizante de potasio (y, por lo tanto, la necesidad de extracción de potasa) tendrá vigencia mientras las prácticas agrícolas modernas sigan siendo la base para satisfacer las necesidades alimentarias del mundo.

## Notas

<sup>1</sup> H. Murray, Indiana University, Industrial Clays. Este estudio será publicado junto con los documentos de trabajo del MMSD.

<sup>2</sup> A menos que se indique, la información que aparece en este capítulo ha sido proporcionada por CRU Internacional. También se ha recibido información de McCloskey Coal, Gold Fields Mineral Services, el International Iron and Steel Institute, Naciones Unidas, el U.S. Geological Survey y el World Bureau of Metal Statistics.

<sup>3</sup> En la Tabla 5-1, el consumo de aluminio sólo se refiere a metal primario producido de bauxita; todo el consumo de aluminio originado en chatarra está separado y es adicional a esta cifra. El consumo de cobre se refiere a cobre refinado, del cual 86% de la producción de Occidente se elabora a partir de mineral y concentrado, mientras 14% es producido de chatarra; además, una gran cantidad de chatarra se recicla como aleación (especialmente latón). El consumo de plomo se refiere a plomo refinado, del cual actualmente en Occidente entre 60 y 62% es elaborado a partir de chatarra y el resto a partir de minerales y concentrados. Además, una pequeña cantidad de plomo es reciclada en forma de aleaciones. El consumo de acero se refiere a acero al carbono, 50% del cual se elabora de chatarra en Occidente. Además, la chatarra de acero inoxidable es reciclada como acero inoxidable. Las estadísticas de producción corresponden al año 2000.

<sup>4</sup> Visite el sitio Web del World Aluminium Institute en:  
<http://www.worldaluminium.org/production/recycling/index.html>.

<sup>5</sup> Definidos como Estados Unidos, Canadá, Europa Occidental, Japón, Australia y Nueva Zelanda, en las estadísticas de este capítulo.

<sup>6</sup> Información proporcionada por GFMS, FMI, CRU Internacional.

<sup>7</sup> Para Islandia, ver Norsk Hydro Ices Aluminum Smelter, Environment News Service del 4 de abril de 2002, en <http://www.corpwatch.org/news/PRT.jsp?articleid=2270>; ver 'World Bank in India, Car Culture Pushes Privatisation,' *AidWatch*, en <http://www.aidwatch.org.au/news/15/10.htm>; ver 'Chile Green Groups Question Aluminum Plant Comment,' *Planet Ark*, 3 de diciembre de 2001, en <http://www.planetark.org/dailynewsstory.cfm/newsid/13528/story.htm>.

<sup>8</sup> World Commission on Dams (2000).

<sup>9</sup> Los datos para la recuperación secundaria de aluminio son mucho menos completos que los de consumo primario. La principal forma de producción secundaria es la refundición de chatarra para producir lingotes de aleación. Esta información está bastante bien registrada, pero indudablemente hay algunas pequeñas fundiciones secundarias que no informan producción. También existen productores de palanquillas de chatarra (con algunas adiciones primarias). La producción de estas plantas está mucho menos documentada en Europa. Luego está la chatarra que es reutilizada directamente en plantas de semielaborados, que tienen sus propias instalaciones de laminado. Esta chatarra se puede producir en la misma planta o puede ser comprada a vendedores de chatarra. El registro de este material reciclado no está completamente documentado y en algunos países definitivamente no se lleva registro. Por último, una parte de chatarra de aluminio puro es fundida en instalaciones de fundición primaria y transformada en productos que se venden como aluminio primario. Los registros de este metal, si se hacen, son inciertos. Lo único lo que se puede decir con seguridad es que el volumen de aluminio reciclado es superior al informado. Esto debe tenerse en mente cuando se considera cualquier cálculo con respecto a la cantidad de chatarra de aluminio que se pierde en vertederos y que, teóricamente, podría ser reciclada.

<sup>10</sup> En este proceso se utiliza espectroscopia óptica inducida por láser. Mediante un láser se toman muestras de cada pieza de chatarra, cada una es identificada y luego separada por aleación. Si se demuestra su viabilidad comercial, este proceso incrementaría mucho más el valor de la chatarra de aluminio proveniente de automóviles triturados. El proceso está siendo probado por Huron Valley Steel Corporation y es promocionado por Auto Aluminium Alliance y Aluminium Association; ver US Department of Energy, Office of Industrial Technologies (2001); Comentarios sobre Reciclaje Internacional en el informe borrador de MMSD.

<sup>11</sup> MacMillan (2000).

<sup>12</sup> Ver 'Zambian Copper Chokes Miners', *Electronic Mail & Guardian*, del 29 de enero de 1997, en <http://www.mg.co.za/mg/news/97jan2/29jan-zamcopper.html>. Una lista de fundiciones se encuentra disponible en <http://www.ame.com.au/smelters/cu/smelters.htm>.

<sup>13</sup> Una batería estándar de automóvil SLI (Start, Light and Ignition [*Arranque, Iluminación y Encendido*]) contiene gran cantidad de plomo y de ácido sulfúrico.

<sup>14</sup> El estudio de movilidad que ahora es respaldado por el Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sustentable puede generar alguna luz con respecto a estas interrogantes.

<sup>15</sup> Gold Fields Mineral Services Ltd. (2001). En el total se incluyen artículos fabricados, al igual que la acumulación en barras y la producción neta de garantías e inversiones.

<sup>16</sup> World Gold Council (2001), pág. 17.

<sup>17</sup> Wedepohl (1995) calcula que existen 2,5 partes por mil millones de oro en la corteza terrestre continental.

<sup>18</sup> Gold Fields Mineral Services. De esto, se dice que alrededor de 70.000 toneladas están en forma de joyas y que 30.000 toneladas se encuentran en instituciones oficiales. *Ibid.*; comentarios de ICMM sobre el informe borrador de MMSD.

<sup>19</sup> Otto (2002).

<sup>20</sup> Visite <http://csf.colorado.edu/bioregional/apr99/0015.html> y <http://www.rainforestjukebox.org/gold/platform.htm>

- <sup>21</sup> World Gold Council, Londres, comunicados de prensa, 10 de mayo de 2001.
- <sup>22</sup> No debe confundirse esta organización con la Iniciativa Global para la Minería (GMI, en inglés).
- <sup>23</sup> Keynes (1936), pág. 129.
- <sup>24</sup> Robert A Mundell, citado en los comentarios que el Gold Institute hizo al informe borrador de MMSD.
- <sup>25</sup> World Gold Council.
- <sup>26</sup> *Ibid.*
- <sup>27</sup> La cifra total de trabajadores de South African Gold Mines cayó desde 474.851 en 1990 hasta 197,537 en 2000 (Chamber of Mines of South Africa).
- <sup>28</sup> Orellana (2001).
- <sup>29</sup> Visite World Gold Council, en <http://www.gold.org/finalgold/gold/Gra/Pr/Wr991006.htm>.
- <sup>30</sup> Esto se refiere al oro recuperado como producto derivado de la minería y la metalurgia extractiva de otros metales. El oro (o cualquier otro elemento comercial) es clasificado como producto derivado si no constituye la fuente principal de ganancias de la empresa que produce los metales. La principal fuente de oro derivado es la industria del cobre. Otras fuentes incluyen productores de platino, minas de plata y, a muy pequeña escala, minas de plomo y zinc.
- <sup>31</sup> En la Tabla 5–5, la palabra “reservas” se refiere a aquella parte de la base de reserva cuya extracción podría ser rentable o ser producida al momento de la estimación. El término no significa necesariamente que las instalaciones de extracción estén listas y operativas. Las reservas sólo incluyen materiales recuperables; de este modo, términos tales como “reservas extraíbles” y “reservas recuperables” son redundantes y no forman parte de este sistema de clasificación. El término “recursos” se refiere a esa parte del recurso que satisface los criterios químicos y físicos mínimos especificados con relación a las actuales prácticas mineras y de producción, incluyendo las de ley, calidad, espesor y profundidad. La base de reserva es el recurso estimado *in situ* (lo medido más lo indicado) a partir del cual se calculan las reservas. Puede englobar aquellas partes de los recursos que tienen un potencial razonable para estar económicamente disponibles dentro de límites de planificación más allá de lo que suponen tecnología probada y la economía actual. La base de reserva incluye aquellos recursos que son actualmente económicos (reservas), marginalmente económicos (reservas marginales) y algunos que son actualmente subeconómicos (recursos subeconómicos). El término “reserva geológica” que por lo general ha sido aplicado a la categoría de reserva de base, pero también puede incluir a la categoría de reserva de base inferida, no es parte de este sistema de clasificación.
- <sup>32</sup> Esta sección se basa en información proporcionada por McCloskey Group, la que ha sido complementada por datos disponibles en el sitio Web de World Coal Institute en <http://www.wci-coal.com>.
- <sup>33</sup> British Petroleum (2001).
- <sup>34</sup> Información sobre carbón de IEA (2001).
- <sup>35</sup> Houghton et al. (2001).
- <sup>36</sup> *Ibid.*; World Commission on Dams (2000).
- <sup>37</sup> Esta sección se basa en gran parte en información proporcionada por la International Fertilizer Industry Association, de París.
- <sup>38</sup> US Geological Survey (2000a).
- <sup>39</sup> Calculado en términos de la masa de óxido de potasio.
- <sup>40</sup> PNUMA (2001b).
- <sup>41</sup> FAO/Organización Mundial de la Salud (1999).