



Su Importancia Económica

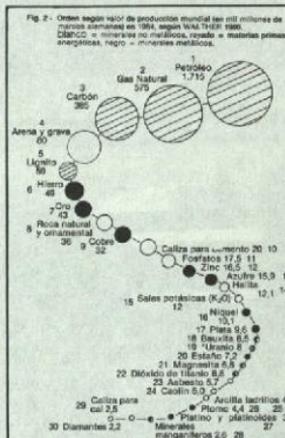
VALORACION GEOLOGICA- MINERA DE DEPOSITOS DE MINERALES NO METALICOS

Por: Dr. Walter Lorenz B.
Director Sección No Metálicos
del Servicio Geológico
Rep. Federal de Alemania

"Para el desarrollo y el abastecimiento de la industria de un país, los minerales no metálicos son de gran importancia. Para la economía política, la utilización de estos minerales es ventajosa, porque entre otros —en los demás casos— todos los pasos de la transformación se hace en el país mismo, generando valor agregado así como puestos de trabajo y, además, la realización de proyectos no metálicos necesita comparablemente poco capital".

INTRODUCCION

Actualmente se está buscando cada vez más minerales no metálicos especialmente en los países en desarrollo. La fascinación y atracción que irradian los metales se ha trasladado gradualmente a los no metálicos. Este fenómeno no solamente se basa en la baja del mercado de metales, sino en el hecho de que ahora se reconoce más claramente la importancia de las materias primas no metálicas para el desarrollo y el abastecimiento de las industrias básicas del país (véanse figs. 1 y 2), por ejemplo, para las industrias de la construcción, de la cerámica, del vidrio, de los fertilizantes, química, de la metalurgia y



otras. Se considera especialmente ventajoso el hecho de que en los demás casos todos los pasos del procesamiento (incluyendo la producción propia), y con esto la creación de plusvalía, tienen lugar en el país mismo utilizando mano de obra local y que relativamente poco capital es necesario para la realización de estos proyectos.

Nosotros, como geólogos-economistas, nos ocupamos de depósitos y yacimientos no metálicos y tarde o temprano tenemos que valorar depósitos individuales o el potencial minero de ciertas regiones. Por eso, los criterios que determinan el valor de un depósito o el potencial económico-minero de una región merecen todo nuestro interés.

DEFINICION

Antes de entrar en detalles sobre los criterios de valoración, parece adecuado dar una idea sobre lo que denominamos "minerales no metálicos" o, en otras palabras, "minerales (y piedras) industriales".

En general, las materias primas minerales se dividen en:

- metálicos
- no metálicos
- combustibles tradicionales (materias primas energéticas)
- combustibles nucleares (materias primas energéticas)
- agua.

La distinción entre agua y materias primas energéticas por un lado,

y entre estos dos grupos y los grupos restantes (metálicos y no metálicos) por el otro, está bien precisa. Pero no lo es entre metálicos y no metálicos.

Por ejemplo, el 90% de la bauxita producida es utilizada para la extracción del metal aluminio por métodos metalúrgicos, por eso se considera bauxita como materia prima metálica. Pero además se usa un 10% de la bauxita producida para fines muy distintos, sin tratarla con métodos metalúrgicos, por ejemplo, para la fabricación de refractarios, abrasivos y productos químicos, por eso la bauxita en parte, también pertenece al grupo de los no metálicos.

El mismo dualismo se encuentra en varios otros minerales como rutilo (titanio metal - pigmento blanco en papel y pinturas), mena mangánifera (manganeso metal - compuestos de manganeso para baterías y sustancias químicas) o ilmenita, zircon, berilo, minerales de litio y otros.

Según Bateman (1950) en el último siglo se usaba cromita principalmente para refractarios y por eso fue considerado un mineral no metálico. Pero con el desarrollo de aceros inoxidables al inicio de este siglo cromo se convirtió en un producto muy buscado para la fabricación de aleaciones con acero. Consecuentemente hoy se considera cromita generalmente una materia prima metálica.

También existen ejemplos que demuestran el caso opuesto: Todo el mundo considerará la sal (halita) como un mineral no-metálico, sin embargo también sirve para extraer el metal sodio y por consiguiente también puede ser considerado como mineral metálico. Ejemplos similares son sales potásicas, barita, celestina, magnesita y aun cuarzo y otros. Todo esto demuestra que la distinción entre metálicos y no metálicos solamente existe en la mente del hombre pero no en la naturaleza.

La tabla 1 resume las condiciones y lugares geológicos, donde normalmente se pueden encontrar yacimientos explotables de minerales no metálicos.

Fig. 1. Orígenes según producción mundial cuantitativa en millones de toneladas en 1963, según WALTER 1966.

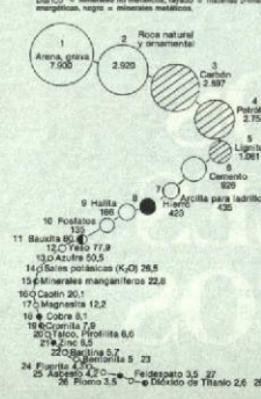


TABLA 2

mineral no metálico	requisitos esenciales									valorización	
	A geológicos (1ª cifra código)			B macro-económicos (2ª cifra del código)			C industriales/técnicos (3ª cifra del código)			suma total	código
	A1	A2	B1	B2	B3	C1	C2	C3	(+ suma de los puntos A hasta C)	(+ subtotales de A - B - C)	
	requisitos geológicos favorables datos geológicos acondados reservas inmediatas por minería y laboreo local volcan tóxicos de facil- tad de explotación satisfacción de los de- mandas proyectadas con petencia RPA, aumento de exportes infraestructura em- barable (transporte, ener- gía, agua) extracción fácilmente económicamente favorable beneficio/transforma- ción beneficiosa/for- económicamente favorable										
factor valorativo											
	x4	x1	x7	x2	x1	x2	x2	x1			
arcillas:									10	5-0-5 ¹	
1. - arc. para ladrillos	+	+							12-	4-5-4	
2. - bentonita	+		+			(+)			14	5-5-4	
3. - caolín	+		+			+			5	0-3-2 ¹	
4. arena y grava	+								2	0-2-0 ¹	
5. asbesto											
6. azufre	+	+				(+)			11-	5-2-4	
7. barita	+					+			5	1-2-2 ¹	
8. caliza (sustr. o, marne)	+		+						11	4-2-5	
9. - marne	+		+		x7	(+)			5	0-2-3 ¹	
10. - travertino	+		+			(+)			17-	5-2-5	
11. corindón				(+)					2-	0-2-0 ¹	
12. cuarzo est.	+		+		x7				15	5-5-5	
13. diatomita	+	(+)							12-	5-0-5	
14. dolomita									3	0-2-3 ¹	
15. esmeril				(+)					2-	0-2-0 ¹	
16. feldespato	+		+						9	4-3-2	
17. fluorita									2	0-2-0 ¹	
18. fosfatos	(+)		+			(+)			12-	4-4-4	
19. grafito	+		+						9	4-3-2	
20. hematita	+								4	3-2-2 ¹	
21. laterita									9	4-0-5 ¹	
22. magnetita									2	0-2-0 ¹	
23. mica									9	0-2-0 ¹	
24. opaca									2	0-2-0 ¹	
25. perlita	+								11	4-2-5	
26. piroclítica									3	2-2-2 ¹	
27. pómez	+								10	5-0-5 ¹	
28. puzolana	+	+							14	5-5-4	
29. roca natural (excl. caliza)	+								12	5-5-5	
30. sal									7	0-2-5 ¹	
31. talca									7	0-2-0 ¹	
32. tripoli						(+)			5	0-3-3 ¹	
33. yeso	+								13-	4-4-5	

cundo dos geólogos hablan del mismo depósito. Por eso en la tabla 3 se clasifican los depósitos de minerales no metálicos en grandes, medianos y pequeños, según tonelaje. En esta tabla se incorporó datos del Servicio Geológico de los EE. UU. y otros.

En la tabla 3 se tomó en cuenta que algunos depósitos forman grandes cuerpos en la naturaleza (por ejemplo, sales potásicas, arena y grava, roca natural), mientras otros solamente aparecen en enriquecimientos limitados (por ejemplo, caliza, mica en tablas, o las piedras preciosas).

Además, la dimensión de un depósito depende de la disponibilidad de la materia prima en cuestión y de su tipo genético. Si, por ejemplo, un país necesita caliza para sus industrias y solamente cuenta con pocos y pequeños depósitos, estos pequeños depósitos serán de gran importancia económica y tienden a ser

clasificados como depósitos "grandes". El influjo del tipo genético en la clasificación de depósitos, según su tamaño, se da en los fosfatos por ejemplo. Como se puede ver en la tabla 3, los fosfatos aparecen en la naturaleza en forma de guano o en otra forma (marina, sedimentaria, magmática). Un depósito de guano con más de 20 millones de toneladas de reservas (e. d. contenido de mineral) se puede clasificar como "grande", mientras que depósitos de otro origen solamente se clasifican como "grande" cuando las reservas sobrepasan los 100 millones de toneladas.

También la calidad de la materia prima y su uso potencial influyen en la clasificación de un depósito según el tamaño: Un yacimiento "grande" de caliza destinado para la utilización como "filler" (material de relleno) normalmente es más pequeño que un yacimiento "grande" de caliza destinado a la producción

"Minerales no metálicos son aquellas sustancias minerales utilizadas en procesos industriales directamente o mediante una preparación adecuada, en función de sus propiedades físicas y químicas y no en función de las sustancias potencialmente extraíbles de las mismas ni de su energía".

Mendiña 1982.



de cemento. Hasta el tipo de extracción ejerce una influencia sobre la denominación del tamaño de un depósito: Reservas explotables de una mina subterránea normalmente han de ser más grandes que las de una mina con extracción a cielo abierto

TABLA 3

mineral

contenido de mineral en toneladas métricas (t)

mineral	contenido de mineral en toneladas métricas (t)														
	1-10	10-100	100-1.000	1.000-10.000	10.000-50.000	50.000-100.000	100.000-500.000	500.000-1 Mio	1 Mio-5 Mio	5 Mio-10 Mio	10 Mio-20 Mio	20 Mio-50 Mio	50 Mio-100 Mio	100 Mio-200 Mio	>200 Mio
alunita															
- extracción por galerías															
- extracción a cielo abierto															
asbesto															
baritina															
berilo (para refractarios)															
bonite (como BaO)															
potasa, ceniza volcánica															
boro, minerales de (como B ₂ O ₃)															
brucita (compuestos)															
crocoíta (como Cr ₂ O ₃)															
calcetina															
cordierita (folita)															
distena															
dolomita															
berlas coloradas (p. g. arena)															
feldespato															
florita															
yeso															
- extracción por galerías															
- extracción a cielo abierto															
glaucocita															
mosaico															
- muscovita, flogopita, sericita															
- vermiculita															
grafito:															
- grafito cristalizado															
- grafito "amorfo"															
sales potásicas (p. g. sylvina)															
caliza, calcita															
- para cemento															
- para cal															
- para carga, química															
arena y grava															
arcilla															
óxido, minerales de (como Li ₂ O)															
magnesita															
manganeso, minerales de															
sales sódicas:															
- sosa															
- sal gema (halita)															
fosca natural:															
- pizarras															
halita, halocita															
olivino/dunita															
perla															
fosfatos (como P ₂ O ₅):															
- marino - sedimentario, magmático															
- yeso															
perleíta															
Cuarzo, cuarzo, arena cuarzosa:															
- para vidrio															
- para refractarios															
- cuarzo oscilante															
piedras preciosas															
azufre															
minerales pesados:															
- rutilo (incl. anatasa)															
- ilmenita (incl. leucoseno), como TiO ₂															
- zircon (como ZrO ₂)															
- monacita															
- estaurolita															
minerales silíceas:															
- distena															
- andalúcita															
- sillimanita															
talco															
arcillas:															
- esmectitas (p. g. "bentonita")															
- heulanditas (p. g. pulgorskita, sepiolita)															
- talcín															
- arcillas refractarias															
- arcillas para gres															
- arcillas para ladrillos															
- arcillas y zeolitas expansibles															
hipo:															
epistonta															
zeolitas (p. g. analcima)															

DR W. Lorenz

----- pequeño

----- mediano

----- grande

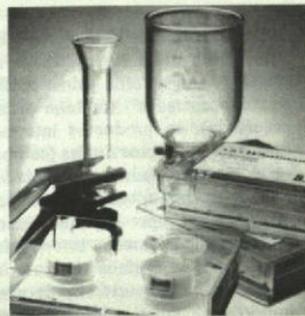
sas y arruinar (o por lo menos retardar) las posibilidades de una explotación económica.

Como se puede observar en la tabla 3, depósitos no metálicos de dimensión mediana normalmente alcanzan 500.000 - 10 millones de toneladas de mineral contenido por término medio. Algunas materias primas fácilmente sobrepasan estos valores (por ejemplo, alunita, sales potásicas, halita, olivino/dunita, fosfatos marinos), mientras otras sólo alcanzan dimensiones inferiores (por ejemplo, berilo, fluorita y calcita óptica, piezocuarzo, piedras preciosas).

CALIDAD

La calidad también es un criterio de primacía en la valoración de un depósito. En una publicación como ésta, que intenta dar una vista general sobre los diferentes aspectos en la valoración de depósitos y yacimientos no metálicos, no hay lugar para entrar en detalles referente a las especificaciones cualitativas, que además varían en cada mineral según su empleo, la técnica del procesamiento y otros factores. Sin embargo, trataré de dar por lo menos, una idea general sobre los factores que definen la calidad de una materia prima.

La "calidad" de una materia prima mineral se puede definir como la suma de propiedades con que está provista. Estas propiedades están determinadas por varias investigaciones y pruebas, que sólo en parte se puede efectuar en los laboratorios de un Servicio Geológico normalmente equipado (véase la tabla 4).



(compárese yeso y/o anhídrita en la tabla 3).

Las dimensiones dadas en la tabla 3 solamente deben servir como norma o guía para geólogos de exploración y ayudarles a una aprecia-

ción y evaluación más crítica y objetiva de los datos y resultados obtenidos. No sólo la atribución de un valor excesivo a un yacimiento, sino también la subvaloración pueden llevar a decisiones de inversión fal-

TABLA 4

	mineral crudo	"concentrado"	producto intermedio	producto final
materias	pómez crudo	pómez beneficiado de granulación definida	I - agregado liviano II - polvo de roca	A - concreto B - material de relleno C - abrasivo D - aditivo para lodos de perforaciones E - adsorbente F - filtros etc.
	propiedades técnicas	- distribución granulométrica - composición química - composición mineralógica/petrográfica	- granulometría (I, II) - resistencia a la compresión (I) - resistencia al impacto (I) - composición química (II) - comp. mineral/petrográf. (I, II) - porosidad (I) - peso volumétrico (I) - adherencia (I, II) - abrasión (II, I) - remisión (blancura) (II) etc.	además de los datos técnicos de la materia prima también se determinan las propiedades técnicas del producto final como característica cualitativa indirecta de la materia prima, p. e. para A (concreto): - resistencia a la compresión del concreto - cemento requerido - agua requerido

tipo de mineral	contenido de Sr SO ₄ (%)	sustancias estorbantes
mineral pobre	(> 40) - > 50	} cuarzo, baritina, metales pesados
mineral rico	> 80	

TABLA 5 a)

b) Concentrado::

TABLA 5 a)	en % de peso					peso específico	tamallo de grano (mm)
	SrSO ₄	BaSO ₄	CaSO ₄	SiO ₂	Fe ₂ O ₃		
concentrado preliminar	88 - 94					} 3,95 - 3,97	
concentrado final	> 95 > 92	< 2	0,7	< 2	0,5		
especificaciones de "US stockpile" (para uso pirrotécnico)	> 93	< 2	< 1,5		< 2		> 90% > 5

La investigación de las propiedades de minerales no metálicos se efectúa en la materia prima cruda, en "concentrados" (materia prima procesada), en productos intermedios o en productos finales (compare el ejemplo dado en la tabla 5). Cuando se comunican los resultados obtenidos, siempre hay que describir el tipo de la muestra investigada, es decir, si se trataba de material crudo, procesado, etc. Es de gran importancia saber si la granulometría

ideal para un agregado para concreto ya se encontró en el material crudo o —después de un procesamiento más o menos costoso— en el concentrado. Esta declaración afecta entonces la valoración económica y cualitativa de un depósito.

La determinación de las propiedades técnicas genera datos y cifras con respecto a la composición química y mineralógica, a la granulometría y a otras propiedades físicas. La combinación de las cualidades

mineralógicas, químicas y físicas determinan el uso potencial de un cierto mineral no metálico. Para cada uso industrial específico los datos técnicos tienen que cumplir ciertos valores: las especificaciones. Estas especificaciones son cada vez más exigentes, conforme al hecho de si se trata sólo del material crudo, si ya es beneficiado, o si se trata de un producto intermedio o final, respectivamente.

Un hecho estrechamente conectado con la apreciación de la calidad de un mineral no metálico es un conocimiento profundo sobre la gran diversidad en el empleo industrial potencial del mineral. Como ya mencionado, la combinación de las propiedades de un mineral determinan sus posibles aplicaciones. La gama de usos de un mineral individual generalmente es muy amplia.

Para esto es necesario hacer las siguientes anotaciones

—Primero, los minerales no metálicos mencionados en la primera columna generalmente no son minerales individuales, sino que forman grupos de diferentes minerales (por ejemplo, bauxita contiene todos los minerales bauxíticos, como diasporita, boehmita y gibbsita; otro ejemplo es feldespato que comprende todos los minerales feldespáticos, como ortoclasa, plagioclasa, microclina, albita, anortita y otros). Como los minerales individuales se distinguen por sus propiedades, declaraciones sobre grupos siempre son algo generalizadas.

Segundo, los grupos de productos y productos intermedios no están bien equilibrados. Por ejemplo el término "cerámica fina" o "productos químicos" es bien amplio y por consiguiente abarca más de 25 minerales (respectivamente grupos de minerales) que potencialmente se podrían utilizar para estos fines.

Por otro lado, el término "arena y gravas para la construcción" describe una aplicación muy específica y consecuentemente sólo hay 3 minerales enumerados.

minas.

PREPARACION

La preparación también es parte de la tarea del ingeniero de minas. A pesar de ello, un buen conocimiento general sobre los diferentes métodos de preparación es de gran ayuda para el geólogo que valoriza un depósito. Por lo menos debería tener una idea general sobre posibilidades y límites de los diferentes métodos y tiene que tomar en cuenta los costos adicionales de una beneficiación, así como la disponibilidad de energía, de agua y las posibilidades del transporte.

La tabla 9 sirve para traer a la memoria los métodos de preparación más utilizados en los no metálicos. En la tabla se distingue los métodos de concentración de los métodos preparativos y adicionales. Los métodos preparativos y adicionales están divididos en métodos meramente físicos y métodos físico-químicos.

Sólo excepcionalmente no se aplica ningún método de concentración (por ejemplo: arcilla para ladrillos). Generalmente se usan métodos de concentración en sistemas de diferentes fases mineralógicas, es decir, en mezclas de minerales, mientras que en sistemas más simples (por ejemplo, de sólo un mineral, como en arena silíceo) semejantes métodos pueden ser innecesarios.

La extracción de rocas y tierras (al contrario de los minerales industriales en el sentido estricto) generalmente es sencillo, barato y no se necesita una preparación complicada. En cambio la extracción de minerales industriales propios está asociada a una preparación más compleja y costosa.

Hay que mencionar que en la tabla 9 todos los métodos usualmente aplicados aparecen en forma acumulativa, es decir, que los métodos enumerados no se emplean todos al mismo tiempo, sino sólo algunos (o ninguno) de ellos, según sea necesario.

formas, o también pueden resultar como productos residuales. Por ejemplo, se utiliza cierta escoria metalúrgica, llamada "calumite", en gran escala como sustituto de feldespato o sienita nefelínica en la producción de vidrio, cerámica y esmalte. Reutilización, también, puede producir sustitutos: Por ejemplo se puede reutilizar el pavimento de carreteras o paredes y muros de concreto o ladrillo después de un tratamiento adecuado como material de construcción. Vidrio reciclado es una materia prima importante en muchos países.

Siempre, cuando se trata de la aplicación de sustitutos en procesos industriales, hay una cuestión crucial, la de los costos.

Los pasajes siguientes se refieren a algunos aspectos que forman parte de estudios profundos de otros expertos que no son geólogos. Sin embargo, un geólogo de minas bien calificado tiene que tomar en cuenta esos aspectos en la valoración de depósitos no metálicos. Aunque el geólogo no sea el experto para estudiar estos aspectos en detalle, no obstante puede compilar datos básicos para incorporarlos en su dictamen.

EXTRACCION

Sin entrar en detalles con respecto a este tema se pueden distinguir dos métodos de extracción: la de a cielo abierto y la subterránea (por galerías). Otras formas de extracción se pueden considerar como excepcionales (por ejemplo: extracción por solución en el caso de azufre o de diferentes sales).

Generalmente, las operaciones subterráneas son más costosas que las de a cielo abierto, un hecho que hay que considerar bien. Pero el experto en geología económica (o el geólogo de exploración) no es el adecuado para tratar detalles sobre los diferentes y complicados métodos de extracción y su empleo más rentable. Un buen conocimiento general normalmente debe de ser suficiente para un geólogo-economista y un geólogo de exploración. Un estudio más detallado y profundo sería la tarea de un ingeniero de

Tercero, frecuentemente no es posible decir qué materia prima se puede utilizar en cuál industria o al revés. Relaciones directas solamente existen entre materia prima y producto o producto intermedio (y al revés) y entre producto o producto intermedio e industria de aplicación (y al revés). Pero en muchos casos no se debe deducir ninguna relación directa entre materia prima e industria de aplicación (y al revés).

SUSTITUTOS

En muchos casos se puede sustituir un mineral por otro. El sustituto sólo tiene que cumplir esencialmente las mismas funciones técnicas en un proceso industrial, al mismo precio (o más moderado). Por consiguiente, las propiedades técnicas de un sustituto son fundamentalmente las mismas del mineral original sustituido.

Si un sustituto es más barato, a veces aun puede permitir ciertas excepciones respecto a las especificaciones cualitativas altas, porque los costos de producción más moderados causan una ventaja en el mercado aunque sea a costo de la calidad del producto.

Frecuentemente se usan sustitutos por no tener materia prima "original" disponible dentro de distancias aceptables del lugar de la producción industrial. En Escandinavia, por ejemplo, se utiliza talco como "filler" en la industria del papel en vez de caolín, que localmente no es disponible fácilmente. Por la misma razón los japoneses usan pirofilita.

En la valoración de depósitos no metálicos un conocimiento sobre posibilidades de la sustitución no sólo es de importancia para la búsqueda de materias primas alternativas, sino también para la evaluación y el análisis correctos de las condiciones reinantes en el mercado.

Se puede distinguir entre sustitutos naturales y artificiales (sintéticos). Se producen sustitutos artificiales a propósito y entonces poseen propiedades cualitativas uni-

ta. Normalmente se consumen los no metálicos en la vecindad de la mina o, por lo menos, dentro del país mismo.

Transportes al país vecino o al resto del mundo, más bien son una excepción. Por este hecho existe la tendencia a decir "busca un mercado y luego busca un mineral" en vez de "encuentra un mineral y busca un mercado".

El mercado está regido por la demanda, la oferta y los precios. La oferta de minerales no metálicos no sólo significa aprovisionamiento de cierta cantidad, sino adicionalmente significa: aprovisionamiento de una cierta calidad mantenida uniformemente durante largo tiempo a precios adecuados combinado con un servicio adecuado por parte del proveedor. Si uno no puede garantizar esto, el comprador potencial se dirigirá a otro productor de minerales no metálicos, aun cuando éste venda a precios un poco más elevados.

La imposibilidad de garantizar durante largo tiempo una calidad uniforme a precios adecuados frecuentemente destruye las expectativas ligadas a un depósito y destruye conexiones comerciales. Esto es aun peor, porque el mercado para no metálicos es conservador, es decir, que es difícil de conquistar por novicios. La razón para esto se basa en el hecho que cuando una vez la materia prima mineral da buenos resultados en la transformación industrial, los compradores se fijan en este material y temen introducir un mineral de otro depósito que podría diferir del mineral anterior —aun cuando sea insignificante— y que podría provocar dificultades técnicas en la producción.

Un análisis del mercado tiene que dar respuestas a cuestiones como los siguientes (según B. Coope, 1982):

—¿Cuál es el porcentaje del mercado que se puede conquistar?

—¿Cuáles son los precios ex fábrica después de la deducción de los costos para el transporte, el embalaje y el almacenamiento?

—¿Qué competencia hacen los materiales alternativos (incluso sustitutos naturales y sintéticos)?

—¿Qué ramo de la industria está

consumiendo el mineral en cuestión?

—La componente mineral, ¿forma una parte mayor o menor en el producto del consumidor de minerales?

—¿Cuál es la perspectiva futura de la industria que utiliza los minerales?

—¿Qué calidades se tendrían que producir en un cierto depósito?

—El mineral en cuestión, ¿tiene un potencial para la exportación debido a alguna propiedad técnica?

—¿Quiénes son los competidores en la región y/o en países vecinos?

—¿Hay posibilidades para la sustitución de importaciones?

El potencial para la sustitución de importaciones se puede estimar estudiando las estadísticas de las importaciones, no sólo de las materias primas mismas sino también de los productos fabricados de ellos. Las estadísticas de la producción reflejan la cantidad, el valor y la tendencia del consumo de los no metálicos y sus productos en el país. Las estadísticas de las exportaciones solamente manifiestan los volúmenes ya exportados; pero no dan informaciones sobre el potencial adicional de otras exportaciones (mineral o producto). Por lo menos se necesita un conocimiento aproximado sobre la situación del mercado en los países vecinos para juzgar bien las posibilidades de exportación.

El potencial del mercado para las materias primas y para los productos primarios por un lado, y para los productos primarios, intermedios o finales por el otro, normalmente es muy diferente. Muchas veces, por ejemplo, será posible la exportación de vidrio hueco o plano, pero no de arena sílice aun cuando fuera beneficiado.

Para la evaluación de un depósito, el geólogo tiene que tener una vista general sobre los mercados, por ejemplo, por medio de relaciones comerciales, instituciones y asociaciones públicas y privadas de comercio, etc., y además necesita un amplio conocimiento sobre los varios usos de un mineral en cuestión, así como sobre la gran gama de especificaciones o calidades. Hay

que incorporar especialistas y realizar estudios más detallados en casos difíciles.

Sin embargo, un geólogo-economista (geólogo de minas) debería ser capaz de dar un resumen de los hechos y factores reinantes en el mercado en cuestión. Investigaciones y análisis más detallados naturalmente es tarea de expertos, como economistas y analistas del mercado.

OTROS CRITERIOS

Otros criterios que hay que tener en cuenta abarcan, por ejemplo, aspectos políticos y/o legales, como protección del medio ambiente, seguridades y garantías, clima de inversión, programas del Estado referente a la economía en general o al desarrollo (véase tabla 4). También estos factores juegan un papel favorable o desfavorable en la valoración y más decisivamente en el desarrollo de un depósito.

VALORACION DEL POTENCIAL GEOLOGICO-MINERO REGIONAL

A veces la tarea de un experto en geología económica no consiste en la valoración de un depósito individual de no metálicos, sino en la evaluación del potencial de un país entero o de partes de él. Para lograrlo, podría ser útil un modelo de valoración que se presenta en el siguiente ejemplo.

Si el geólogo tiene que seleccionar de una larga lista de materias primas en un país aquellos minerales que podrían ser de importancia extraordinaria para el desarrollo del país, hay que tener una vista global sobre el potencial no metálico. El fin es, por eso, preparar una lista de prioridades de aquellos minerales que hay que desarrollar con preferencia, por ejemplo con la ayuda de donadores internacionales (asistencia técnica), actividades de empresas nacionales e internacionales, programas promocionales del Gobierno y/o actividades geológicas y mineras del país mismo.

Los más importantes criterios para la estimación y valoración del

significado potencial de los recursos no metálicos son requisitos geológicos, macroeconómicos e industriales/técnicos favorables. El modelo de valoración a presentarse aquí está intentado a ayudar en llegar a opiniones y prioridades tan objetivo como posible en una fase temprana, es decir, antes de la planificación e implementación de proyectos concretos.

En breve, el modelo de valoración:

- intenta de objetivar la experiencia y opinión personal;
- intenta producir una lista prioritaria más objetiva de aquellos minerales que bajo los aspectos económicos y geológicos presentan el potencial más grande;
- hay que tratarlo sólo como uno de los medios para llegar a decisiones;
- no puede reclamar validez absoluta, porque todavía las opiniones subjetivas juegan un papel, y finalmente
- hay que adaptarlo, según necesidad, a las circunstancias económicas y prioridades cambiantes en la política nacional y hay que actualizarlo para incorporar los conocimientos nuevos.

Este modelo entonces está diseñado para prevenir la situación de que un geólogo ponga más atención a los aspectos geológicos, con que naturalmente está más familiarizado, que a los aspectos macroeconómicos, infraestructurales y a la industria y la técnica.

El modelo de valoración se presenta tomando a Ecuador como ejemplo (tabla 10).

LOS REQUISITOS ESENCIALES

Los requisitos esenciales para el desarrollo del país (A: geológicos, B: macro-económicos, C: industriales/técnicos) se clasificaron más detalladamente en subdivisiones. Las denominaciones en estas subdivisiones son (mejor dicho: eran) válidas para Ecuador, y lógicamente pueden diferir mucho en otros países. Por ejemplo, en el caso de Ecuador

TABLA 10			
Criterios para la valoración			
geológicos	industriales, técnicos	económicos	otros
TAMANO DEL DEPOSITO (CANTIDAD)	Extracción	INFRAESTRUCTURA: - energía - agua	p. e. aspectos políticos y/o legales - medio ambiente - regulaciones de mercado
CALIDAD DE LA MATERIA PRIMA (usos potenciales)	Beneficiación	- transporte	- seguridades, garantías
Sustitutos	Fabricación de productos	- (mano de obra)	- clima para inversión - programas del Estado (economía, desarrollo)
		MERCADO: - oferta - demanda - precios	

la subdivisión B 3, la posibilidad de aumentar las exportaciones, tiene cierta importancia, pero puede ser sin interés en otros países y por consiguiente se omitirá este punto. Por otro lado, podría haber algunos países con otras condiciones aquí no mencionadas, por ejemplo, condiciones políticas y legales, que son de tan grande importancia que sería recomendable introducir una cuarta división "D" y tal vez más. La subdivisión B 1 denominada "interés inmediato por empresa y/o Gobierno nacional" se refiere a casos donde ya había actividades preliminares por parte de entidades y compañías privadas y públicas y donde actividades adicionales (por ejemplo, geológicas) probablemente conducirían a la fase productiva.

EL FACTOR VALORATIVO

El significado relativo de los requisitos esenciales enumerados en las divisiones A - C varían según el país; este hecho se tiene en cuenta por medio de un factor valorativo con el cual se tiene que multiplicar las entradas (cruces) detrás de cada mineral en cuestión. Para trabajar más fácilmente con el modelo se recomienda distribuir los factores valorativos de tal forma que en cada división (A hasta C en el ejemplo presentado) se obtenga la misma suma, 5 en este caso. Aquellos requisitos mencionados en las subdivisiones (A 1 hasta A 2, B 1 hasta B 3, C 1 hasta C 3), que son de importancia extraordinaria para el

país, tienen un factor valorativo más alto que aquellos de menor importancia. Por ejemplo, en el caso de Ecuador la subdivisión B 3 ("aumento de la exportación"), de acuerdo con el Servicio Geológico Nacional y otras entidades estatales, recibió un factor más bajo que las otras subdivisiones B 1 ("interés inmediato por empresas, etc.") y B 2 ("posibilidades de la sustitución de importes") que se estimó de mayor importancia.

En otros países posiblemente hay que distribuir los factores valorativos diferentemente que corresponden a las prioridades reconocidas. Como ya se ha mencionado, naturalmente es posible cambiar la suma máxima de puntos alcanzables en cada división según necesidad y practicabilidad.

LOS MINERALES NO METALICOS

Los no metálicos existentes en el país aparecen en la lista por orden alfabético. La existencia de los minerales se tomó de reportes, publicaciones y otros y, tal vez, de descubrimientos propios del geólogo en el campo.

LA VALORACION

Para cada mineral de la lista, hay que comprobar si los requisitos mencionados en las divisiones A hasta C son favorables. En caso afirmativo, se pone una cruz en las subdivisiones correspondientes. Si se estima los requisitos como solamente "relativamente favorables" o "parcialmente favorables", se puede indicar esto poniendo la cruz en paréntesis. Además, una nota en las

TABLA 11

prioridad	suma total	código	materia prima
1	15	5 - 5 - 5	materia prima cuarzosa
2	14	5 - 5 - 4	caolín
3	14	5 - 4 - 5	puzolana
4	13	5 - 3 - 5	marmol
5	13-	4 - 4 - 5	yeso ¹
6	12	5 - 2 - 5	roca natural (exc. caliza)
7	12-	4 - 4 - 4	bentonita
8	12-	4 - 4 - 4	fosfatos ¹
9	12-	5 - 2 - 5	travertino
10	12-	5 - 2 - 5	diatomita
11	11	4 - 2 - 5	caliza; perlita
12	11-	5 - 2 - 4	azufre
13	9	4 - 3 - 2	feldespato
14	8	4 - 2 - 2	grafito

entradas de la subdivisión B 3 ("aumento de las exportaciones") indica si las exportaciones tienen un potencial en forma cruda o procesada del mineral o sólo en forma de un producto industrial (terminado o intermedio).

Normalmente es difícil de estimar la situación infraestructural, especialmente si hay algunos depósitos con buena y otras con mala infraestructura. Existen varias posibilidades de solución: Primero, se puede generalizar la observación respecto a la infraestructura, abarcando todos los depósitos de la lista, como en este ejemplo presentado. Segundo, se puede marcar la cruz respectiva en la subdivisión "infraestructura" con una nota, indicando cuáles son los depósitos con buena o con mala infraestructura. Tercero, se podría insertar en la columna de los minerales debajo del mineral respectivo los depósitos individuales y marcar las cruces donde aplican según las condiciones infraestructurales.

Después de la inscripción de las cruces detrás de todos los minerales se las multiplica con el factor valorativo respectivo resultando una suma total.

Si cruces en paréntesis son tenidas en cuenta, la suma total está marcada con un signo negativo.

Aunque la suma total de las cruces ya nos da una idea general sobre condiciones favorables o desfavorables para la prospección o exploración de un cierto mineral, el código en la extrema derecha del modelo

es aún más informativo. El código consiste de los subtotales de cada división A, B y C. Como la suma máxima en cada división es 5, un código 5 - 5 - 5 describiría un mineral con los óptimos requisitos, mientras el código 0 - 0 - 0 describiría un mineral con requisitos pésimos.

Los minerales, de los cuales el código muestra un 0 o 1 como primera cifra (la que corresponde a la primera división A) y un 0 como segunda cifra (correspondiente a la división B), no se tiene que clasificar como proyectos recomendables. Pues si los requisitos geológicos son desfavorables, eso es un hecho natural y limitativo y entonces no se deben promover más actividades en la exploración o prospección. En cierto grado esto también es válido para la división B ("requisitos macro-económicos").

Al contrario, los requisitos de la división C ("requisitos industriales/técnicos"), aunque sean desfavorables, no ejercen tanta influencia sobre la valoración, porque normalmente se puede mejorarlos con medidas industriales y/o técnicas adecuadas.

Sin embargo hay que tener en cuenta, qué minerales, aunque estén clasificados como "impropios" en las divisiones A y B en el futuro eventualmente pueden convertirse en "apropiados" de acuerdo con el conocimiento geológico y los intereses y condiciones económicas cambiantes. Lógico, que el modelo de valoración solamente refleje la



situación presente y necesite actualización y corrección según el cambio de las condiciones generales.

LA LISTA DE PRIORIDADES

Ahora se puede establecer una lista de los minerales según prioridades (tabla 11) sea en dependencia de la suma total (que es fácil de comprender), o sea en dependencia de los códigos (que es más sustancial). Minerales no recomendables (es decir, con 1 o 0 como primera cifra y 0 como segunda cifra en el código) quedan omitidos.

En esta lista de prioridades hay la posibilidad de marcar minerales, aunque cumplan los requisitos, que no se prestan a más actividades geológicas, a causa, por ejemplo, de concesiones dadas o, si se trata de asistencia técnica, a causa de proyectos ya existentes o planificados por otros países donadores.

También sería posible una lista de prioridades solamente basada en los códigos. En este caso habría que ordenar los códigos de tal forma, que las primeras dos cifras tengan preferencia (por su indispensabilidad) sobre la tercera cifra, por ejemplo: 5 - 5 - 2 ante 5 - 4 - 5, aunque la suma total de los puntos alcanzados diera por resultado otra secuencia.