

Yacimientos minerales: los tesoros de la Tierra

CARLES CANET MIGUEL
ANTONI CAMPRUBÍ I CANO



En 1984 el Fondo de Cultura Económica concibió el proyecto editorial La Ciencia desde México con el propósito de divulgar el conocimiento científico en español a través de libros breves, con carácter introductorio y un lenguaje claro, accesible y ameno; el objetivo era despertar el interés en la ciencia en un público amplio y, en especial, entre los jóvenes.

Los primeros títulos aparecieron en 1986, y si en un principio la colección se conformó por obras que daban a conocer los trabajos de investigación de científicos radicados en México, diez años más tarde la convocatoria se amplió a todos los países hispanoamericanos y cambió su nombre por el de La Ciencia para Todos.

Con el desarrollo de la colección, el Fondo de Cultura Económica estableció dos certámenes: el concurso de lectoescritura Leamos La Ciencia para Todos, que busca promover la lectura de la colección y el surgimiento de vocaciones entre los estudiantes de educación media, y el Premio Internacional de Divulgación de la Ciencia Ruy Pérez Tamayo, cuyo propósito es incentivar la producción de textos de científicos, periodistas, divulgadores y escritores en general cuyos títulos puedan incorporarse al catálogo de la colección.

Hoy, La Ciencia para Todos y los dos concursos bienales se mantienen y aun buscan crecer, renovarse y actualizarse, con un objetivo aún más ambicioso: hacer de la ciencia parte fundamental de la cultura general de los pueblos hispanoamericanos.

LA CIENCIA PARA TODOS

214

Yacimientos minerales

CARLES CANET MIQUEL
ANTONI CAMPRUBÍ i CANO

Yacimientos minerales

Los tesoros de la Tierra



Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación



FONDO
DE CULTURA
ECONÓMICA

Primera edición, 2006

[Primera edición en libro electrónico, 2013]

Canet Miquel, Carles, y Camprubí i Cano, Antoni

Yacimientos minerales: Los tesoros de la Tierra / Carles Canet Miquel y Antoni Camprubí i Cano. — 1ª ed.— México : FCE, SEP, Secihti, CAB, 2006

232 p. : ilus. ; 21 × 14 cm — (Colec. La Ciencia para Todos ; 214)

ISBN 978-968-16-7904-0

1. Minerales. 2. Geología 3. Ciencias de la Tierra 4. Divulgación científica I. Camprubí i Cano, Antoni, coaut. II Ser. III. t.

LC TN19

Dewey 508.2 C569 V.214

Distribución mundial

La Ciencia para Todos es proyecto y propiedad del Fondo de Cultura Económica, al que pertenecen también sus derechos. Se publica con los auspicios de las secretarías de Educación Pública y de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación.

D. R. © 2006, Fondo de Cultura Económica
Carretera Picacho-Ajusco, 227; 14110 Ciudad de México
www.fondodeculturaeconomica.com
Comentarios: editorial@fondodeculturaeconomica.com
Tel.: 55-5227-4672

Diseño de portada: Neri Ugalde Guzmán

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra, sea cual fuere el medio, sin la anuencia por escrito del titular de los derechos.

ISBN 978-968-16-7904-0 (rústico)

ISBN 978-607-16-0336-4 (electrónico-epub)

ISBN 978-607-16-9238-2 (electrónico-pdf)

Impreso en México • *Printed in Mexico*

A JENARO GONZÁLEZ REYNA, sistematizador de
los yacimientos de México.

En su obra caudal, *Riqueza minera y yacimientos minerales de México*, cuya primera edición fue publicada en 1944, el geólogo michoacano Jenaro González Reyna (1905-1967) no sólo realizó quizás el primer trabajo sistemático y exhaustivo de los yacimientos minerales de México, sino el único hasta la fecha. Igualmente, señaló con precisión y percepción crítica cuáles deberían ser las regiones susceptibles de exploración y explotación mineras como en efecto se están desarrollando actualmente en la región del río Balsas. Dicho trabajo, junto con el resto de su labor, sigue aún hoy día siendo una guía casi indispensable para quienes trabajan en el campo de la minería y de la metalogé-
nia.

AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos, en primer lugar, agradecerle a Rosa María Prol Ledesma, del Instituto de Geofísica de la UNAM, el habernos animado (mejor deberíamos decir “retado”) a escribir este libro, tan necesario desde nuestro modesto punto de vista. Igualmente, su extensa revisión crítica del texto contribuyó de manera más que significativa a darle mayor claridad y mejor contenido. Ojalá sea también útil.

La mayoría del material fotográfico incluido en este libro fue obtenido por los autores, aunque buena parte del mismo cortésmente fue cedida por numerosos colegas. Nuestros amigos Joaquín Proenza Fernández y Joan-Carles Melgarejo, del Departamento de Cristal·lografía, Minerología i Dipòsits Minerals de la Universidad de Barcelona, nos proporcionaron abundantes fotografías de yacimientos de la Faja Pirítica Ibérica, de las minas de Almadén y de otras localidades, por lo que pudimos escoger entre un abundante material fotográfico. De la misma institución, Àngels Canals no sólo ofreció su apoyo más entusiasta al proyecto del libro, sino que también nos beneficiamos de sus comentarios. Además, nos permitieron el acceso a la colección de muestras para uso docente de dicho Departamento para tomar fotos de las mismas con

el fin de ilustrar este libro. Las fotos del interior de mina del yacimiento La Guitarra, de Temascaltepec, fueron tomadas por Noel White, mientras que Ramón Guillermo Pérez Vázquez, Yann René Ramos Arroyo y Juan Carlos Cruz Ocampo nos proporcionaron fotos adicionales de zonas mineras de Cuba, de aguas de mina de México y de objetos ornamentales diversos, respectivamente.

Josep Bosch y, por medio de él, el Museu de Gavà amablemente nos cedieron fotos de la galería del complejo neolítico de esa localidad catalana, así como fotos de adornos corporales hallados en enterramientos de la misma época. Igualmente, la Fundación las Médulas, por medio de María Ruiz del Árbol, tuvieron la gentileza de aportar varias fotos tomadas por Francisco Javier Sánchez-Palencia, del Instituto de Historia, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, en dicho paraje, además de soportar de la mejor manera nuestra insistencia.

Tom Musselman también cooperó de forma entusiasta en este trabajo con una apreciable cantidad de fotografías sensacionales de las Barrancas del Cobre, Chihuahua.

Nuestra debida gratitud a Arturo Gómez Caballero, del Instituto de Geología de la UNAM, quien nos ilustró abundantemente sobre las particularidades de los términos mineralógicos en lengua náhuatl y nos facilitó la tarea proporcionándonos información que, de otra forma, nos hubiera costado mucho trabajo reunir. Asimismo, María Guadalupe Villaseñor Cabral, del mismo Instituto, nos proporcionó información útil para la elaboración de este libro.

Nuestro agradecimiento también para el personal del Fondo de Cultura Económica, que se interesó por la propuesta que condujo a la elaboración de este libro o que nos ha asistido amablemente a partir de entonces, y, en especial, a Marco Antonio Pulido y María del Carmen Farías.

Gracias a todas las personas de las que hemos recibido algún tipo de apoyo moral o aliento durante la redacción de este libro, o que han expresado su interés en el mismo. En especial, queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a Sara Ivonne Franco, Sandra Zenteno, Miquel Camprubí, Dolors Cano, Pascual Canet, Mercè Miquel y Alba Canet.

Gracias también al lector o la lectora por validar nuestro trabajo con su interés.

El uso de los minerales como materias primas o para la obtención de metales tiene enorme importancia en nuestra sociedad. Podemos afirmar que la mayoría de los materiales que nos rodean proceden directa o indirectamente de las minas y, por consiguiente, de los yacimientos minerales. Por ejemplo, los materiales de construcción con los que están edificadas las casas en las que habitamos y la enorme variedad de metales que componen hasta el más sencillo de los aparatos eléctricos o mecánicos tienen su origen en una mina. Sin embargo, a pesar de la cotidianidad de los objetos y materiales elaborados a partir de minerales, pocas veces nos preguntamos sobre su origen.

Las materias primas minerales son sustancias que se extraen de la corteza terrestre para aprovechar sus propiedades o alguno de sus componentes químicos, y se clasifican en metálicas, no metálicas y energéticas. Estos materiales no sólo son imprescindibles para las sociedades modernas e industrializadas, sino que su uso ha acompañado el desarrollo tecnológico de la humanidad desde los albores de la civilización. Este hecho se reconoce en la clásica división de la prehistoria en tres perio-

dos: la edad de piedra, la edad de bronce y la edad de hierro.

En general, los recursos minerales se extraen de los yacimientos mediante operaciones mineras de complejidad y envergadura muy variables. Los combustibles fósiles constituyen un caso aparte en cuanto a su naturaleza, origen, emplazamiento, explotación y aplicaciones, por lo que no serán tratados más que muy superficialmente en este libro.

Se considera que un depósito mineral es cualquier concentración anómala de minerales en la corteza terrestre, y que los yacimientos minerales son los depósitos cuya explotación puede producir un beneficio económico en un momento determinado. Teniendo en cuenta estas definiciones, debemos preguntarnos por qué en ciertos puntos de la corteza tienen lugar estas raras acumulaciones de minerales. Asimismo, si observamos sobre un mapa la distribución de yacimientos minerales es fácil advertir que, normalmente, los enriquecimientos en ciertos elementos suelen estar restringidos a regiones concretas: grandes cinturones de terreno denominados provincias metalogénicas.

Incluso en de las provincias metalogénicas los yacimientos minerales son muy escasos en relación con las otras rocas. Esto se debe a que su formación implica necesariamente procesos geológicos muy locales y raros en el tiempo. Estos procesos, además, están fuertemente condicionados por la tectónica de placas. Para hacernos una idea, veamos cuáles son, a grandes rasgos, los procesos que deben combinarse para que se forme un típico depósito metalífero de origen hidrotermal. En primer lugar, es necesaria una circulación de fluidos a través de la corteza terrestre. Para ello, debe haber zonas permeables, sean rocas porosas o fallas y fracturas, a través de las cuales los fluidos

puedan circular. En segundo lugar, es preciso que estos fluidos se enriquezcan en determinados elementos, por lo cual deben evolucionar e interactuar con determinados cuerpos rocosos cuyas características composicionales y mineralógicas permitan al fluido extraer esos metales. Por último, un cambio brusco en las condiciones físico-químicas, producido como variaciones en la temperatura, pH, litología, presión, etc., es imprescindible para que los metales precipiten en un volumen relativamente pequeño de roca, originando una zona con elevadas concentraciones o leyes que constituya un depósito mineral.

La disciplina científica que se encarga del estudio de la formación de los yacimientos metalíferos como un aspecto de la historia de la corteza terrestre recibe el nombre de metalogenia. Debido a la complejidad y variedad de los procesos y factores geológicos que determinan la formación de los depósitos minerales, para realizar investigaciones en metalogenia es necesario integrar numerosos aspectos de la geología y de la ciencia en general. Por lo tanto, en el estudio de los yacimientos minerales se interrelacionan disciplinas extremadamente diversas en sus objetivos y en su escala de trabajo, como son la geoquímica, la mineralogía, la petrología, la petrogénesis y la tectónica. En todos los casos esta interrelación tiene lugar en ambos sentidos, de forma que los estudios metalogenéticos aportan información invaluable a muchas áreas del conocimiento de las ciencias de la tierra. A pesar de su innegable interés científico, lo que realmente ha suscitado el estudio de los yacimientos minerales es el valor económico de los metales y en general, de las materias primas minerales. Los estudios de yacimientos minerales, y de la metalogenia en particular, proporcionan pautas y criterios que facilitan la detección, evaluación y explotación de los recursos minerales.

La explotación y beneficio de los yacimientos minerales, actividades de las que la sociedad actual no puede prescindir, acarrearán importantes alteraciones al ambiente. En algunos casos, la falta de prevención y la aplicación deficiente de las normas de protección ambiental en la minería han tenido consecuencias desastrosas e incluso irreparables de corto y mediano plazo para el entorno natural y para la salud humana. La investigación de los yacimientos minerales ayuda a detectar y pronosticar peligros ambientales, y proporciona criterios que, si se tienen en cuenta, ayudan a establecer medidas preventivas, correctivas y de remedio del impacto ambiental.

Las materias primas minerales son recursos no renovables, por lo que la alternativa a su explotación está en el reciclaje. Sin embargo, la creciente demanda de estos materiales, paralela al desarrollo económico e industrial de muchas naciones, ha impulsado un enorme acrecentamiento en la explotación de los yacimientos minerales. Muchos minerales son considerados actualmente como recursos estratégicos. Su distribución es muy desigual y, en muchas ocasiones, los países demandantes, que normalmente ostentan mayor poderío económico, carecen de ellos. Estos hechos han favorecido el desarrollo de un comercio entre naciones productoras y consumidoras. Sin embargo, en muchas ocasiones dichas relaciones comerciales están descompensadas y son injustas en sus parámetros, por lo que han desatado numerosos conflictos.

El objetivo de este libro es aproximar al lector al mundo de los yacimientos minerales, dándole a conocer los principales tipos de depósitos, sus procesos de formación así como su distribución y emplazamiento en el contexto geológico. Además, se pretende ilustrar al lector sobre la importancia económica de los recursos minerales y sensibilizarlo sobre las repercusiones de su explotación y consumo.

La comprensión del origen y distribución de las materias primas minerales, así como de los procesos y efectos de su extracción, sin duda repercutirá en una mayor conciencia del lector en lo que refiere al consumo responsable y sustentable de las materias primas no renovables de origen mineral.

I. Los recursos minerales

LOS MINERALES: DEFINICIÓN E IMPORTANCIA

ANTES DE APLICAR el adjetivo *mineral* en locuciones como *recurso mineral* o *yacimiento mineral* es preciso definir con precisión el significado del sustantivo *mineral*, que por adjetivación lleva al anterior. La gran mayoría de nosotros tiene una noción mínimamente correcta de lo que es un mineral, aunque sea de forma aproximativa. Sin embargo, como siempre, la dificultad estriba en definirlo de forma precisa. Y ello, aunque parezca mentira, puede ser verdaderamente un problema.

Un mineral es esencialmente una especie química de origen natural, con una estructura cristalina determinada y una composición química definida, aunque no fija, pero que varía dentro de límites bien definidos. Éste se presenta generalmente bajo formas geométricas más o menos regulares, mayoritariamente en estado sólido (excepto el mercurio). Un material, para poder ser denominado mineral, debe tener tres cualidades esenciales: