

# Índice

<b>PRESENTACIÓN</b> .....	11
<b>Capítulo 1. INTRODUCCIÓN A LOS RECURSOS MINERALES</b> .....	15
1.1. Materia prima de origen inorgánico o mineral .....	17
1.2. Recursos minerales y reservas .....	17
1.3. Materia prima crítica .....	19
<b>Capítulo 2. YACIMIENTOS MINERALES Y GEOLOGÍA</b> .....	27
2.1. La composición de la Tierra.....	29
2.2. Factor de concentración de los elementos en la corteza terrestre .....	31
2.3. Formación de yacimientos minerales y tectónica de placas .....	33
2.4. Geología de los yacimientos españoles .....	38
<b>Capítulo 3. YACIMIENTOS FORMADOS EN AMBIENTES MAGMÁTICOS. YACIMIENTOS EN ESPAÑA</b> .....	41
3.1. Procesos magmáticos .....	43
3.2. Tipos de yacimientos magmáticos.....	45
3.2.1. Sulfuros de Ni, Cu y Elementos del Grupo del Platino (EGP).....	45
3.2.2. Yacimientos de cromita .....	48
3.2.3. Yacimientos de metales raros en pegmatitas.....	53
3.2.4. Yacimientos de óxidos de titanio en anortositas .....	60
3.2.5. Yacimientos de Tierras raras ligeras (LREE) y niobio en carbonatitas.....	61
3.2.6. Yacimientos de diamantes en kimberlitas y lamproftas .....	63
3.2.7. Yacimientos magmáticos de RMI .....	64
<b>Capítulo 4. YACIMIENTOS HIDROTERMALES O FILONIANOS. YACIMIENTOS EN ESPAÑA</b> .....	67
4.1. Condiciones hidrotermales .....	69
4.2. Yacimientos hidrotermales asociados a rocas plutónicas.....	70
4.2.1. Yacimientos porfídicos .....	71
4.2.2. Yacimientos tipo skarn .....	76
4.2.3. Yacimientos CGI (Cu-Au-Fe).....	82
4.2.4. Otros yacimientos asociados a plutonismo en España .....	84
4.3. Yacimientos hidrotermales asociados a vulcanismo. Yacimientos en España.....	92

4.3.1. Yacimientos epitermales de oro, oro-plata .....	92
4.3.2. Sulfuros Masivos Vulcanogénicos (SMV-VMS) .....	101
4.3.3. Otros yacimientos relacionados con vulcanismo en España.....	108
<b>Capítulo 5. YACIMIENTOS DE AMBIENTES SEDIMENTARIOS Y METAMÓRFICOS.</b>	
<b>YACIMIENTOS EN ESPAÑA.....</b>	<b>113</b>
5.1. Yacimientos sedimentarios.....	115
5.1.1. Yacimientos secundarios (residuales y de enriquecimiento supergénico).....	115
5.1.2. Yacimientos de tipo placer.....	119
5.1.3. Otros yacimientos detríticos .....	122
5.1.4. Yacimientos sedimentarios de hierro .....	122
5.1.5. Yacimientos sedimentarios de manganeso .....	124
5.1.6. Yacimientos estratoligados (stratabound) de metales en rocas carbonatadas (Tipo Mississippi-Valley, MVT).....	126
5.1.7. Yacimientos estratoligados (stratabound) sedimentario-exhalativos (SEDEX) .	127
5.1.8. Yacimientos sedimentarios de RMI .....	130
5.2. Yacimientos metamórficos.....	141
5.2.1. Yacimientos metamórficos de RMI.....	142
<b>Capítulo 6. RECURSOS METÁLICOS.....</b>	<b>147</b>
6.1. Propiedades de los metales/semimetales .....	149
6.2. Recursos de metales y semimetales en la Tierra.....	167
6.3. Clasificación de los recursos metálicos.....	168
6.3.1. Hierro (menas: hematites, $Fe_2O_3$ , magnetita, $Fe_3O_4$ , goethita, $FeOOH$ , siderita, $FeCO_3$ ).....	171
6.3.2. Metales para ferroleación.....	173
6.3.2.1. Cromo (mena: cromita, $Cr_2FeO_4$ ).....	173
6.3.2.2. Manganeso (mena: pirolusita, $MnO_2$ , y romanechita, $BaMn_9O_{16}(OH)_4$ ) .....	174
6.3.2.3. Molibdeno (mena: molibdenita, $MoS_2$ ).....	174
6.3.2.4. Wolframio (menas: wolframita, $FeWO_4$ , scheelita, $CaWO_4$ ).....	175
6.3.2.5. Vanadio (mena: titanio-vanadio magnetita, $Fe_3O_4$ , con Ti-V en solución sólida).....	176
6.3.3. Metales base no ferrosos.....	176
6.3.3.1. Aluminio (mena: roca bauxita, con bohemita-diásporo, $AlO(OH)$ , gibbsita, $Al(OH)_3$ , etc.) .....	176
6.3.3.2. Cobre (menas: calcopirita ( $CuFeS_2$ ), calcosina ( $Cu_2S$ ), bornita ( $Cu_5FeS_4$ ), y otros).....	177
6.3.3.3. Plomo (mena: galena, $PbS$ , secundariamente cerusita $PbCO_3$ , anglesita, $PbSO_4$ ).....	178
6.3.3.4. Níquel (mena: pentlandita, $(Fe,Ni)_9S_8$ ) .....	179
6.3.3.5. Estaño (mena: casiterita, $SnO_2$ ).....	179
6.3.3.6. Zinc (mena: esfalerita, $ZnS$ , secundariamente smithsonita, $ZnCO_3$ ). 6.3.3.7. Mercurio (mena: cinabrio, $HgS$ ).....	180
6.3.4. Metales preciosos .....	181
6.3.4.1. Oro (mena: oro nativo, en algunos casos calaverita, $AuTe_2$ y silvanita ( $AuAg$ ) $Te_2$ ) .....	181

6.3.4.2.	Plata (menas: argentita, $\text{Ag}_2\text{S}$ , galena argentífera ( $\text{PbAg}$ ), plata nativa y como subproducto de la metalurgia del cobre).....	184
6.3.4.3.	Elementos de grupo del platino, EGP (platino, paladio, rodio, rutenio, osmio e iridio) (menas: telururos de EGP, EGP nativos con soluciones sólidas entre ellos, solución sólida en sulfuros de Fe-Ni-Cu, subproducto del electrorrefinación de Ni y Cu).....	185
6.3.5.	Metales y semimetales/metaloides para tecnologías y otros.....	186
6.3.5.1.	Antimonio (mena: estibina, $\text{SbS}$ , y subproducto de la fundición de plomo, zinc y cobre) .....	186
6.3.5.2.	Arsénico (menas: arsenopirita, $(\text{Fe,As})\text{S}$ , subproducto de fundición de plomo, zinc y cobre).....	187
6.3.5.3.	Bario (menas: baritina, $\text{BaSO}_4$ , witherita, $\text{BaCO}_3$ ).....	187
6.3.5.4.	Bismuto (menas: bismutina ( $\text{Bi}_2\text{S}_3$ ), bismuto nativo, subproducto de fundición de plomo, zinc y cobre).....	188
6.3.5.5.	Berilio (menas: berilo, $\text{Be}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_6$ , bertrandita, $\text{Be}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2$ ) ....	189
6.3.5.6.	Boro (menas: bórax, $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , otros boratos y salmuera ricas en boro).....	190
6.3.5.7.	Cadmio (menas: traza en esfalerita, $\text{ZnS}$ , subproductos de la metalurgia del zinc .....	191
6.3.5.8.	Cesio (menas: zeolita polucita, $\text{CsSi}_2\text{AlO}_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , lepidolita, $\text{K}(\text{Li,Al})_3(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{F,OH})_2$ ) .....	192
6.3.5.9.	Cobalto (menas: linneíta, $\text{Co}_3\text{S}_4$ , pirita cobaltífera $(\text{Fe,Co})\text{S}_2$ , subproducto de la explotación de cobre, níquel y plata).....	192
6.3.5.10.	Estroncio (menas: celestina, $\text{SrSO}_4$ , estroncianita, $\text{SrCO}_3$ ).....	193
6.3.5.11.	Galio (menas: bauxita y esfalerita, $\text{ZnS}$ , subproducto de la metalurgia de zinc).....	194
6.3.5.12.	Germanio (menas: subproducto de la metalurgia de sulfuros, como esfalerita, $\text{ZnS}$ , cenizas volantes) .....	194
6.3.5.13.	Hafnio (mena: circón, $\text{ZrO}$ ) .....	195
6.3.5.14.	Indio (mena: subproducto de la metalurgia del zinc).....	195
6.3.5.15.	Litio (menas: espodumena, $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ , ambligonita, $\text{LiAlPO}_4\text{F}$ , lepidolita, $\text{K}(\text{Li,Al})_3(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{F,OH})_2$ , y salmueras).....	195
6.3.5.16.	Magnesio (menas: magnesita, $\text{MgCO}_3$ , dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ y salmueras-agua marina).....	197
6.3.5.17.	Niobio (mena: columbita $(\text{Fe,Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$ ) .....	198
6.3.5.18.	Potasio (menas: silvina, $\text{KCl}$ , y carnalita, $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ).....	198
6.3.5.19.	Renio (menas: traza en molibdenita, $\text{MoS}$ y sulfuros de cobre).....	199
6.3.5.20.	Rubidio (menas: solución sólida en micas, lepidolita, $\text{K}(\text{Li,Al})_3(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{F,OH})_2$ , moscovita $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ , subproducto de la explotación de litio).....	200
6.3.5.21.	Silicio (mena: cuarzo, $\text{SiO}_2$ ) .....	200
6.3.5.22.	Titanio (menas: rutilo, $\text{TiO}_2$ e ilmenita, $\text{FeTiO}_3$ ; menas de Fe ricas en $\text{V}_2$ titanio-vanadio magnetita, $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , con Ti-V en solución sólida).....	201
6.3.5.23.	Tántalo/Tántalo (mena: tantalita $(\text{FeMn})\text{Ta}_2\text{O}_6$ ) .....	203
6.3.5.24.	Telurio (menas: silvanita, $(\text{Ag,Au})\text{Te}_2$ y calaverita, $\text{AuTe}_2$ , y como subproducto del refinado del cobre).....	203
6.3.5.25.	Zirconio/circonio (mena: zircón/circón, $\text{ZrSiO}_4$ ).....	204

6.3.6. Tierras raras LREE, HREE y escandio (menas: monacita, (Ce,La,Pr,Nd,Th,Y) PO <sub>4</sub> , bastnaesita, CeFCO <sub>3</sub> , con solución sólida de todas las tierras raras, y arcillas lateríticas de adsorción iónica impregnadas de tierras raras pesadas) . . . .	204
6.3.6.1. Escandio (menas: thortveitita, Sc <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>7</sub> y subproducto de la minería del uranio).....	208
6.3.7. Otros metales para la industria energética.....	209
6.3.7.1. Uranio (mena: uraninita, UO <sub>2</sub> ).....	209
6.3.7.2. Torio (mena: monacita, (Ce,La,Pr,Nd,Th,Y)PO <sub>4</sub> ).....	209
<b>Capítulo 7. ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES I. RECURSOS MINERALES PARA MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN</b> . . . . .	211
7.1. Características del grupo.....	213
7.2. Recursos minerales para materiales de construcción . . . . .	219
7.2.1. Áridos.....	219
7.2.2. Rocas ornamentales.....	233
7.2.3. Cemento, cal y yeso.....	238
7.2.3.1. Cemento.....	238
7.2.3.2. Cal.....	240
7.2.3.3. Yeso . . . . .	241
7.2.4. Cerámica de arcillas rojas.....	242
7.2.5. Refractarios.....	247
7.2.6. Vidrio.....	252
<b>Capítulo 8. ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES II. RECURSOS MINERALES PARA LA INDUSTRIA</b> . . . . .	257
8.1. Minerales industriales.....	259
8.1.1. Andalucita (grupo).....	262
8.1.2. Arcillas de cocción blanca ( <i>ball-clay</i> ) . . . . .	263
8.1.3. Caolín.....	264
8.1.4. Arcillas especiales.....	265
8.1.5. Arenas silíceas.....	266
8.1.6. Azufre.....	266
8.1.7. Barita.....	267
8.1.8. Boratos.....	267
8.1.9. Carbonato cálcico.....	268
8.1.10. Celestina.....	269
8.1.11. Cuarzo.....	269
8.1.12. Diatomita . . . . .	270
8.1.13. Dolomía . . . . .	270
8.1.14. Espodumena . . . . .	271
8.1.15. Feldespatos y arenas feldespáticas . . . . .	272
8.1.16. Fluorita.....	273
8.1.17. Grafito . . . . .	274
8.1.18. Fosforita (Roca con minerales fosfato).....	274
8.1.19. Magnesita.....	276
8.1.20. Micas . . . . .	276
8.1.21. Óxidos de hierro.....	277

8.1.22. Potasas.....	277
8.1.23. Sal común (halita).....	278
8.1.24. Sulfato sódico y potásico.....	278
8.1.25. Talco.....	279
8.2. Sectores de uso de otros minerales industriales.....	279
8.2.1. Abrasivos.....	279
8.2.2. Aislantes.....	280
8.2.3. Cargas, Filtros y Absorbentes.....	280
8.2.4. Filtros.....	281
8.2.5. Fertilizantes.....	281
8.2.6. Fundentes.....	282
8.2.7. Industria química.....	283
8.2.8. Pigmentos minerales naturales.....	284
<b>Capítulo 9. OPERACIONES MINERAS. MINERÍA SOSTENIBLE Y ECONOMÍA MINERA CIRCULAR.....</b>	<b>287</b>
9.1. Exploración minera.....	289
9.2. Explotación minera.....	291
9.2.1. Minería superficial.....	292
9.2.2. Minería subterránea.....	293
9.2.3. Minería submarina.....	295
9.3. Mineralurgia, metalurgia.....	297
9.4. Impacto ambiental de la minería.....	300
9.5. Minería sostenible.....	307
9.6. Nuevas fronteras en la minería. Economía minera circular. Reciclaje. Minería urbana.....	309
9.7. El reciclaje de metales.....	313
9.8. Ejemplos de producción-oportunidad.....	325
<b>Capítulo 10. SITUACIÓN MINERA EN ESPAÑA. MARCO LEGISLATIVO. EL FUTURO DE LOS RECURSOS MINERALES.....</b>	<b>329</b>
10.1 Minería en España.....	331
10.1.1. Actividad minera en España.....	334
10.1.2. Proyectos mineros.....	340
10.2 Legislación minera en España.....	343
10.2.1. Ley de Minas.....	344
10.2.2. Normativa sobre residuos mineros y seguridad minera.....	346
10.2.3. Regulaciones actuales para explotar recursos críticos en Comunidades Autónomas.....	347
10.3. El futuro de los recursos minerales.....	349
10.3.1. Demanda futura de materiales.....	349
10.4. Gestión sostenible de las materias primas minerales de España. Hoja de Ruta.....	352
10.5. Planes de futuro ante la situación de las materias primas críticas minerales.....	354
10.6. Futuro legislativo sobre materia prima y minería en España.....	358
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>361</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>369</b>

# Capítulo 1

## YACIMIENTOS MINERALES Y GEOLOGÍA

## 1.1. MATERIA PRIMA DE ORIGEN INORGÁNICO O MINERAL

La materia prima (más conocido en economía con el término anglosajón *commodity*) es el componente inicial de un proceso de fabricación que en sucesivas fases se irá transformando hasta convertirse en un producto de consumo. La materia prima natural tiene diferentes orígenes: origen **orgánico** (agricultura, ganadería, pesca o sector forestal) u origen inorgánico o **mineral** (minerales metálicos, minerales y rocas industriales). Las materias primas que no se regeneran a ritmo humano, se denominan **no renovables**, como son las de origen mineral (consideración aparte merecen las fuentes de energía, tanto las convencionales, no renovables, como las renovables).

Hay que añadir que también se considera materia prima aquella de origen **químico** que no procede directamente de la naturaleza, sino que se obtiene artificialmente por procedimientos químicos, pero que sirve de base para otras muchas industrias, como los plásticos o las fibras sintéticas.

## 1.2. RECURSOS MINERALES Y RESERVAS

Dentro de los recursos naturales (Figura 1.1), los **recursos minerales** son aquellas sustancias sólidas inorgánicas de origen natural útiles para la humanidad. Constituyen, por tanto, recursos minerales todas aquellas sustancias sólidas minerales de la Tierra (aunque ya se estudia explotar estos recursos en la Luna) que necesita la creciente población humana para su desarrollo. La capa superficial de origen natural, suelo, compuesto por materia inorgánica mineral y por materia orgánica, que constituye un complejo sistema geológico y biológico, inorgánico-orgánico, merece también estudio aparte.

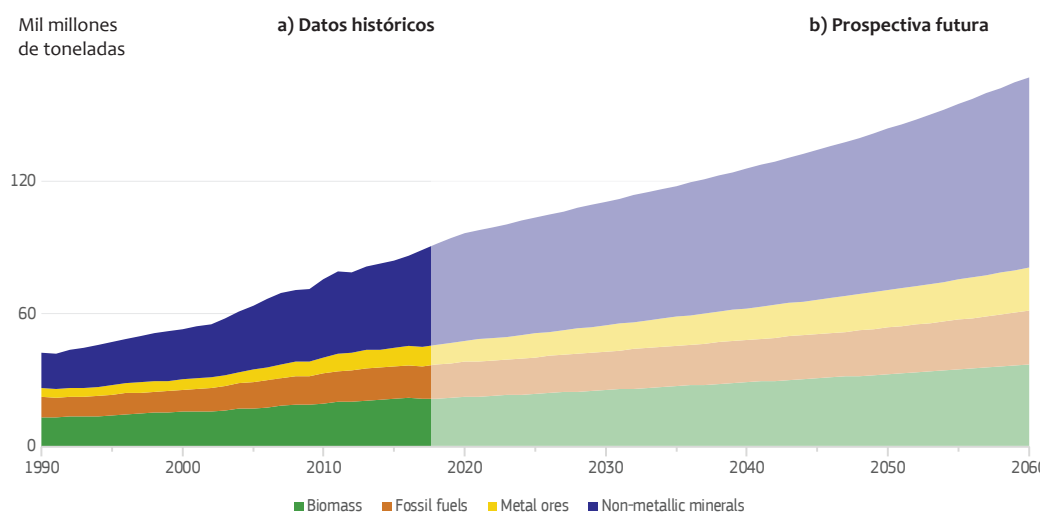
Los recursos minerales mejor conocidos y más aprovechables se denominan **reservas**. Son, por tanto, aquella parte de los recursos que puede ser extraída en un momento dado, teniendo en cuenta las restricciones legales y ambientales, tanto como las económicas. Aspectos tales como la propiedad de los terrenos, el vertido de residuos mineros, los efectos tóxicos de los productos o la incorporación de terrenos a zonas protegidas, etc., pueden dar lugar a la exclusión de recursos potenciales de la consideración de reservas, que no cambiarán a la categoría de reservas hasta que las leyes o las restricciones se cambiasen. Las reservas se determinan como la cantidad (masa o volumen) de mineral susceptible de ser explotado.

Respecto al crecimiento demográfico en la Tierra, que alcanzó los 8.000 millones de habitantes en noviembre de 2022, según el informe *Perspectivas de la Población Mundial*<sup>1</sup> (Naciones Unidas), es evidente que implica que se necesiten continuamente más recursos minerales, máxime para mantener/extender el desarrollo tecnológico imprescindible en una

---

<sup>1</sup> Perspectivas de la población mundial. Naciones Unidas (2022) (<https://www.un.org/es/dayof8billion>)

sociedad conectada y en potencial transición energética hacia la descarbonización (neutralización climática). A su vez, como paradoja energética, se va requiriendo más energía para obtener los recursos minerales de la Tierra conforme van estando menos disponibles.



**Figura 1.1.** Evolución de la extracción global por tipo de recurso: a) histórico (mundial, 1990-2017) y b) datos proyectados (mundial, 2018-2060). Fuente: Raw Materials Scoreboard<sup>2</sup>, Comisión Europea, 2021 (proyecciones basadas en el documento de la OCDE (2019), Global Material Resources Outlook to 2060: Economic Drivers and Environmental Consequences).

Según datos de Eurostat <sup>3</sup>, en 2019, cada ciudadano europeo consumió el equivalente a 14 toneladas per cápita de materias primas, de las cuales unas 0,7 toneladas correspondieron a metales y 7,2 a materias primas minerales no metálicas. La OCDE prevé que, pese a la mejora del uso intensivo de los materiales y la eficiencia de los recursos, incluyendo la economía circular, el uso de materias primas minerales se duplicará en 2060 (+110%).

En cuanto a la calidad y disponibilidad de los recursos, es reseñable que la riqueza o **ley** (concentración que presenta el elemento de interés) de los recursos minerales, en general, no deja de disminuir. Esto no solo es verdad respecto a la riqueza de los minerales, sino que también alcanza a otras condiciones de su extracción, como es la proporción (razón del desmonte) necesaria para extraer una tonelada de mineral. Puede decirse que el agotamiento de las calidades más elevadas es un hecho común en los tipos de yacimientos más explotados (por ejemplo, los pórfidos cupríferos). Así, leyes bajas coinciden con la necesidad de una mayor extracción de la roca inservible en el desmonte.

El descenso en la calidad de los yacimientos marca de manera profunda y concreta los factores estratégicos de la industria de los minerales en los últimos años. Se asume que los minerales de mayor ley, que son más accesibles y de fácil tratamiento, se extrajeron en primer lugar. Desde entonces, los avances en la tecnología minera, incluyendo la exploración, han permitido gradualmente la extracción económica de leyes más bajas y menos accesibles, y de minerales con mayor complejidad metalúrgica. Las mejoras en la productividad, por lo general basada en las innovaciones tecnológicas y en el aumento de la escala de las explota-

<sup>2</sup> Raw Materials Scoreboard. EIP on Raw Materials, Comisión Europea, 2021 (<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/eb052a18-c1f3-11eb-a925-01aa75ed71a1>)

<sup>3</sup> Material flow accounts and resource productivity. Eurostat (2021) [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Material\\_flow\\_accounts\\_and\\_resource\\_productivity#Resource\\_productivity](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Material_flow_accounts_and_resource_productivity#Resource_productivity)



ciones mineras, han permitido a la industria minera compensar gran parte del impacto económico de la disminución de las leyes del mineral.

Actualmente, la disponibilidad de los recursos es una parte importante de la estrategia de exploración que conlleva un riesgo considerable. Solo unos pocos grupos internacionales tienen la capacidad de correr un alto riesgo de exploración y, por ello, los fundamentos de los acuerdos mineros se encuentran en la búsqueda de la diversificación de los recursos a escala mundial o, en algunos casos, en el deseo de asegurar fuentes de suministro de productos básicos que son independientes de las empresas mineras; considerando, además, un factor crítico muy importante en la obtención de recursos minerales como es la capacidad de las empresas mineras para gestionar los impactos ambientales en la obtención de nuevos lugares para operaciones mineras de carácter sostenible.

### 1.3. MATERIA PRIMA CRÍTICA

Aunque pareciera que la producción de materias primas debe considerarse una importante fuente de riqueza para un país, señal de la abundancia de un recurso en un determinado territorio; sin embargo, la volatilidad de sus precios y a veces su poco valor añadido generó que la dependencia de la producción de materias primas como principal fuente de ingresos se convirtiera en una señal inequívoca de atraso económico. Mientras tanto, los países desarrollados se especializaron en los bienes manufacturados y más tarde en el sector servicios, poniendo en riesgo el suministro de materias primas esenciales para la industria.

En la Unión Europea, para abordar la creciente preocupación de garantizar la seguridad de suministro de materias primas, se lanzó en 2008 por la Comisión Europea la **Iniciativa Europea de Materias Primas**. Esta iniciativa estudia la materia prima no energética que esencialmente responde a recursos minerales metálicos y otros minerales. Se trata de una estrategia integrada que considera esencial:

- ✓ garantizar un suministro justo y sostenible de materias primas provenientes de mercados internacionales;
- ✓ fomentar un suministro sostenible dentro de la UE;
- ✓ impulsar la utilización eficiente de los recursos y promover el reciclaje.

Así, en 2011, tras realizar un análisis de las tendencias de los precios de los productos básicos, observando que en la década anterior se produjo una alta volatilidad y oscilación de precios debido a cambios en los patrones de oferta y demanda de las materias primas, motivados por el crecimiento de potencias emergentes como China, India o Brasil, se publicó el primer listado de **materias primas críticas**, no energéticas, esencialmente de origen mineral, que comprendió 14 materias. El cuarto estudio de la Comisión Europea sobre las materias primas críticas<sup>4</sup> (2020) contiene la lista de 30 materias primas críticas o fundamentales para la UE (Figura 1.2), que son aquellas materias primas importantes desde el punto de vista económico, en cuanto a que son imprescindibles para un determinado proceso industrial y que presentan una alta probabilidad de que su suministro se vea interrumpido.

<sup>4</sup> Resiliencia de las materias primas fundamentales: trazando el camino hacia un mayor grado de seguridad y sostenibilidad. Comisión Europea, 2020 (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DCo474&from=EN>)

Como se ha indicado previamente, las materias primas no son solo esenciales para la producción de una amplia gama de productos y servicios de uso cotidiano, sino que también son esenciales para el desarrollo de innovaciones emergentes en la UE, que son especialmente necesarias para el desarrollo de tecnologías medioambientalmente sostenibles y competitivas a escala mundial. La aceleración de los ciclos de innovación tecnológica y el rápido crecimiento de las economías emergentes ha dado lugar a un aumento de la demanda mundial de determinados metales y minerales. Garantizar el acceso a un suministro estable de muchas materias primas se ha convertido en un importante desafío para las economías nacionales y regionales que tienen una producción limitada, tales como la UE, que depende de la importación de muchos de los minerales y metales necesarios para la industria, entre las que se incluyen muchas de las materias primas críticas.

<b>Materias primas fundamentales en 2020 (en negrita, las nuevas en comparación con la lista de 2017)</b>		
Antimonio	Hafnio	Fósforo
Barita	Tierras raras pesadas	Escandio
Berilio	Tierras raras ligeras	Silicio metálico
Bismuto	Indio	Tantalio
Borato	Magnesio	Wolframio
Cobalto	Grafito natural	Vanadio
Carbón de coque	Caucho natural	<b>Bauxita</b>
Espato flúor	Niobio	<b>Litio</b>
Galio	Metales del grupo del platino	<b>Titanio</b>
Germanio	Fosforita	<b>Estroncio</b>

**Figura 1.2.** Lista de las materias primas críticas minerales para la UE (tomada de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474&from=EN>)

Según la CE, es inminente la redacción de una **Ley Europea de Materias Primas Críticas** (Critical Raw Materials Act)<sup>5</sup> para la identificación de proyectos estratégicos a lo largo de la cadena de suministros, desde la extracción al refinamiento, desde el procesado al reciclado; para acumular reservas estratégicas.

Es previsible que otras materias primas, como el níquel, que provienen de Rusia, sean incorporadas a la nueva lista, ya que se espera que las baterías de almacenamiento eléctrico aumenten la demanda. Ello se recogió explícitamente en el estudio prospectivo de las materias primas críticas para tecnologías y sectores estratégicos en la UE<sup>6</sup>, que expone un análisis sistemático de las dependencias de la cadena de suministro de tres sectores estratégicos: las energías renovables, la movilidad eléctrica y la defensa, y la aeroespacial, que incluye una estimación de la demanda de materias primas, con origen también esencialmente mineral, trasladándola a escenarios de neutralidad climática para 2030 y 2050.

Estos análisis ponen de manifiesto que la industria de las materias primas minerales juega un papel clave como proveedora de materias primas tanto primarias como secundarias en

<sup>5</sup> European Critical Raw Materials Act, UE, septiembre, 2022 [https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13597-European-Critical-Raw-Materials-Act\\_en](https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13597-European-Critical-Raw-Materials-Act_en)

<sup>6</sup> Critical Raw Materials for Strategic Technologies and Sectors in the EU. European Commission 2020, ([https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRMs\\_for\\_Strategic\\_Technologies\\_and\\_Sectors\\_in\\_the\\_EU\\_2020.pdf](https://rmis.jrc.ec.europa.eu/uploads/CRMs_for_Strategic_Technologies_and_Sectors_in_the_EU_2020.pdf))

los principales sectores y actividades para la sociedad como son la metalurgia y siderurgia; la movilidad y la automoción; la electrónica; la química, la farmacéutica y de la salud; el suministro de energía; la fabricación de papel; materiales para la construcción; la agricultura y ganadería; la alimentación en algunos de sus procesos; el textil y, además, la protección del medio ambiente.

Según Dictamen del Comité Económico y Social Europeo<sup>7</sup>, se estima que el 70 por ciento de la industria europea depende directa o indirectamente de las actividades de la industria de materias primas minerales.

Complementariamente, el Plan de Acción para la Economía Circular contemplado en el Pacto Verde Europeo<sup>8</sup> tiene por objetivo desvincular el crecimiento del uso de los recursos a través del diseño de productos sostenibles y el aprovechamiento del potencial que ofrecen las materias primas secundarias, con importantes perspectivas, como son el aumento de la vida útil de los productos y la utilización de materias primas secundarias, así como la sustitución de una materia prima fundamental por otra no fundamental, que ofrezca un rendimiento similar. Así, la innovación en el ámbito de los materiales, el diseño sostenible y el desarrollo de tecnologías alternativas que requieran materiales diferentes también pueden contribuir a mitigar el riesgo en el suministro.

Analizando la cuestión desde una perspectiva internacional, en economías tan significativas como la de los Estados Unidos, la Ley de Energía de 2020 insta a revisar la lista de minerales críticos<sup>9</sup> cada tres años por el Servicio Geológico. Estos minerales son considerados minerales críticos por el gobierno americano a la luz de su papel en la seguridad nacional o el desarrollo económico, en una estrategia clara ya que en su mayoría son importados y, según su definición, son propensos a la interrupción de la cadena de suministro. La lista definitiva más reciente es la de 2022 con 50 minerales que se consideran críticos (los combustibles están excluidos de esta lista), que son:

Aluminio – Antimonio – Arsénico – Baritina – Berilio – Bismuto – Cerio – Cesio – Cromo – Cobalto – Disprobio – Erblio – Europio – Espato flúor – Gadolinio – Galio – Germanio – Grafito – Hafnio – Holmio – Indio – Iridio – Lantano – Litio – Lutecio – Magnesio – Manganeseo – Neodimio – Níquel – Niobio – Paladio – Platino – Praseodimio – Rodio – Rubidio – Rutenio – Samario – Escandio – Tantalio – Telurio – Terbio – Tulio – Estaño – Titanio – Tungsteno (wolframio) – Vanadio – Iterbio – Itrio – Zinc – Zirconio.

Por su parte, la OCDE reporta al G7 el Informe Security of Supply for Critical Raw Materials<sup>10</sup>, que se centra en las materias primas que tienen un amplio uso en muchas tecnologías nuevas, donde expone las siguientes materias primas críticas:

Boratos – cobalto – minerales de tierras raras – níquel – grupo de minerales que incluyen germanio, niobio, galio, vanadio, indio y hafnio.

<sup>7</sup> Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre «La minería no energética en Europa» (2009/C 27/19) ([https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:520081E1206&from=EN#ntr5-C\\_2009027ES.01008201-E0005](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:520081E1206&from=EN#ntr5-C_2009027ES.01008201-E0005))

<sup>8</sup> Plan de Acción para la Economía Circular contemplado en el Pacto Verde Europeo [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip\\_20\\_420](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_20_420)

<sup>9</sup> List of critical minerals. UGSS, 2022 (<https://www.usgs.gov/news/national-news-release/us-geological-survey-releases-2022-list-critical-minerals>)

<sup>10</sup> Security of Supply for Critical Raw Materials. G7, julio-2022 (<https://www.bundesregierung.de/resource/blob/974430/2059152/913f41a5d52c8aa68b1bb0e03176879d/2022-07-01-security-of-supply-for-critical-raw-materials-data.pdf?download=1>)