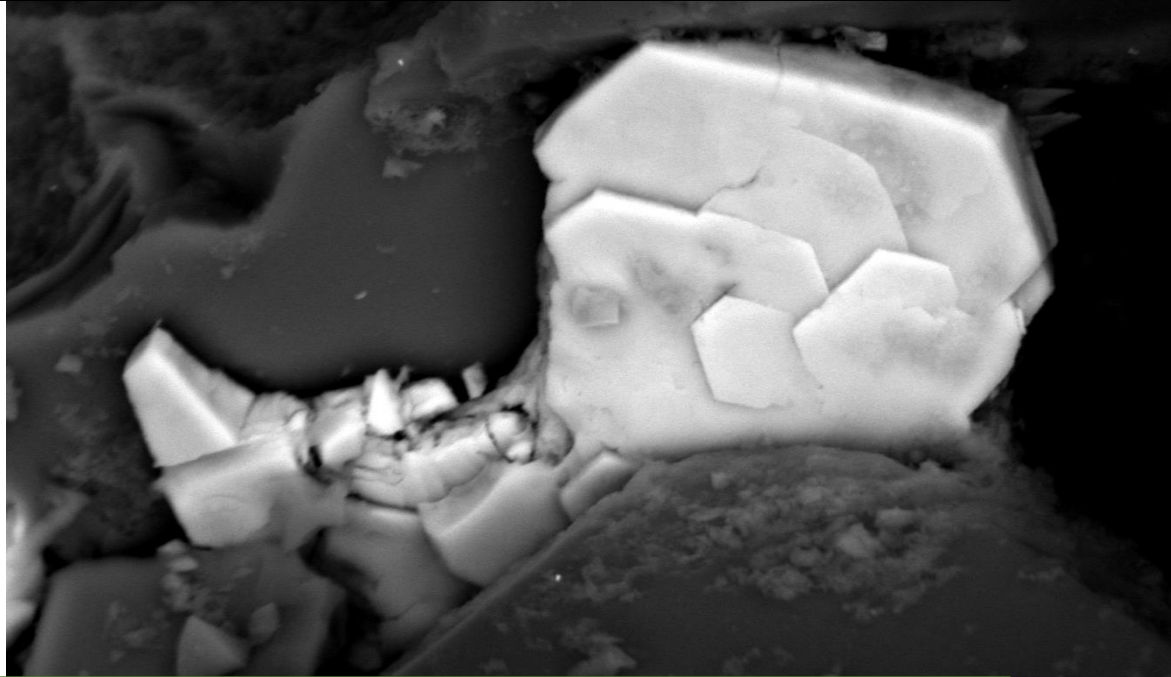


PROGRAMA NACIONAL DE EXPLORACIÓN MINERA 2026-2030



Por un mejor conocimiento de las materias primas minerales autóctonas y fundamentales para la transición energética y digital



Catálogo de publicaciones del Ministerio: <https://cpage.mpr.gob.es/>

Título:

Programa Nacional de Exploración Minera 2026-2030

Edición 2026

Autores:

Subdirección General de Minas

Instituto Geológico y Minero de España

Fotografía de la portada:

*Parasita en el microscopio
electrónico de barrido.*



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y
UNIVERSIDADES

Edita:

© SUBSECRETARÍA
Gabinete Técnico

© De los textos e imágenes: sus autores

NIPO (línea en castellano): 665-26-013-6

ISBN (línea en castellano): 978-84-18779-09-1



CONTENIDOS

1	ANTECEDENTES.....	4
2	MARCO ESTRATÉGICO Y OBJETIVOS.....	12
3	PUNTO DE PARTIDA.....	18
3.1	LA POTENCIALIDAD MINERA DE ESPAÑA.....	18
3.2	LA POTENCIALIDAD DE LOS RESIDUOS MINEROS EN ESPAÑA.....	26
3.3	LA INFORMACIÓN EXISTENTE EN EL IGME CSIC.....	30
3.3.1	Litoteca IGME CSIC.....	30
3.3.2	Laboratorios generales IGME CSIC.....	31
3.3.3	Bases de datos y mapas IGME CSIC.....	33
4	ACTUACIONES.....	36
4.1	MATERIAS PRIMAS FUNDAMENTALES PRIMARIAS.....	36
4.2	MATERIAS PRIMAS FUNDAMENTALES SECUNDARIAS.....	40
4.3	ACTUACIONES TRANSVERSALES.....	42
4.3.1	Guías de buenas prácticas y/o nuevas aplicaciones tecnológicas.....	42
4.3.2	Plan de Gestión de Datos (PGD).....	42
4.3.3	Formación.....	42
5	ENTIDADES PARTICIPANTES. COLABORACIÓN PÚBLICO-PRIVADA.....	45
5.1	ADMINISTRACIÓN GENERAL DEL ESTADO.....	45
5.2	COMUNIDADES AUTÓNOMAS.....	46
5.3	SECTOR MINERO.....	46
5.4	UNIVERSIDADES Y OTRAS ENTIDADES SIN ÁNIMO DE LUCRO.....	46
5.5	OTROS ESTADOS MIEMBROS Y ORGANISMOS INTERNACIONALES.....	47
6	DIFUSIÓN, DIVULGACIÓN DE LOS RESULTADOS Y TRANSPARENCIA.....	49
7	SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN.....	51
8	ANEXOS.....	55
	Anexo I. Presupuesto estimativo y financiación.....	55
	Anexo II. Participación del Grupo HUNOSA y coordinación con el IGME CSIC. encargos a medios propios de la administración.....	56
	Anexo III. Medios técnicos y científicos del IGME CSIC.....	58
	Anexo IV. Medios humanos del IGME CSIC y del Grupo HUNOSA.....	60
	Anexo V. Plan de Comunicación.....	61
	Anexo VI. Glosario de acrónimos.....	64



ANTECEDENTES



1 ANTECEDENTES

El estudio geológico y minero del subsuelo de España corresponde al Instituto Geológico y Minero de España (IGME), en la actualidad Centro Nacional del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).

El IGME fue inaugurado como Comisión para la Carta Geológica de Madrid y General del Reino, mediante Real Decreto del 12 de julio de 1849¹, siendo uno de los objetivos fundacionales el estudio de los recursos minerales de nuestro país. Desde ese momento, y a lo largo de toda su historia, el IGME ha sido responsable de la investigación en materia de recursos y reservas minerales realizada sistemáticamente en España desde la segunda mitad del siglo XX.

El Centro Nacional IGME CSIC, según establece el Real Decreto 202/2021, de 30 de marzo², por el que se reorganizan determinados organismos públicos de investigación de la Administración General del Estado, *“tiene por objeto el estudio, investigación, análisis y reconocimientos en el campo de las Ciencias y Tecnologías de la Tierra”* y constituye *“el centro de investigación y servicios técnicos de referencia y soporte para la política minera del Gobierno y de los Ministerios de Industria, Turismo y Comercio y [para la] Transición Ecológica y [el] Reto Demográfico, en especial las relacionadas con las ciencias y tecnologías de la Tierra para cualquier actuación sobre el territorio, las aguas continentales y el subsuelo, incluidos los de carácter ambiental relacionados con suelos, recursos minerales e instalaciones de eliminación de residuos mediante depósito en vertedero”*. Además, actúa *“como Centro Nacional de información y documentación en Ciencias y Tecnologías de la Tierra, fomentando la existencia, a nivel estatal y en relación con las comunidades autónomas y entidades locales, de bases de datos, fondos documentales y sistemas de gestión y tratamiento de la información”*.

El IGME CSIC, como servicio geológico del país, tiene acceso a las investigaciones que se realizan en el subsuelo nacional. En concreto, según el artículo 6 de la Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas³, *“...toda persona natural o jurídica u órgano de la Administración que realice un trabajo, cualquiera que sea su clase y objeto, cuya profundidad sobrepase los veinticinco metros por debajo de la superficie del suelo emergido o a cualquier profundidad en suelos sumergidos, consolidados o no...”* debe suministrar los datos geológicos y mineros obtenidos al IGME CSIC, si este se lo solicita, para el perfeccionamiento y actualización del conocimiento geológico y minero del país.

Así, desde el IGME CSIC se elaboran informes para dar respuesta a las consultas sobre recursos minerales que se dirigen desde las distintas administraciones tanto locales como regionales y nacionales. La mayoría de las solicitudes son informes preceptivos derivados de la Ley de Minas, en los que el IGME CSIC debe valorar la idoneidad técnica a las actuaciones propuestas por los promotores o titulares de derechos mineros. Estos son, en su mayoría, sobre las prórrogas de permisos de investigación, concesiones directas de explotación y autorizaciones para establecimiento de beneficio y reclasificación de sustancias dentro de la Ley de Minas. En los últimos años, como promedio, se han realizado unos 40 informes anuales.

¹https://www.boe.es/diario_gazeta/comun/pdf.php?p=1849/07/23/pdfs/GMD-1849-5427.pdf&do=1

² <https://www.boe.es/eli/es/rd/2021/03/30/202>

³ <https://www.boe.es/eli/es/l/1973/07/21/22/con>

Como principal antecedente de un programa nacional de exploración minera, debe acudirse al Plan Nacional de la Minería⁴, desarrollado durante los años 1969 y 1970 por encargo del Gobierno al Ministerio de Industria. La Dirección General de Minas inició los estudios preliminares para la planificación de este plan.

El primer paso consistió en elaborar un inventario detallado de los recursos minerales del país. A partir de este inventario, se programaron investigaciones para identificar las reservas económicamente viables de cada mineral y clasificarlas adecuadamente. No obstante, se hizo evidente que la complejidad del sector minero requería un enfoque más amplio. Un Programa Nacional de Investigación Minera no era suficiente para garantizar una planificación integral de la explotación minera, considerando factores económicos, sociales y ambientales.

En este sentido, la planificación estratégica del sector minero debía considerar la revitalización de antiguas minas, la explotación de yacimientos de baja ley y la explotación conjunta de diversos minerales. Para lograr una visión a largo plazo y optimizar el aprovechamiento de los recursos, resultó esencial integrar la investigación minera con la planificación de la explotación. Estas consideraciones dieron origen al Programa Nacional de Explotación Minera.

Por otra parte, la necesidad de actualizar la legislación minera dio lugar al tercer capítulo del Plan Nacional de la Minería y, finalmente, a la promulgación de la Ley de Minas de 1973.

En el desarrollo de los programas, también se identificó la importancia de una política social actualizada que complementara los programas de investigación, explotación y la nueva legislación minera. De esta necesidad surgió el cuarto capítulo del Plan Nacional de la Minería: el Programa de Política Social en la Minería.

Este enfoque integral dio lugar a un plan con cuatro vertientes interrelacionadas:

- I. Programa Nacional de Investigación Minera
- II. Programa Nacional de Explotación Minera
- III. Programa Nacional de Legislación Minera
- IV. Programa de Política Social en la Minería

Para garantizar una coordinación efectiva, se centralizó la elaboración del Plan Nacional de la Minería en la Dirección General de Minas. La ejecución del **Programa Nacional de Investigación Minera** se asignó al IGME, con la excepción de las investigaciones sobre sustancias radiactivas y combustibles, que fueron encomendadas a la Junta de Energía Nuclear y a entidades especializadas en el sector energético, respectivamente.

Para la elaboración del Programa Nacional de Investigación Minera, se creó en el IGME una comisión específica con un Comité de Dirección encargado de coordinar los trabajos. Se conformaron grupos de trabajo integrados por destacados expertos y entidades líderes en investigación geológica y minera, quienes fueron responsables de redactar las diferentes secciones del programa.

⁴ https://info.igme.es/SidPDF%5C005000%5C882%5CTomo%20I%5C5882_0001.pdf

El Instituto Nacional de Industria⁵ (INI) fue una entidad pública española fundada en 1941 con el propósito de fomentar la industrialización del país. A lo largo de su historia, el INI jugó un papel crucial en la economía española, llegando a ser el conglomerado empresarial más grande del país. No obstante, a mediados de los años 90, el INI fue disuelto y sus funciones, asumidas por la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI).

La primera etapa de la intervención del INI en la minería se caracterizó por una fuerte orientación hacia la investigación y por iniciativas de alto riesgo y baja rentabilidad. Su papel fue complementario al del sector privado, siendo relevante solo en la explotación de lignitos y pizarras bituminosas.

La gran confianza del gobierno en el potencial minero de España y el papel asignado al INI en su explotación se evidenciaron con la creación de ENADIMSA (Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A., en adelante ADARO), la primera empresa del Instituto dedicada a la investigación minera, en 1942. ADARO concentró la mayor parte de la actividad investigadora del grupo INI en estos años.

Además de ADARO, el INI propició la creación de numerosas empresas, como [SEAT](#), [ENDESA](#), [ENSIDESA](#) y muchas otras, dedicadas especialmente a la producción de hierro, acero y aluminio, y también a la industria petroquímica. Destacan dos empresas clave: la Empresa Nacional del Uranio (ENUSA), creada en 1971, y la Empresa de Prerreducidos Integrados del Suroeste de España (PRESUR), creada en 1981, dedicadas a la explotación de recursos nucleares y a la siderurgia, respectivamente. También es destacable la creación de Hulleras del Norte S.A.S.M.E. (en adelante HUNOSA) en 1967, que aumentó el peso de las empresas mineras en el grupo INI.

El IGME seleccionó a ADARO, como contratista principal para desarrollar el Programa Nacional de Investigación Minera.

ADARO, con una trayectoria de más de 50 años dedicada a la exploración minera, ha sido un actor clave en el desarrollo del sector en España, contribuyendo a la identificación y explotación de una amplia variedad de recursos minerales.

El Plan Nacional de la Minería, con una duración de dos años, sentó las bases para el desarrollo futuro de la investigación minera en España. A partir de este plan, se conformaron distintos programas sectoriales de investigación, con un desarrollo a largo plazo, y que se ejecutaron de manera gradual, considerando factores como los estudios de mercado y la disponibilidad de recursos.

En la primera fase del Programa Nacional de Investigación Minera, se elaboró un estudio de viabilidad económica y de mercado de las diversas sustancias minerales, que permitiera definir cuáles de estas sustancias eran prioritarias para su estudio. Estas sustancias fueron: cobre, hierro, oro, plomo-cinc-plata, azufre-pirita-sulfuros, níquel, fósforo, sales potásicas, sal común, aluminio, estaño-wolframio-molibdeno, manganeso, flúor, elementos escasos y mercurio.

La investigación minera se estructuró en ocho programas sectoriales, cada uno enfocado en un área específica:

⁵ <https://www.sepi.es/es/conozca-sepi/organismos>

1. Programa sectorial de Investigación de minerales radiactivos. Responsable: Junta de Energía Nuclear.
2. Programa para la confección del Mapa Geológico Nacional: MAGNA, E 1:50.000. Responsable: IGME.
3. Mapa Geotécnico Nacional (PINGEON). Incluía diversos proyectos relacionados con investigación geotectónica y rocas industriales. Responsable: IGME.
4. Mapa Hidrogeológico Nacional, relacionado con el inventario Nacional de Aguas Subterráneas y evaluación de los recursos hidráulicos (PIAS). Responsable: IGME en colaboración con la Dirección General de Colonización del Ministerio de Obras Públicas.
5. Investigación minera de la Plataforma y Talud continentales. Responsable: IGME.
6. Programa sectorial de investigación minera de minerales de hierro españoles. Este fue dividido a su vez en 9 subsectores, correspondientes a diferentes ámbitos geográficos. Responsable: IGME en colaboración con el Instituto Nacional de Industria y otras entidades mineras.
7. Programa sectorial de investigación minera de piritas y sulfuros complejos orientada sobre todo a la Faja Pirítica. Responsable: IGME en colaboración con el Instituto Nacional de Industria y Administración del Estado.
8. Programa sectorial de investigación minera de plomo y cinc. Dividido en una serie de subsectores geográficos algunos de los cuales se hicieron más tarde por falta de asignación presupuestaria. Responsable: IGME.

En relación con el Programa Nacional de Investigación Minera, la destacada labor de ADARO se complementó con la colaboración de empresas privadas especializadas y de instituciones académicas como las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros de Minas, en particular la de Madrid. El apoyo del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y de las universidades españolas, a través de sus facultades de Ciencias Geológicas, fue fundamental para garantizar la eficiencia y el rigor científico del Programa Nacional de Investigación Minera.

En conjunto, destaca la importancia de los trabajos realizados en la prospección de yacimientos de hidrocarburos, potasas, hierro, carbón y piritas.

En un primer periodo, entre 1942 y 1959, ADARO se dedicó a la investigación de las posibilidades mineras del país, aunque los resultados obtenidos fueron muy modestos. Solo las investigaciones sobre lignitos en Inca, Mallorca, potasas en Navarra, fosfatos en el Sahara y plomo en el distrito de Linares dieron lugar a nuevas explotaciones y, en todos los casos, aunque por razones distintas, los resultados económicos fueron muy limitados.

Otras empresas del INI, como ENCASO y MIPSA, realizaron investigaciones mineras, especialmente en sus propias explotaciones. ENCASO se centró en las cuencas de Puentes de García Rodríguez, Andorra y Puertollano, mientras que MIPSA exploró los Pirineos catalanes. MASA y AUXINI, por su parte, llevaron a cabo estudios de viabilidad en yacimientos ya conocidos.

En el período entre 1960 y 1989 se produjo un descenso sustancial de las actividades mineras de todas las empresas que conformaban el INI.

A pesar de las grandes expectativas iniciales y de los esfuerzos realizados, el INI tuvo una contribución limitada al sector minero durante sus primeros quince años. La escasez de recursos y la falta de nuevos yacimientos rentables limitaron su impacto. No obstante, gracias al trabajo de ADARO, se identificaron nuevas zonas con potencial minero y se actualizó el inventario de recursos minerales del país.

Como resultado del Programa Nacional de Investigación Minera, el IGME participó en la generación de mapas predictivos para 17 materias primas consideradas de mayor interés, a escala 1:1.500.000⁶ (aluminio, azufre-pirita-sulfuros complejos, bismuto, cobre, espato flúor, estaño-wolframio-molibdeno, fosfatos, hierro, hulla, manganeso, mercurio, níquel, oro, plomo-cinc-plata, sales potásicas y titanio) y 87 hojas del Mapa Metalogénico a escala 1:200.000⁷ con sus correspondientes memorias (serie antigua).

La crisis mundial de materias primas minerales derivada de la crisis del petróleo de 1973 provocó un cambio de actuación en relación con los diferentes productos minerales. En 1975 se aprobó el Plan Nacional de Abastecimiento de Materias Primas Minerales no energéticas (PNAMPM, 1979-1987⁸), que se implementó con el fin de reducir la dependencia del exterior y promover la exportación de minerales excedentes.

El objetivo principal del Pnampm era impulsar la investigación, explotación y uso de minerales tanto en España como en el extranjero. Se buscaba asegurar el suministro de materias primas minerales a la industria española de la manera más económica y segura posible. La meta era reducir la dependencia económica del exterior en un 60% para 1982 y un 50% para 1987.

Este Plan dio lugar a una serie de acciones sub-sectoriales de las siguientes sustancias deficitarias: aluminio, asbestos, cinc, cromo, estaño, fosfatos, hierro, manganeso, níquel, plomo, titanio y de las siguientes sustancias excedentarias: caolín, fluorita, magnesita, mármoles; granitos y pizarras ornamentales, pirita, potasas y wolframio.

De las 34 materias primas fundamentales identificadas por la UE en 2023⁹, solo 9 coinciden con las estudiadas en el Pnampm: aluminio, bismuto, cobre, espato flúor, manganeso, níquel, fosfato, titanio y wolframio.

El desarrollo económico e industrial entre 1960 y 1990 se sustentó, al menos parcialmente, en una importante inversión, pública y privada, en el conocimiento y aprovechamiento de los recursos naturales autóctonos. Posteriormente, la acelerada disminución del peso del sector primario y secundario en la economía en favor del terciario ha implicado un descenso del interés público en los recursos minerales que se ha visto traducido en la carencia de un reconocimiento sistematizado de los recursos del país.

En los últimos años, el IGME CSIC ha liderado y participado en proyectos competitivos financiados por programas internacionales, nacionales y autonómicos, proyectos derivados de acuerdos de colaboración con las administraciones públicas y también lleva a cabo contratos de apoyo tecnológico. Estos proyectos de investigación, así como la elaboración habitual de los informes preceptivos contemplados en la Ley de Minas, han permitido al IGME-CSIC mantener actualizadas las bases de datos institucionales y elaborar mapas de diferentes temáticas.

⁶ <https://info.igme.es/cartografiadigital/tematica/metalogenetico1500.aspx?language=es>

⁷ <https://info.igme.es/cartografiadigital/tematica/MetalogeneticoA200.aspx?language=es>

⁸ CSIC - Biblioteca Virtual y Catálogos - Plan Nacional de Abastecimiento de Materias Primas minerales: (P.N.A.M.P.M.) : 1979-1987

⁹ [BOE.es - DOUE-L-2024-80639 Reglamento \(UE\) 2024/1252 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril de 2024](https://boe.es/DOUE-L-2024-80639)

En concreto, entre 1990 y 2024 el IGME CSIC ha realizado:

- Inventarios de distintas materias primas minerales.
- Prospección Geoquímica Estratégica del Pirineo Axial (iniciada en 1982), País Vasco, Cantabria, partes de Castilla-La Mancha, Madrid, Ossa Morena en Extremadura y Andalucía, Faja Pirítica.
- Atlas Geoquímico de España.
- Cartografía metalogenética de Cantabria, Extremadura y Andalucía¹⁰.

Además, el Programa Marco de Investigación e Innovación de la Unión Europea ha sido el principal instrumento legal y económico para financiar la investigación comunitaria sobre materias primas y el IGME CSIC ha participado activamente en el desarrollo de los siguientes proyectos:

- En el Séptimo Programa Marco (2007-2013), en proyectos como PROMINE ¹¹ o Minerals4EU¹².
- En Horizonte 2020 (2014-2020), en proyectos como FORAM¹³ y también en el desarrollo de programas como *GeoERA Raw Materials*¹⁴ a través de 4 proyectos: FRAME¹⁵, MINDESEA¹⁶, MINTELL4EU¹⁷ y EUROLITHOS¹⁸.
- En FRAME se realizó una previsión y evaluación de las necesidades de Europa en materias primas estratégicas, MINDESEA se centró en el estudio de la metalogenia y el potencial geológico para materias primas fundamentales de los yacimientos submarinos, MINTEL mejoró la base europea del conocimiento sobre materias primas actualizando el *Minerals Yearbook* o anuario de minerales que se elaboró en Minerals4EU, y en EUROLITHOS se fomentó el uso y la producción de la piedra ornamental. Toda esta información se estandariza de acuerdo a los requerimientos de la Directiva INSPIRE y la plataforma EGDI (Infraestructura de Datos Geológicos Europeos de EuroGeoSurveys).
- En GeoERA y, ahora, en el marco de Horizonte Europa (2021-2027) con el proyecto GSEU¹⁹, se pretende establecer una red de investigación multinacional y multidisciplinar que tiene como fin último crear un Servicio Geológico Europeo.
- En proyectos como BrineRIS²⁰, focalizado en el aprovechamiento de Li y otros elementos en salmueras, START²¹, destinado a investigar sistemas sostenibles de captación de energía basados en el reciclaje innovador de residuos mineros y SCREEN3²², que trata de mejorar la base de conocimiento de la UE sobre materias primas primarias y secundarias.

¹⁰ <https://info.igme.es/catalogo/catalog.aspx?catalog=3&shfo=false&shdt=false&master=infoigme&lang=spa>

¹¹ <https://www.gtk.fi/en/research-project/promine-nano-particle-products-from-new-mineral-resources-in-europe/>

¹² <https://eurogeosurveys.org/projects/minerals4eu/>

¹³ <http://www.foramproject.net/>

¹⁴ <https://geoera.eu/themes/raw-materials/>

¹⁵ <https://www.era-learn.eu/network-information/networks/geoera/geoera-cofund-call/forecasting-and-assessing-europe2019s-strategic-and-raw-materials-needs>

¹⁶ <https://geoeramindesea.wixsite.com/mindesea>

¹⁷ <https://mintell4eu-qca.geo-zs.si/>

¹⁸ <https://www.eurolithos.org/>

¹⁹ <https://www.geologicalservice.eu/>

²⁰ <https://brineris.pwr.edu.pl/>

²¹ <https://www.start-heproject.com/>

²² <https://screen.eu/>

- En el proyecto Sustainable & Circular Production of MINeral Critical Raw Materials SCIMIN-CRM dentro del marco de Horizonte Europa, se pretende desarrollar una metodología europea para la evaluación de la recuperación de materias primas fundamentales, estratégicas y esenciales de las instalaciones de residuos abandonadas o activas.

Actualmente, a nivel nacional, el IGME CSIC lidera proyectos como TI-RRES, que busca evaluar el potencial de recuperación de tierras raras y otras materias primas fundamentales en los residuos mineros de la mina de Golpejas. Este proyecto promueve la economía circular y la restauración ecológica, generando beneficios económicos, ambientales y sociales. En colaboración con la Fundación Barredo, se desarrolla una metodología para identificar y aprovechar otros residuos mineros con potencial económico.

Además, en coordinación con las Comunidades Autónomas, mediante convenio de colaboración, se llevó a cabo el Estudio de la potencialidad minera del territorio de Andalucía para el aprovechamiento de minerales críticos (POMINAL²³) entre 2017 y 2022. Durante 2022, mediante un Contrato de Apoyo Tecnológico con la Fundación Barredo del gobierno del Principado de Asturias, se realizó el Inventario de Balsas y Escombreras de Asturias (BALESPA²⁴).

También se ha colaborado en acuerdos internacionales, en América Latina y en África, como el recientemente terminado Plan Nacional de Geología de Angola (PLANAGEO²⁵). Entre otros trabajos, se han llevado a cabo campañas de exploración geoquímica en zonas de interés minero, así como exploración de rocas y minerales industriales.

Además, el IGME CSIC tiene una larga historia de asistencia científico-técnica a otras Administraciones Públicas en materia de residuos mineros. Si no de forma oficial, el IGME CSIC se ha constituido en la práctica, por los trabajos desarrollados durante los últimos años, en el organismo de referencia nacional para las tareas de inventario, evaluación de riesgos, priorización de actuaciones y propuestas de rehabilitación de instalaciones abandonadas de residuos mineros. Este tipo de colaboraciones se han plasmado en diversas guías y manuales dedicados a las metodologías de inventario, evaluación de riesgos y rehabilitación de instalaciones cerradas y abandonadas de residuos mineros. En la actualidad, se mantiene la colaboración con las distintas unidades del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico:

- Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental en materia de residuos mineros (categorización y potencial de recuperación).
- Dirección General de Biodiversidad, Bosques y Desertificación en la rehabilitación de instalaciones mineras en el marco de actuaciones para recuperar el Mar Menor.
- Dirección General de Política Energética y Minas en un espectro más amplio de las materias primas minerales.

En la esfera de la investigación universitaria, recientemente el IGME CSIC ha colaborado con el CIRCE de la Universidad de Zaragoza en el desarrollo del proyecto de investigación “Análisis exergético y termo económico de la capacidad nacional de recuperación de materias primas secundarias esenciales para la transición ecológica”²⁶. En el marco de este proyecto se han

²³ <https://www.juntadeandalucia.es/organismos/industriaenergiayminas/servicios/actualidad/noticias/detalle/396970.html>

²⁴ <https://www.fundacionbarredo.es/actividad/proyectos/>

²⁵ <https://delegacion.andalucia.csic.es/un-proyecto-internacional-analiza-el-potencial-minero-de-angola-para-contribuir-en-su-desarrollo-economico/>

²⁶ <https://sede.unizar.es/?app=touz&opcion=mostrar&id=43353>

investigado residuos mineros y los residuos tecnológicos, y se ha realizado la evaluación exergética para diseñar técnicas sostenibles de recuperación de dichas materias primas secundarias en los residuos. También está en desarrollo un proyecto de investigación con la Universidad de Málaga (REMINLASER) para el desarrollo de una tecnología que permita la vigilancia medioambiental desde drones. Dicha tecnología podría ser aplicada a instalaciones mineras abandonadas, con objeto de la evaluación del potencial impacto y del potencial para la recuperación de materias primas, mediante cartografía química con espectrometría de plasma inducido por láser.

Hoy en día, el estudio de los recursos minerales sigue siendo una línea prioritaria de investigación para el IGME CSIC, participando en el desarrollo de proyectos de investigación a nivel internacional, nacional y autonómico. Los resultados de estas investigaciones tienen aplicación práctica directa tanto en la toma de decisiones estratégicas de los organismos gestores de recursos geológicos, así como en facilitar las colaboraciones entre las Administraciones Públicas.

En concreto, la creciente dependencia de terceros países para el suministro de materias primas críticas, similar a la situación de los años 40, exige una intensificación urgente de la exploración minera nacional. La aprobación del Reglamento de Materias Primas Fundamentales (Critical Raw Materials Act, CRMA²⁷) subraya la importancia estratégica de este objetivo y la necesidad de un Programa Nacional de Exploración Minera que garantice nuestra autonomía.

²⁷ Vid nota 9

2 MARCO ESTRATÉGICO Y OBJETIVOS

Las transiciones ecológica y digital hacia un modelo de generación basado en fuentes de energía renovable y procesos de producción neutros en carbono exigen una adecuada provisión de materias primas fundamentales, cuya satisfacción se ve complicada en el contexto actual de inestabilidad y competitividad estratégica global.

Las materias primas fundamentales son materias primas de **gran importancia económica** para la Unión Europea (UE), cuyo **suministro presenta un elevado riesgo de sufrir interrupciones** debido a la concentración de las fuentes y a la falta de sustitutos adecuados y asequibles. En la UE, la necesidad de identificar y monitorear el acceso a este tipo de materias primas se remonta a 2008, con la aprobación de la **Iniciativa Europea de Materias Primas (Raw Materials Initiative, RMI²⁸)**.

Dentro de la Iniciativa de las Materias Primas, la Comisión Europea publica, desde 2011, la lista de materias primas consideradas como fundamentales para la UE, que se ha ido actualizando y ampliando cada tres años, pasando de 14 en 2011 a 34 en 2023. Por ejemplo, en la última revisión se ha incluido el litio, esencial para la fabricación de baterías, o el cobre, elemento clave para la electrificación de la economía.

En septiembre de 2020, la Comisión Europea aprueba el **Plan de Acción de Materias Primas Fundamentales²⁹**, construido sobre la base de la RMI y en una llamada en el **Plan REPowerEU³⁰** a extender el concepto de seguridad de suministro energético para incorporar las materias primas fundamentales y productos intermedios necesarios para reforzar la autonomía estratégica europea.

Sin embargo, tras el inicio de la guerra de agresión rusa en Ucrania, la UE ha incrementado aún más si cabe su acción sobre el suministro de materias primas fundamentales con la aprobación, en marzo de 2024, del **Reglamento de Materias Primas Fundamentales³¹**, un conjunto integral de medidas para garantizar el acceso de la UE a un suministro seguro, diversificado, asequible y sostenible de materias primas fundamentales.

Para ello, el Reglamento establece plazos concretos para los procedimientos de autorización de los proyectos de materias primas estratégicas de la UE, permite a la Comisión y a los Estados miembros (EEMM) reconocer un proyecto como estratégico, exige evaluaciones de riesgos de la cadena de suministro, demanda a los EEMM que dispongan de planes nacionales de exploración y garantiza el acceso de la UE a las materias primas fundamentales y estratégicas mediante unos parámetros de referencia ambiciosos de extracción, tratamiento, reciclado y diversificación de las fuentes de importación.

Más en detalle, el CRMA, en su **artículo 19 “Programas Nacionales de Exploración”**, impone a cada EEMM la elaboración de un Programa Nacional de Exploración general específico para materias primas fundamentales y los minerales portadores de estas. Estos programas deberán presentarse a más tardar el 24 de mayo de 2025 y se actualizarán al menos cada cinco años.

²⁸ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:52008DC0699>

²⁹ eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0474

³⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A230%3AFIN&qid=1653033742483>

³¹ Vid nota 9

El CRMA también establece las medidas que deberán llevar a cabo los EEMM dentro de los Programas Nacionales de Exploración para aumentar la información disponible sobre los depósitos de materias primas fundamentales, como, por ejemplo, campañas geoquímicas, estudios geocientíficos, etc.

Por otro lado, el artículo 27 “**Valorización de materias primas fundamentales procedentes de residuos de extracción**” del CRMA establece que los EEMM crearán una base de datos de las instalaciones de residuos de extracción cerradas o abandonadas que sean susceptibles de contener cantidades de materias primas fundamentales que podrían valorizarse técnicamente.

El Reglamento también determina los plazos y las actividades a realizar en función de la información disponible y la viabilidad económica de la recuperación de las materias primas fundamentales en las instalaciones de residuos de extracción. Estas actividades pueden, y deben, ser consideradas como parte de un concepto amplio de exploración minera pues, al fin y al cabo, se persigue conocer la existencia, y posible producción futura, de estas materias primas fundamentales.

A nivel nacional, la conexión entre transición energética y cadena de valor de materias primas fundamentales ya fue reflejada en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030³² (PNIEC) adoptado en 2020. El PNIEC determina el régimen de trabajo estatal en materia energética para la próxima década y acredita el compromiso de España con los objetivos climáticos pactados en el Acuerdo de París. El plan incluye los objetivos nacionales de reducción de gases de efecto invernadero, la integración de energías renovables y las medidas de eficiencia energética, entre otras cuestiones.

En su versión de 2020, la medida 5.7 “Nuevos instrumentos de apoyo a la investigación y la innovación en energía y clima”, estableció como objetivos:

- Desarrollar nuevos instrumentos apropiados para las necesidades particulares del desarrollo tecnológico para la transición energética y la lucha contra el cambio climático.
- Promocionar el desarrollo y financiación de proyectos de fomento de actividades de I+D+i en materia de gestión de recursos naturales, materias primas y adaptación al cambio climático.

En este punto, el PNIEC hizo responsable al IGME CSIC, entre otros organismos, de realizar “*Proyectos de investigación orientados a actualizar la información sobre las reservas de materias primas en España y su futura demanda en función de las necesidades tecnológicas*”.

La nueva actualización del PNIEC para el periodo 2023 a 2030 refuerza y consolida esta visión estratégica, manteniendo la consideración de las materias primas minerales como un elemento clave para la transición energética. En su nueva medida 3.8. “Materias primas estratégicas para la Transición Energética”, se recogen 3 objetivos estratégicos:

- Garantizar la seguridad de suministro y reducir las dependencias estratégicas diversificando el abastecimiento en la importación de materias primas minerales.
- Fomentar la industria y la economía circular de materias primas minerales estratégicas para la transición energética y digital.

³² <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.html>

- Implementar la Hoja de Ruta para la gestión sostenible de las materias primas minerales y el Reglamento (UE) 2024/1252 por el que se establece un marco para garantizar un suministro seguro y sostenible de materias primas fundamentales.

Plenamente alineada con los planteamientos estratégicos de la UE y con los principales instrumentos de España en materia energética (PNIEC y Estrategia a Largo Plazo 2050³³), en agosto de 2022 se aprobó la **Hoja de Ruta para la gestión sostenible de Materias Primas Minerales**³⁴, cuyo objetivo es establecer las bases para la transformación de la industria de materias primas minerales, en un contexto de economía circular, y garantizar el suministro de las materias primas minerales autóctonas en España de una manera más sostenible, eficiente, y que maximice los beneficios a lo largo de la cadena de valor.

La Hoja de Ruta, en su **medida 17**, y en consonancia con lo establecido en el artículo 19 del CRMA, propone la **mejora del conocimiento sobre la existencia de los recursos minerales en España**, a través de un **programa nacional de investigación público-privada de los recursos minerales, liderado por el Instituto Geológico y Minero de España del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IGME CSIC)**, como centro técnico y científico, que permita la puesta al día de los inventarios existentes y la identificación de áreas de exploración preferente.

También sugiere el establecimiento de incentivos para la mejora de la exploración del conocimiento geológico-minero y de la gestión de la información generada, incluidos los mecanismos, criterios y requisitos para la comunicación de los resultados a la administración y las condiciones de su puesta a disposición del público en general.

Asimismo, la **medida 13 “Aprovechamiento de escombreras mineras”** de la Hoja de Ruta, en línea con lo establecido en el artículo 27 del CRMA, destaca la importancia de desarrollar medidas para fomentar la recuperación y la comercialización de las materias primas minerales desechadas en las instalaciones de residuos de industrias extractivas.

Por otro lado, como parte del cumplimiento de las obligaciones incluidas en el **artículo 36** del CRMA, y con el fin de apoyar la ejecución de las medidas contenidas en el mismo, incluidos los programas de exploración, se ha creado un **Consejo Europeo de Materias Primas Fundamentales (CRM Board**³⁵) y diferentes subgrupos de trabajo permanentes para ámbitos específicos, como el **Subgrupo de Exploración**.

El Subgrupo de Exploración está constituido con el fin de contribuir a la coordinación de los programas nacionales de exploración elaborados en virtud del artículo 19 del CRMA. Este está conformado por representantes de alto nivel de los EEMM, junto con institutos o centros de investigación geológicos nacionales, con el objetivo de garantizar la coordinación y la coherencia de los Programas Nacionales de Exploración de los distintos EEMM. La **Secretaría de Estado del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MICIU)**, a través del **IGME CSIC**, es el centro técnico y científico responsable de la representación de España en el Subgrupo de Exploración. La dirección del subgrupo viene dada por la persona titular de la **Subdirección General de Relaciones**

³³https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_es

³⁴ https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ministerio/planes-estrategias/materias-primas-minerales/hr-materias-primas-minerales_23-8-22_web_tcm30-544770.pdf

³⁵ Vid nota 9

Institucionales y Coordinación Internacional de la Secretaría de Estado de MICIU y , como suplente, la persona titular del IGME CSIC.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, este Programa Nacional de Exploración Minera se configura como instrumento para:

- Dar respuesta a las obligaciones establecidas en el artículo 19 (investigación minera) y 27 (investigación en residuos) del CRMA.
- Desarrollar las medidas 17 (investigación minera) y 13 (investigación en residuos) de la Hoja de Ruta (Figura 1).

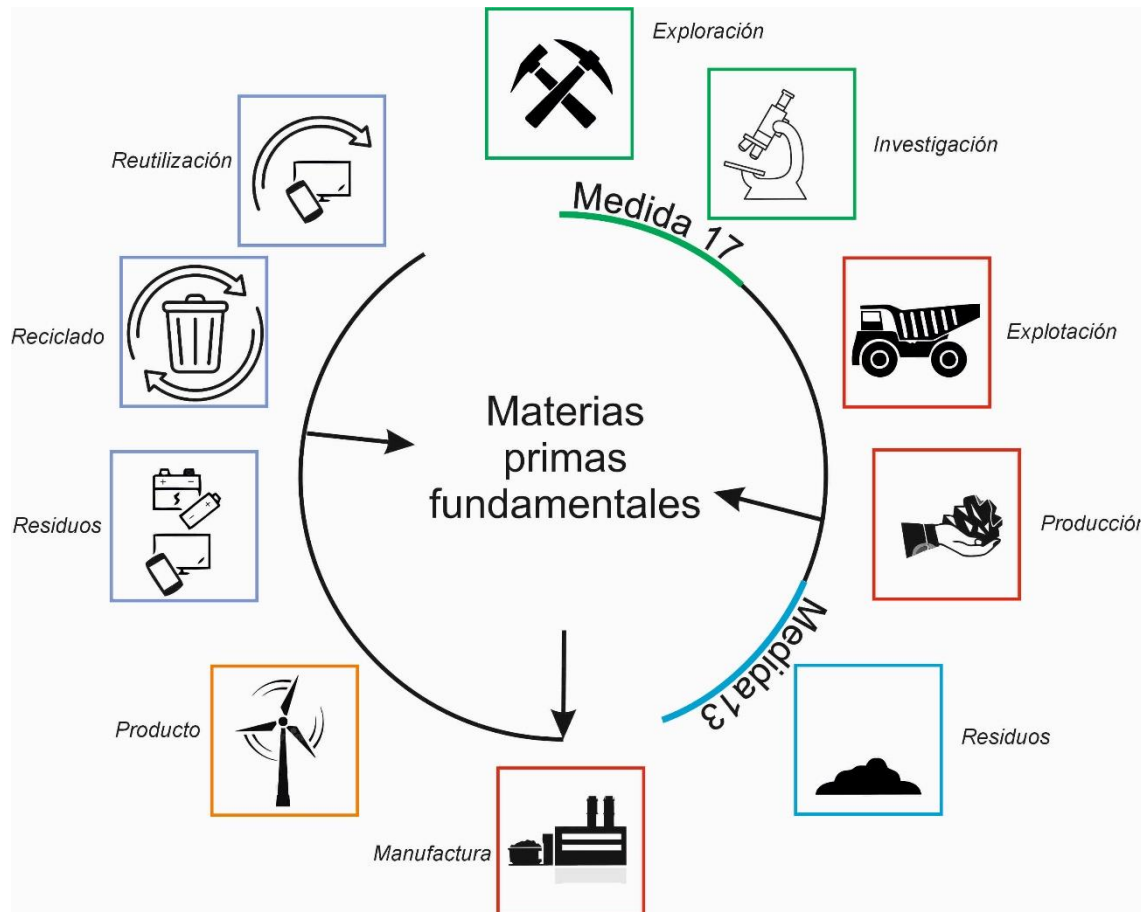


Figura 1. Cadena de valor de las Materias primas fundamentales y las medidas que implica el Programa Nacional de Exploración Minera.

El objetivo principal del programa de exploración es mejorar el conocimiento sobre los recursos minerales de nuestro país, mediante el desarrollo de cuatro grandes líneas generales:

1. Procesamiento e integración de toda la información previa de las sustancias minerales consideradas en una base de datos espacial, tanto para depósitos minerales como de residuos de extracción.
2. Planteamiento y ejecución de trabajos de exploración e investigación, según la sustancia y el tipo de yacimiento, de las sustancias consideradas fundamentales por la UE y de aquellas otras que, por su paragénesis con las anteriores o por la inexistencia de materia prima mineral alternativa, también deben ser objetivo de este programa.

3. Mejora de los modelos metalogenéticos de las mineralizaciones, que servirán de guía para descubrir, estudiar y evaluar nuevos yacimientos.
4. Identificación y caracterización de instalaciones de residuos de extracción con cantidades de materias primas fundamentales que puedan ser económicamente valorizables.

Se pretende aplicar una metodología de trabajo que integre los métodos de exploración geológico-minera clásicos con las tecnologías de análisis más innovadoras. En este sentido, el empleo de la inteligencia artificial a los datos obtenidos podría ser una herramienta muy útil en la exploración y gestión de la información, que permitiría realizar una exploración mineral más eficiente y económica, con importantes ahorros de costes, y ambientalmente más sostenible.

Este programa se limita a contener intenciones de contenido general y no supone la formalización de compromisos jurídicos concretos y exigibles. Tampoco contiene objetivos vinculantes o indicativos de investigación y aprovechamiento de materias primas minerales o la zonificación o concreción territorial, por lo que no puede verse incluida en la definición de planes y programas prevista en el artículo 5.2.b) de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre³⁶, de evaluación ambiental.

³⁶ <https://www.boe.es/eli/es/l/2013/12/09/21/con>



PUNTO DE PARTIDA



3 PUNTO DE PARTIDA

3.1 LA POTENCIALIDAD MINERA DE ESPAÑA

La complejidad geológica de la Península Ibérica deriva en una gran riqueza mineral en prácticamente todo el territorio. De hecho, se pueden encontrar en nuestro país 20 de las 34 materias primas fundamentales definidas en 2024 por la UE. En concreto, la zona oeste, lo que se conoce como Macizo Varisco o Ibérico, presenta una fuente potencial para muchos de los elementos críticos. Esta zona, abarca parte de Cantabria, Asturias, Galicia, Castilla y León, Extremadura y Andalucía, con la localización en esta última de la Faja Pirítica Ibérica.

El Macizo Varisco se divide en varias áreas con diferentes características estructurales y estratigráficas. Las diferentes áreas comprenden las siguientes zonas (Z) (Figura 2):

- Cantábrica (ZC).
- Asturoccidental-Leonesa (ZAOL).
- Centro Ibérica (ZCI).
- Galicia-Trás-Os-Montes (ZGTM).
- Ossa-Morena (ZOM).
- Sur Portuguesa (ZSP).



Figura 2. Mapa general de indicios en los grandes dominios geológicos de España.

Además de estas grandes áreas, en el Macizo Varisco se distinguen también mineralizaciones de interés en las cordilleras Béticas, en Pirineos, en las Cadenas Costero-catalanas y en la Cordillera Ibérica. También hay que destacar las cuencas cenozoicas, donde se han encontrado algunos de los yacimientos minerales metálicos más significativos de época reciente.

A continuación, se muestra una breve descripción de la metalogenia de cada área centrada en las materias primas minerales fundamentales.

Cantábrica (ZC)

La parte oriental de la ZC es conocida por la variedad de yacimientos minerales de pequeño tamaño de Pb-Zn-Ba-Hg, F-Ba, Cu-Co-Ni, Hg-Ba, Sn-As, Fe-Mn, As-Sb-Fe que suelen encontrarse en carbonatos del Carbonífero, ya sea relacionados con la discordancia Pérmico-basamento o dentro de fracturas o pliegues causados por la orogenia Varisca tardía. También existe un depósito sedimentario carbonífero de Mn-Fe, con pequeños nódulos hidrotermales de Mn depositados en un ambiente marino profundo, que probablemente fuera el área fuente de la mayoría de los depósitos epitermales de edad Pérmica en la ZC (Figura 3, nº1).

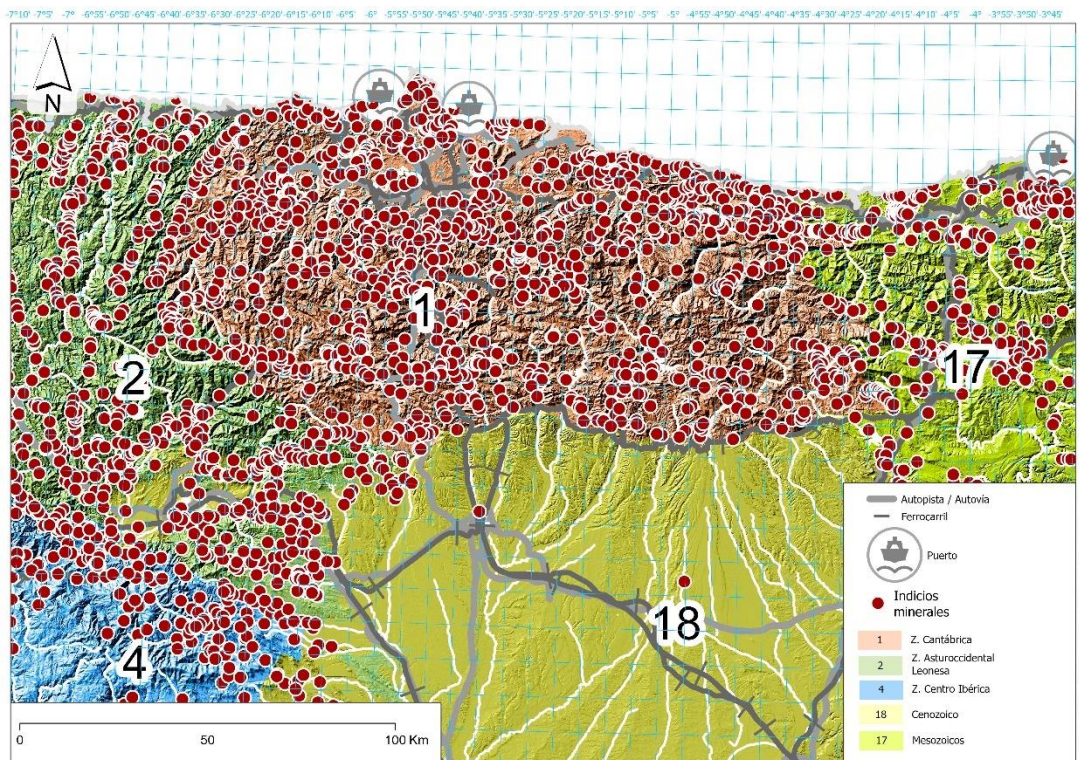


Figura 3. Mapa general de indicios minerales en la ZC (nº1).

Asturoccidental-Leonesa (ZAOL)

La ZAOL ofrece una amplia variedad de mineralizaciones, aunque a menudo de pequeño tamaño. Los elementos metálicos presentes son Fe, Pb, Zn, Cu, Ag, Au, Mo, Sb, Mn, W, U, Hg, As y Co, y los minerales no metálicos más importantes son la barita y la magnesita.

En la Figura 4 puede verse la distribución de indicios en esta zona (número 2 en la figura).

Galicia-Trás-Os-Montes (ZGTM)

Algunos de los principales depósitos ricos en Sn-Li del Macizo Ibérico se sitúan en la ZCI y, en menor medida, en la ZGTM al noroeste. Las mineralizaciones de Sn-Li están asociadas principalmente a cuerpos de aplita-pegmatita y a venas hidrotermales con cuarzo y fosfatos. Los minerales ricos en Li incluyen espodumena, petalita y micas ricas en Li y los fosfatos amblygonita-montebrazita. Existen importantes mineralizaciones ricas en Sn-Nb-Ta que se presentan como diseminaciones en las áreas apicales o marginales de cuerpos leucograníticos de pequeño tamaño y de grano fino. La mineralización típica consiste en casiterita rica en Ta, minerales del grupo columbita, microlita, tapiolita y lepidolita.

En la Figura 4 puede verse la distribución de indicios en esta zona (número 3 en la figura).

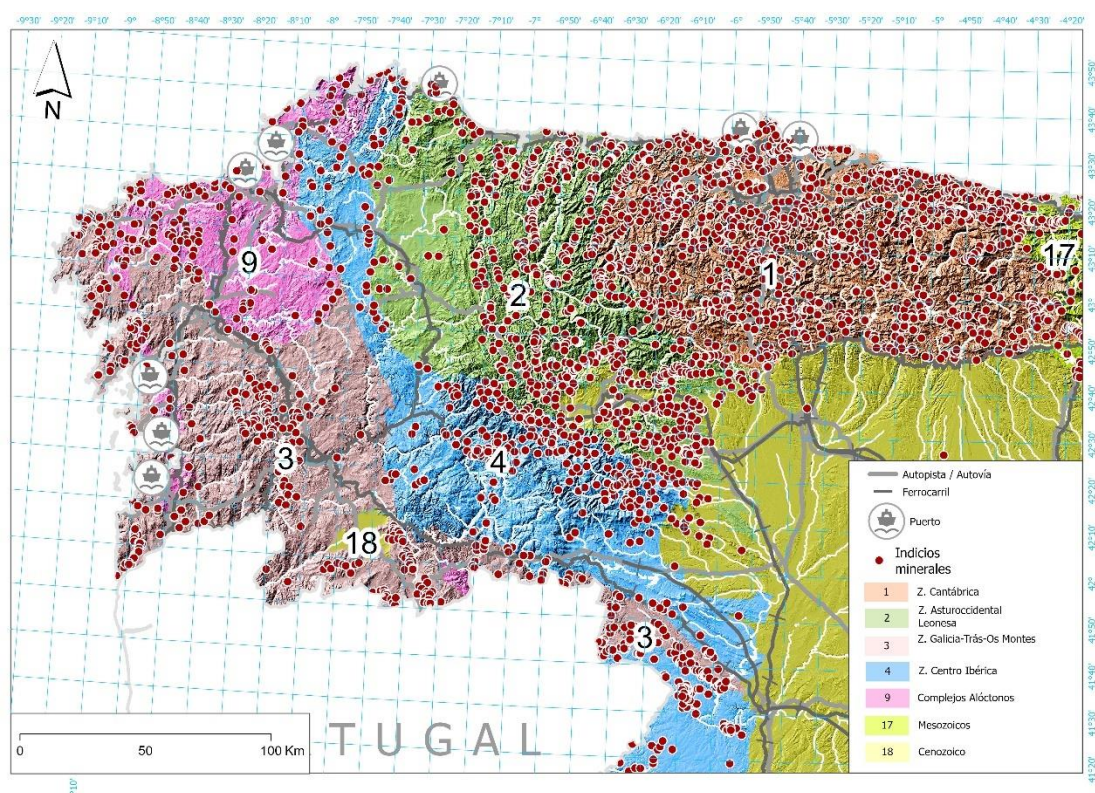


Figura 4. Mapa general de indicios minerales en las ZAOL (nº2) y ZGTOM (nº3).

Centro Ibérica (ZCI)

La ZCI es el área más extensa y una de las principales provincias metalogénicas del Macizo Ibérico. Los principales rasgos metalogénicos que caracterizan los yacimientos de esta zona pueden describirse según su entorno geológico y su relación con los eventos tectonomagmáticos. Así, existen importantes mineralizaciones exhalativas de Sb-Hg, relacionadas con el vulcanismo pre-orogénico, como el depósito estratiforme de Sb de San Antonio o el depósito de Almadén, que representa la mayor concentración de Hg del mundo.

Existe un grupo grande y diverso de mineralizaciones de Sn, W, U, P, Li, Pb, Zn, Cu, Sb y Au genéticamente relacionado con los granitoides que intruyeron durante la Orogenia Varisca. Algunos depósitos se originaron a partir de fluidos generados durante el emplazamiento de los granitoides, mientras que otros se formaron como resultado de la removilización de depósitos de sedex preexistentes. La mayoría de los depósitos W-Sn relacionados con granitos sinorogénicos y

orogénicos tardíos, de tendencia calcoalcalina, contienen scheelita, wolframita, casiterita y venas de cuarzo ricas en sulfuros y stockworks, que atraviesan los granitos y las rocas encajantes metasedimentarias, y depósitos de tipo greisen. También existen importantes depósitos de U, en forma de venas intragraníticas y pegmatitas, que también pueden contener minerales ricos en Be, Nb, Ta, Li y REE.

En la Figura 5 puede verse la distribución de indicios en esta zona (número 4 en la figura).

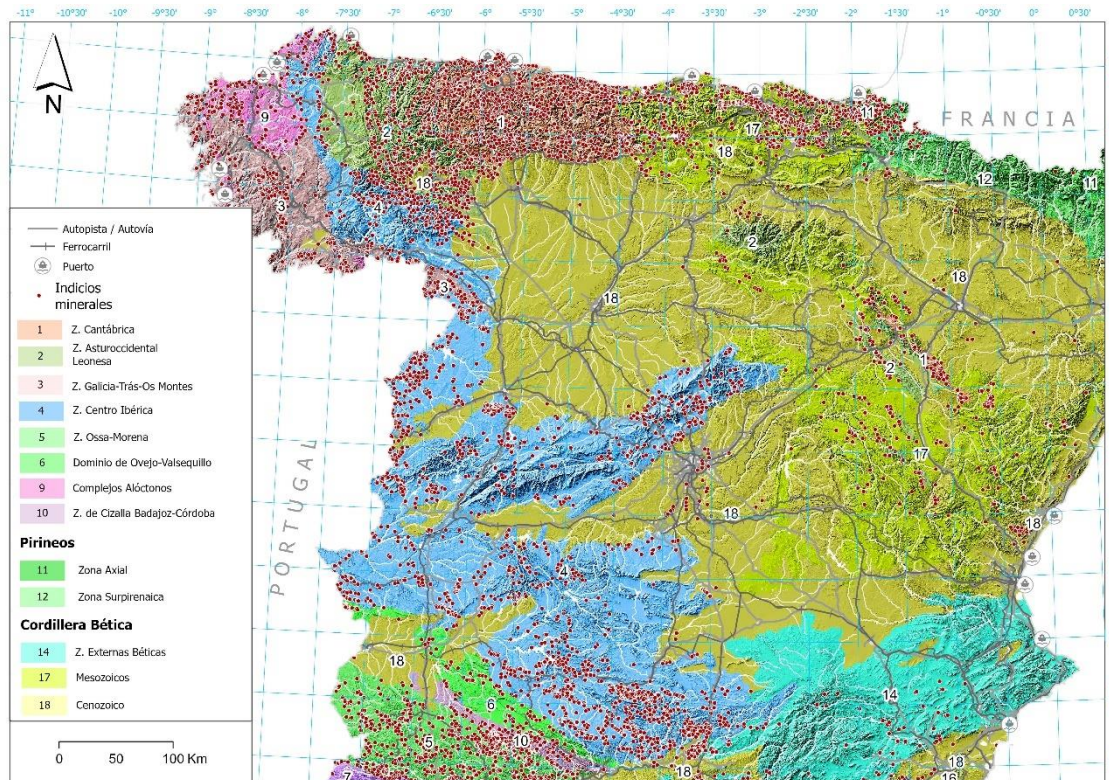


Figura 5. Mapa general de indicios minerales en la ZCI (nº4).

Ossa-Morena (ZOM)

La ZOM se extiende a lo largo de la frontera entre Portugal y España, definiendo un cinturón de 120 x 240 km² y dirección NW-SE. Presenta una gran variedad de tipos de mineralización y un gran número de depósitos e indicios minerales (>650), incluyendo Fe, Pb-Zn, Cu, Au, Ag, Sb, Ni, Mn, W, Hg, barita, variscita, U y carbón. Se formaron mediante procesos muy diferentes durante el Cadomiense y la Orogenia Varisca. Las mineralizaciones cadomienses incluyen sulfuros masivos volcanogénicos, depósitos de barita y mineralizaciones de Zn-Pb tipo sedex y pórfidos cupríferos. Durante la Orogenia Varisca se formaron venas sinmetamórficas y perigraníticas enriquecidas en metales base, pequeños depósitos de sulfuros masivos polimetálicos volcanogénicos, reemplazamientos de óxidos de hierro y skarns, cuerpos magmáticos con magnetita y Cu-Ni y venas con Sn-W. El yacimiento de Aguablanca representa el único ejemplo hasta la fecha de un depósito de Ni-Cu-(PGE) relacionado con el magmatismo máfico-ultramáfico en el sur de Europa, interesante desde el punto de vista económico. Finalmente, la actividad hidrotermal del Varisco tardío es responsable de la formación de venas con mineralizaciones de Pb-Zn y Cu, reemplazamientos de Hg y venas ricas en U.

En la Figura 6 puede verse la distribución de indicios en esta zona (número 5 en la figura).

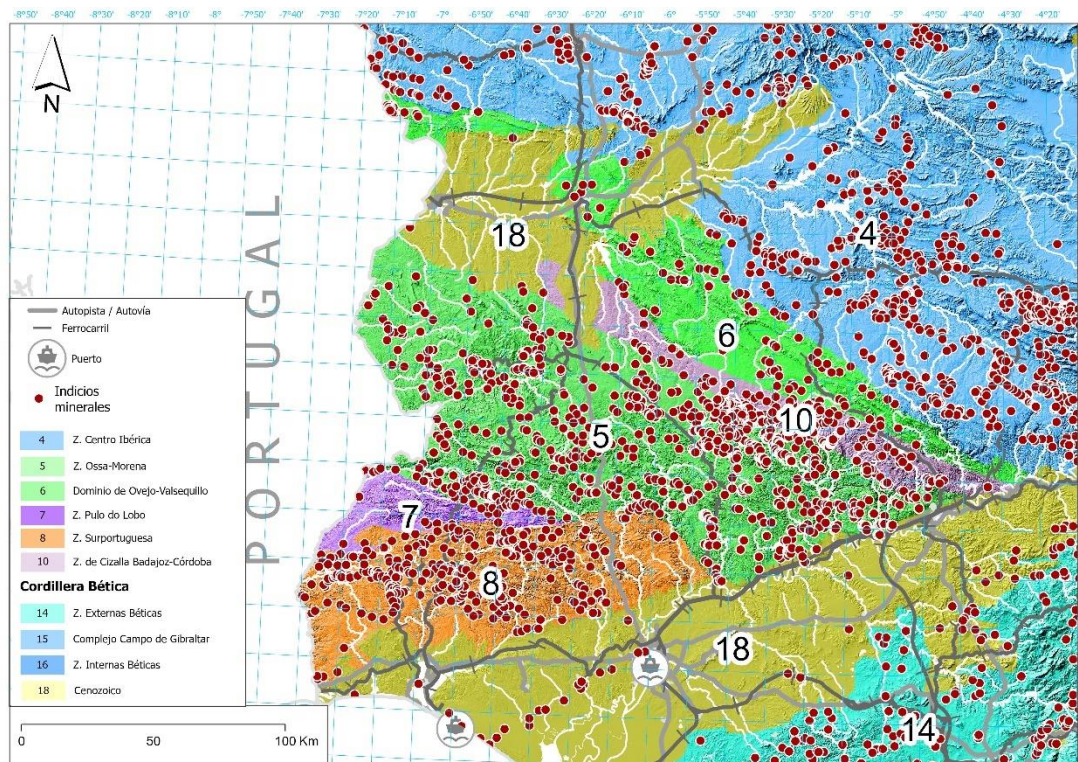


Figura 6. Mapa general de indicios minerales en las ZOM (nº5) y ZPS (nº8).

Surportuguesa (ZSP)

Uno de los dominios de la ZSP, la Faja Pirítica Ibérica (FPI), es una provincia metalogenética en el sureste de Portugal y España que alberga la mayor concentración de depósitos masivos de sulfuros en todo el mundo. La FPI es un cinturón de 250 km de largo y 20-70 km de ancho que incluye ocho depósitos VHMS gigantes, p. ej. Rio Tinto (500 Mt), en España, y Neves Corvo (>300 Mt), en Portugal. La ley promedio de todos los depósitos de VHMS en la FPI es 45% S, 40% Fe, 1,3% Cu, 2,0% Zn, 0,7% Pb, 26 g/t Ag y 0,5 g/t Au. Metales como Sn, Cd, Co, Hg, Bi, Se, etc., están presentes en concentraciones que van desde decenas hasta cientos de ppm. Los minerales más importantes de los cuerpos metálicos son pirita, esfalerita, calcopirita, galena (y casiterita en Neves Corvo) y también están presentes con cuarzo-clorita-sericita-carbonato en el stockwork. Los depósitos de VHMS en la FPI son de origen exhalativo, o bien se pueden formar mediante reemplazamiento de lodos/lutitas o rocas volcánicas félsicas. También se reconocen cientos de pequeños depósitos de Mn relacionados con el vulcanismo félsico.

En la Figura 6 puede verse la distribución de indicios en esta zona (zona número 8 en la figura).

Cordillera Ibérica

En la Cordillera Ibérica, aparecen pequeñas mineralizaciones de Pb-Zn o Fe-Mn y Ba, sobre todo relacionadas con el zócalo varisco.

En la Figura 7 puede verse la distribución de indicios en la zona de la Cordillera Ibérica (número 17 en la figura).

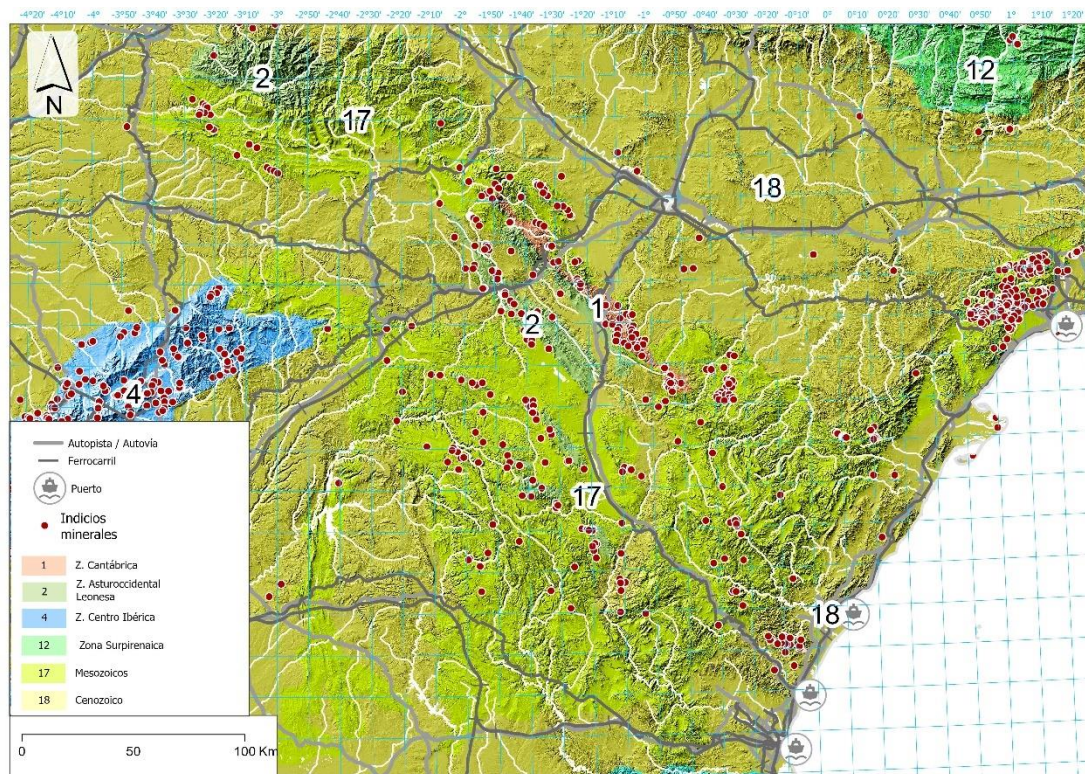


Figura 7. Mapa general de indicios minerales en la Cordillera Ibérica (nº17).

Cordilleras Béticas

En las Cordilleras Béticas, las mineralizaciones de hierro, junto con las de Pb-Zn son las más abundantes y las que han tenido mayor importancia económica, especialmente en las zonas internas. En las zonas externas destacan las mineralizaciones de hierro. También se producen mineralizaciones, en horizontes del Permotriás, de F-Ba, Cu, grafito, Mg o Mn entre otros.

En las Cuencas Neógenas destaca la región del Cabo de Gata, al sureste de Almería, con importantes mineralizaciones metálicas de oro y sulfuros de plomo-zinc (plata-cobre-oro) asociados al volcanismo calcoalcalino.

En la Figura 8 puede verse la distribución de indicios en la zona de las Cordilleras Béticas (números 14 y 16 en la figura).

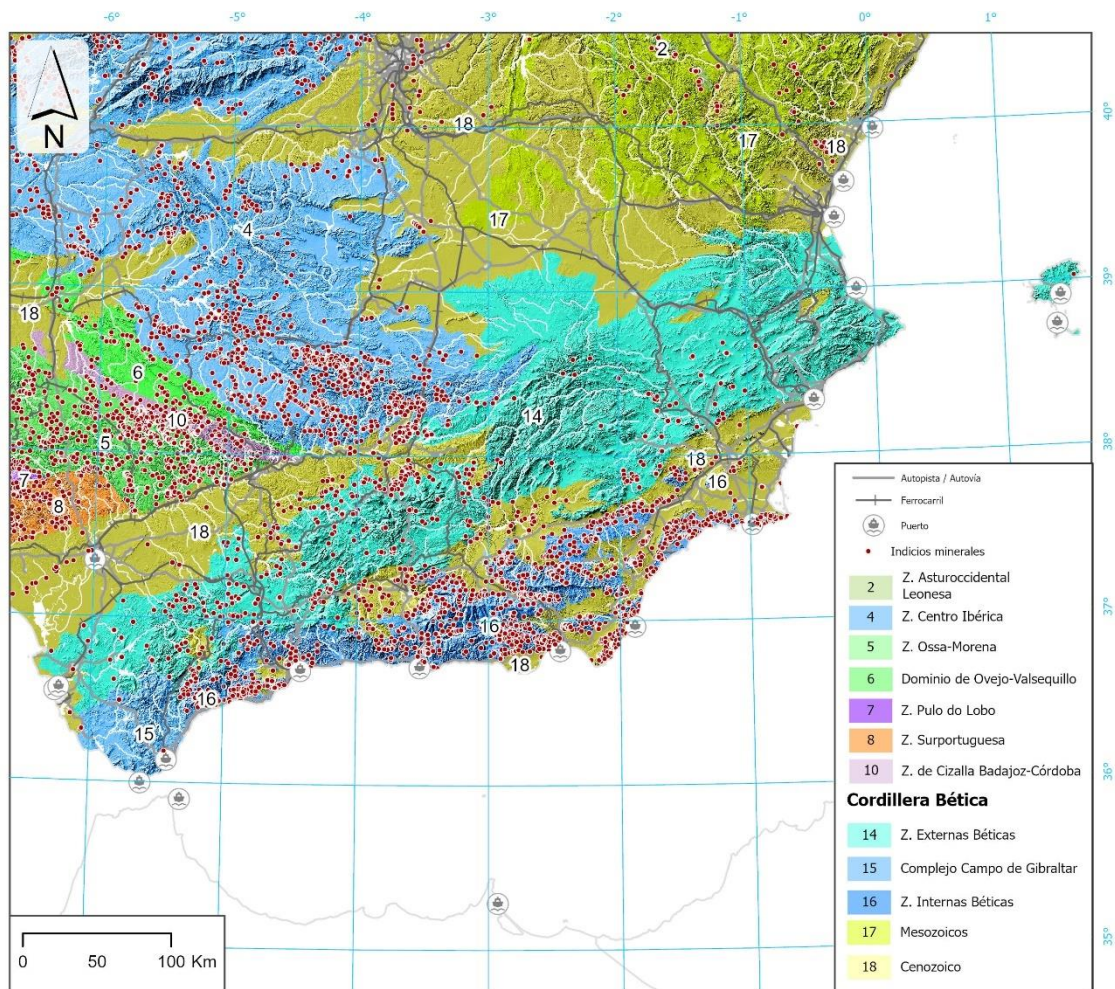


Figura 8. Mapa general de indicios minerales en las Cordilleras Béticas (nº14 y nº16).

Pirineos y Cadenas Costero-Catalanas

En Pirineos, las principales mineralizaciones son de Pb-Zn y también mineralizaciones de F y Ba. Entre ellas, una de la más destacables se encuentra en cuenca carbonatada de la Cuenca Vasco-Cantábrica, Reocín. Así mismo, hay mineralizaciones de Cu, Sn-W o Fe, Mn sobre todo en la zona axial del pirineo, dónde afloran materiales paleozoicos.

En las Cadenas Costero-catalanas destacan las mineralizaciones filonianas de F-Ba en niveles detríticos del Permotrias, aunque también se encuentran pequeñas mineralizaciones de Pb-Zn, Fe-Mn o Cu.

En la Figura 9 puede verse la distribución de indicios en las zonas de Pirineos y la Costero Catalana (números 12 y 19 en la figura respectivamente).

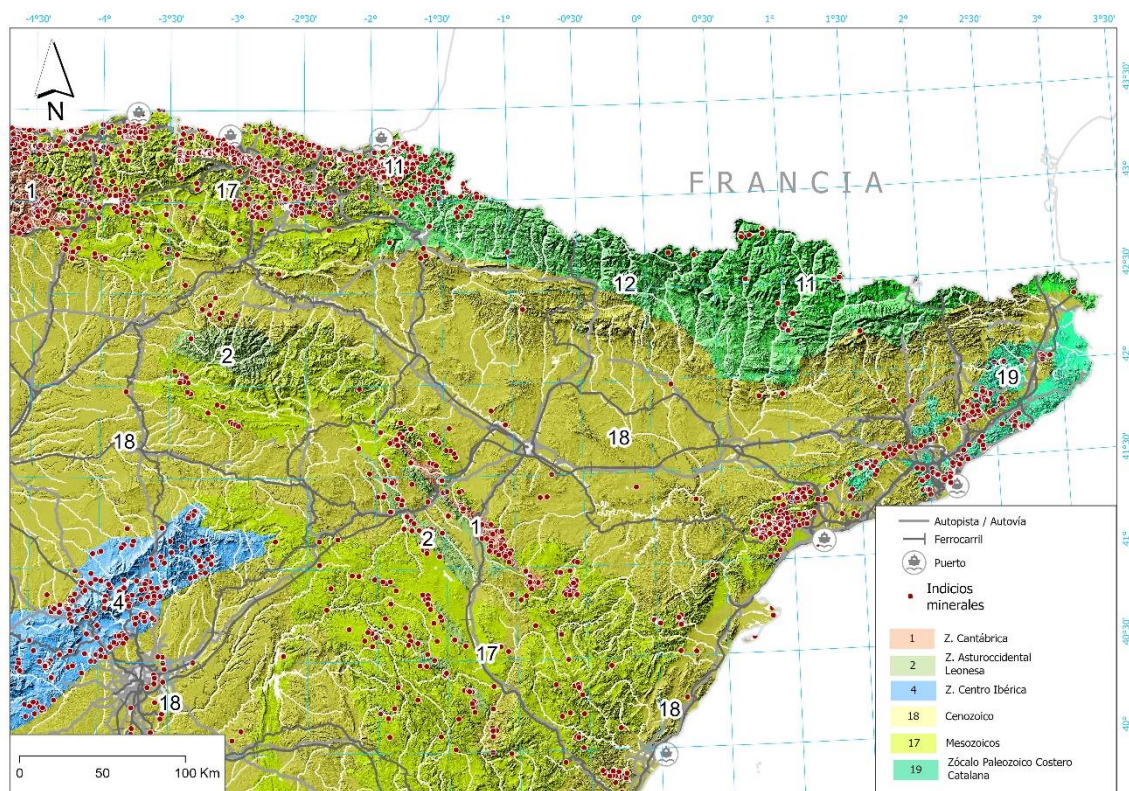


Figura 9. Mapa general de indicios minerales en las zonas de Pirineos (nº12) y Costero-catalana (nº19).

Otras zonas de interés

También cabe destacar las mineralizaciones de Sr, de las que España es el único productor de Europa y uno de los principales del mundo, junto con Irán y China. Estas mineralizaciones se localizan en Andalucía, en la provincia de Granada. Se trata de cuerpos de celestina estratificados en la sucesión evaporítica del Mioceno superior de la cuenca intramontañosa de Montevives y Escúzar.

En todo el territorio nacional es posible reconocer depósitos de tipo placer en las cuencas neógenas, que corresponden a concentraciones de minerales pesados: casiterita, ilmenita, circón, monacita, oro, etc. Estos depósitos pueden haberse formado por procesos de erosión, meteorización y concentración de rocas previas.

También, ligado al volcanismo cuaternario de Ciudad Real, hay que destacar la presencia de Mn, con cantidades de Co y en menor medida de Ni.

3.2 POTENCIALIDAD DE LOS RESIDUOS MINEROS EN ESPAÑA

El IGME inició los trabajos de inventario de instalaciones de residuos mineros abandonadas entre los años 1983 y 1989, dando lugar al conocido como Inventario Nacional de Balsas y Escombreras³⁷. Dicho inventario cubrió la totalidad de las provincias españolas, recopilando información muy básica de un total de 21.673 estructuras de residuos (balsas y escombreras), tanto activas como abandonadas, distribuidas por todo el territorio nacional.

Para las que se consideraron más importantes o representativas, atendiendo a criterios de volumen, ubicación, actividad, y problemas de inestabilidad o contaminación, se elaboró una ficha completa, lo que dio lugar a un inventario de 7.162 instalaciones con ficha. Esta ficha incluye información relativa a la identificación, situación geográfica, datos específicos de la estructura y su entorno físico y geológico, las características y dimensiones, la evaluación cualitativa de sus condiciones de estabilidad geotécnicas y del impacto ambiental, entre otros datos. Además, cada ficha técnica contiene un esquema, un croquis de situación y una fotografía en color.

El gran número de instalaciones recogidas en el inventario se debe a que se incluyeron todo tipo de instalaciones mineras tales como acopios temporales, escombreras de rocas industriales, balsas de decantación, etc. Muy probablemente, una gran cantidad de dichas instalaciones ya no existan como tales en la actualidad. Cabe señalar que en la elaboración del inventario no se realizaron muestreos ni caracterizaciones analíticas de ningún tipo. Desde el punto de vista de su posible utilidad para la búsqueda de residuos mineros con posible interés, sólo puede tener cierto valor en la medida en que los minerales beneficiados en las explotaciones que generaron aquellas instalaciones puedan estar relacionados con la presencia de materias primas fundamentales.

La Figura 10 muestra una distribución de balsas y escombreras incluidas en el citado inventario relativas a la minería de carbón, metálica y de minerales industriales con posible interés (fluorita, barita y silicio). Dichos tipos de minería son los que de forma muy preliminar podrían ofrecer cierto interés, aunque más reducido en el caso de la minería de carbón.

Posteriormente, en el año 1999, se suscribió un convenio de colaboración entre la Dirección General de Minas (dependiente del Ministerio de Industria y Energía, MINER, en 1999) y el IGME (dependiente del Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones, MICYT en 1999), para el desarrollo, en dicho año, de actividades incluidas en el Convenio y entre las cuales se encontraba “La Actualización del Inventario Nacional de Balsas de Estériles Mineros”. Este inventario reúne sólo instalaciones de materiales finos (presas y balsas), como las de decantación asociadas a aserrado de mármol o de pizarra, de almacenamiento de residuos de lavaderos de carbón, así como instalaciones de residuos de flotación. Así, aunque en esta actualización el número de balsas y presas de residuos alcanzó un total de 988 estructuras, gran parte de ellas no serán de posible interés, puesto que no es esperable encontrar materias primas fundamentales en muchas de ellas. Además, para la realización de esta actualización tampoco se tomaron muestras ni se realizó una caracterización geoquímica ni mineralógica.

³⁷ https://info.igme.es/SidPDF/000000/945/Tomo%20I/945_0001.pdf

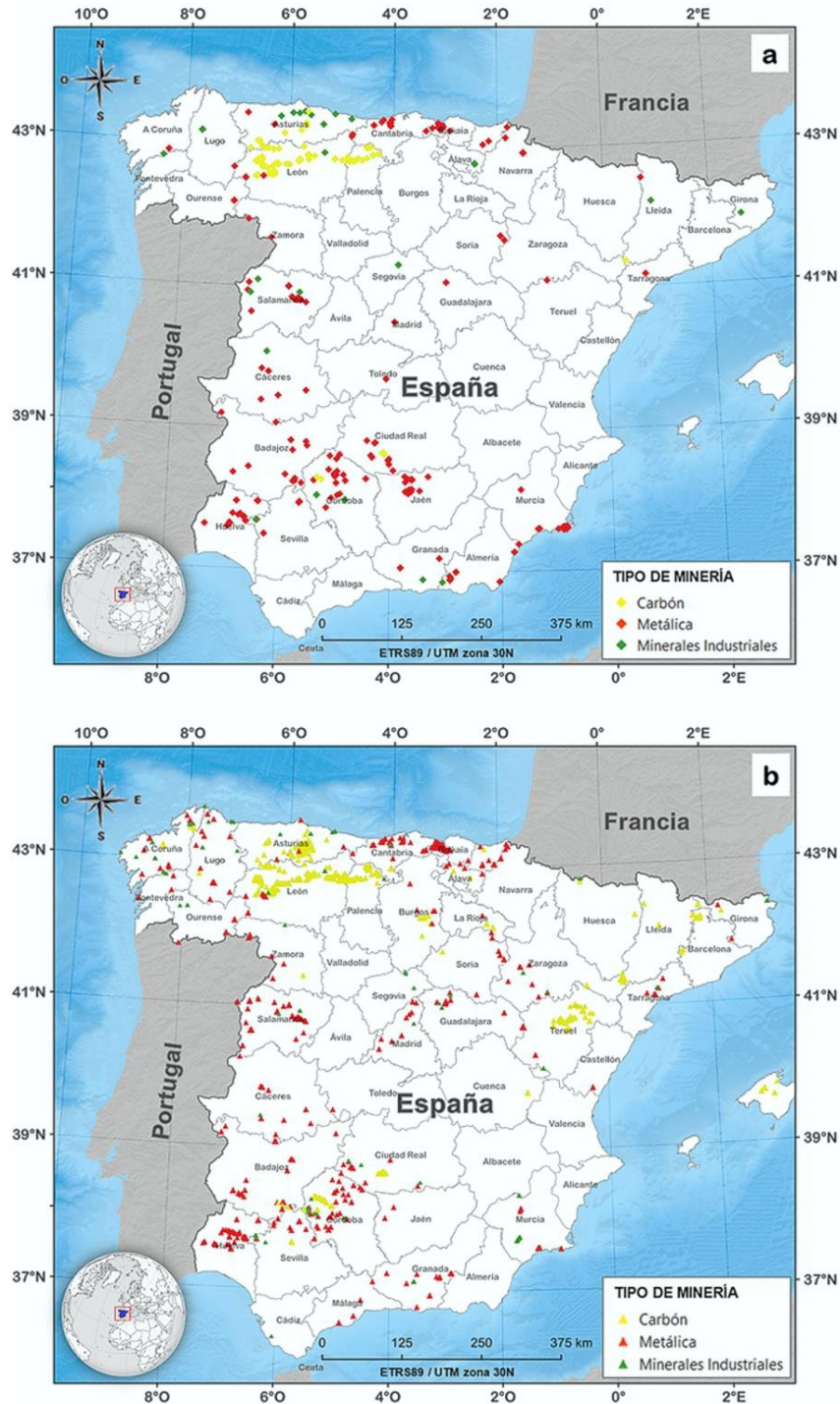


Figura 10. Situación de las instalaciones de minería de carbón, metálica y de minerales industriales (fluorita, barita, sílice) incluidas en el antiguo Inventario Nacional de Balsas (a) y Escombreras (b).

Más recientemente, el IGME CSIC ha trabajado para la Subdirección General de Minas y para la Subdirección General de Residuos, ambas pertenecientes al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD), en la elaboración de la metodología de evaluación de riesgos aplicable a instalaciones de residuos mineros cerradas o abandonadas, así como en la realización

de los inventarios que dan cumplimiento al artículo 20 de la Directiva 2006/21/CE³⁸, traspuesto a la legislación española mediante la Disposición adicional segunda del Real Decreto 975/2009³⁹, de 12 de junio, y está colaborando en la modificación del mismo, sobre la gestión de residuos de industrias extractivas.

El inicio de los trabajos comenzó con una revisión exhaustiva de los anteriores inventarios. El resultado de todos los trabajos desarrollados a lo largo de diez años es un inventario que incluye actualmente 109 instalaciones, si bien para su elaboración se dispuso de caracterización geoquímica y mineralógica de un total de 142 tipos de residuos. La caracterización geoquímica se centró en los elementos potencialmente tóxicos especificados en la Decisión 2009/359/CE⁴⁰, de la Comisión de 30 de abril de 2009. En ella se establece que, para poder considerar los residuos mineros como inertes, *“el contenido de sustancias potencialmente dañinas para el medio ambiente o la salud humana en los residuos y, en especial de As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, V y Zn, debe ser lo suficientemente bajo como para que sus riesgos humanos y ecológicos sean insignificantes, tanto a corto como a largo plazo”*. A estos elementos se añadió Al y Se en ensayos de lixiviación destinados a valorar el potencial de solubilización, así como Sb total y algunos otros elementos cuando se consideró conveniente.

Los estudios realizados hasta la fecha, basados en datos geoquímicos de instalaciones inventariadas, no incluyen de manera sistemática resultados de contenidos en materias primas fundamentales, como elementos de tierras raras ligeras y pesadas, wolframio, germanio, hafnio, indio, niobio o tántalo. En definitiva, los análisis realizados durante el desarrollo del inventario pueden contener datos de materias primas fundamentales, pero no de forma sistemática y no de todos. No obstante, hay que tener en cuenta la posibilidad de existencia de datos analíticos en inventarios realizados por las Comunidades Autónomas.

La carencia de datos relativos a materias primas fundamentales también se da igualmente en la abundante bibliografía existente sobre procesos de contaminación originados en residuos mineros (Figura 11). Numerosos estudios, investigaciones y trabajos publicados se centran en el estudio de elementos contaminantes, que casi siempre están entre los relacionados en la mencionada Decisión 2009/359/CE, de la Comisión de 30 de abril de 2009⁴¹.

³⁸ <https://www.boe.es/doue/2006/102/L00015-00033.pdf>

³⁹ <https://www.miteco.gob.es/es/energia/mineria-explosivos/mineria.html>

⁴⁰ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32009D0359>

⁴¹ Ibid nota 39

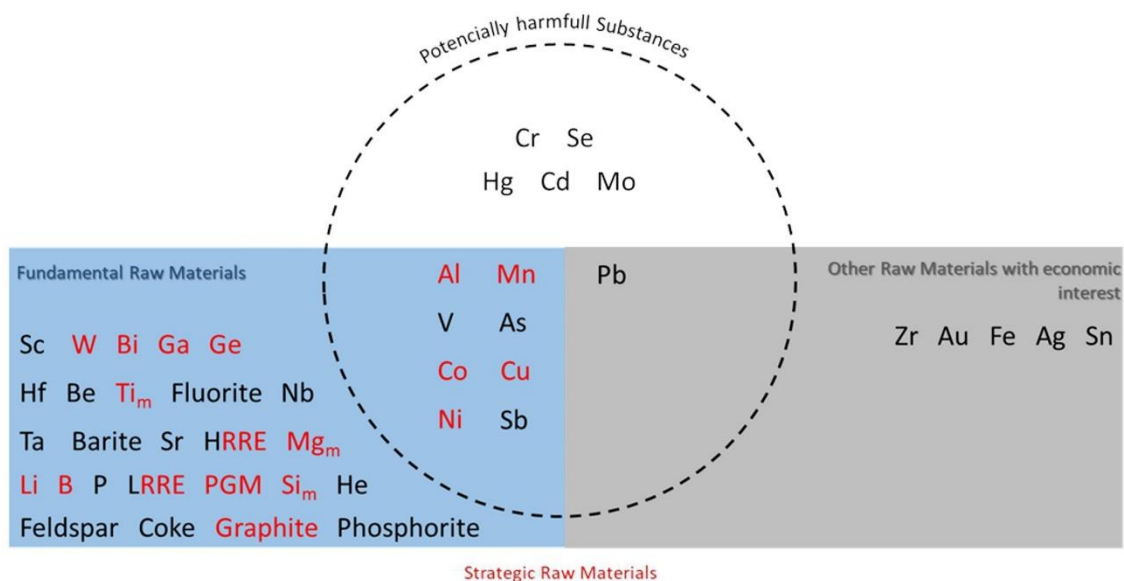


Figura 11. Tipos de elementos potencialmente presentes en residuos mineros (puede verse que algunos elementos potencialmente tóxicos, situados dentro de la circunferencia en línea discontinua, son igualmente fundamentales (en letras negras) o estratégicos (en letras rojas)).

No obstante, de la información geoquímica existente ya se han realizado trabajos orientados a determinar la potencialidad de los residuos mineros españoles; sin embargo, queda mucho por hacer. Gran parte del trabajo a realizar pasa por volver a revisar los inventarios existentes, incorporando criterios orientativos previamente fijados y la realización de gran cantidad de análisis geoquímicos y mineralógicos.

Para la fijación de criterios orientadores, se tendrá en cuenta que la presencia de elementos fundamentales en residuos mineros almacenados en instalaciones cerradas o abandonadas dependerá de en qué medida los diferentes yacimientos minerales con potencialidad hayan sido objeto de explotación. Es por esto que la búsqueda de instalaciones con potencial para la recuperación de elementos de interés ha de basarse en una importante labor previa de revisión de la distribución de yacimientos en los diferentes dominios, centrando ahora la atención en zonas en las que la potencialidad minera de elementos fundamentales es más alta y conocida, cruzando dicha información con la relativa a presencia de instalaciones de residuos mineros.

No obstante, sí es posible destacar ya algunos dominios con visos de poseer residuos mineros con potencialidad, tales como las Béticas (Sierra Minera de Cartagena-La Unión), la Zona Cantábrica (Reocín), la Zona Centro Ibérica (Linares-La Carolina, Norte de Córdoba) y Ossa-Morena y la Zona Sur Portuguesa (Faja Pirítica), que pueden verse en la Figura 12.



Figura 12. Dominios con potencialidad de contener residuos mineros.

3.3 LA INFORMACIÓN EXISTENTE EN EL IGME CSIC

3.3.1 Litoteca IGME CSIC

La Litoteca⁴² (Figura 13) es una infraestructura singular de carácter científico-técnico del IGME CSIC dedicada a la custodia y análisis de muestras e información del subsuelo proveniente de la investigación geológica. Desde su creación, ha servido de apoyo tanto a los proyectos de investigación geológico-mineros y de desarrollo infraestructural que se han realizado en el IGME CSIC como a aquellos desarrollados por otros Organismos Públicos de Investigación, universidades y empresas/instituciones privadas.

- Custodia una colección de más de 12.600 sondeos, que representan más de 260.000 metros de testigo continuo y ripios, además de muestras de rocas, levigados y polvo procedente del análisis geoquímico de sedimentos de corriente.
- Cataloga e informatiza las colecciones de tales muestras.
- Asesora y realiza búsquedas tanto en los fondos pétreos como documentales depositados en la infraestructura.
- Realiza análisis de sondeos: corte de rocas y testigos; digitalización de superficies mediante scanner digital (DMT core-scanner); fluorescencia de rayos X portátil; mineralogía y susceptibilidad magnética (Boxscan); tamizado y análisis granulométrico y fotografías convencionales.

⁴² <https://web.igme.es/servicios/litoteca.htm>

- Difunde y divulga información, tanto de materiales geológicos como de los fondos documentales, mediante la realización de visitas, vídeos, asistencia a congresos, redes sociales, etc.



Figura 13. Litoteca del IGME CSIC en Peñarroya (Córdoba).

La Litoteca es la única infraestructura pública en España que alberga una colección de muestras y documentos del subsuelo. Se pueden consultar en régimen abierto, tanto para el sector público como el privado. Tiene la mayor colección de muestras de España procedentes de campañas de exploración de recursos geológicos o de investigaciones geológicas en general. Por tanto, es un banco de datos potencial excelente y único para la prospección de materias primas minerales en el contexto de la transición ecológica.

3.3.2 Laboratorios generales IGME CSIC

El laboratorio es uno de los engranajes principales de la maquinaria que soporta una investigación científica, un desarrollo tecnológico, un control de calidad o, simplemente, cualquier proceso productivo. Este papel, que hoy es fácilmente reconocible e identificable, lo ha venido desempeñando a lo largo del tiempo, con las lógicas diferencias achacables a los medios disponibles y a la precisión de las medidas realizadas.

Actualmente, los laboratorios generales del IGME CSIC (Figura 14) constituyen una unidad de I+D+i en el campo de la caracterización y tratamiento de los recursos geológicos, la caracterización y reciclado de residuos industriales, la remediación de suelos contaminados, la depuración de efluentes industriales, etc., a la par que un Servicio Público especializado en la realización de análisis y ensayos de aguas naturales, suelos, rocas, minerales y residuos mineros.



Figura 14. Instalaciones de los laboratorios del IGME CSIC.

El IGME CSIC dispone actualmente, como soporte experimental de su actividad técnica, de unas modernas instalaciones de laboratorio en Tres Cantos (Madrid), desde donde desempeña las siguientes funciones:

- Prestación de servicios de análisis y ensayos de aguas, suelos, rocas, minerales, residuos y efluentes industriales, etc. (Figura 15).
- Análisis físico-químicos de aguas, preceptivos para su declaración como aguas minerales naturales y/o aguas de manantial, según el Artículo 24.2 del Título IV de la Ley 22/1973⁴³, de 21 de julio, de Minas, a tenor de lo dispuesto en el Real Decreto 1799/2010, de 30 de diciembre⁴⁴, por el que se regula el proceso de elaboración y comercialización de aguas preparadas envasadas para el consumo humano.
- Realización de proyectos de I+D+i sobre procesos de tratamiento de recursos minerales, residuos industriales, suelos contaminados, etc.; con propósitos de beneficios, depuración, reciclado y/o remediación.
- Dictámenes expertos e informes periciales sobre clasificación y composición mineralógica, petrográfica o química de recursos minerales.
- Realización de ensayos geotécnicos para determinar condiciones de explotación o de seguridad.

⁴³ Vid nota 3

⁴⁴ <https://www.boe.es/eli/es/rd/2010/12/30/1799>



Figura 15. Preparación, mediante fusión-disolución, de una muestra para análisis de tierras raras.

3.3.3 Bases de datos y mapas IGME CSIC

Además de aportar el conocimiento necesario para colaborar en las investigaciones relacionadas con las materias primas críticas, el IGME CSIC aporta las bases de datos para facilitar las decisiones estratégicas. De gran importancia es toda la información disponible en el Centro de Documentación del propio IGME CSIC, que aloja el grueso de los informes que sobre investigación en materia de recursos y reservas minerales se han hecho en España desde la segunda mitad del siglo XX.

Algunas bases de datos de acceso abierto relacionadas con los recursos minerales pueden encontrarse en la página web del IGME CSIC (<https://www.igme.es/>) como, por ejemplo, la base de datos espacial de Recursos Minerales⁴⁵(BDMIN). BDMIN contiene toda la información geológico-minera recopilada por el IGME sobre indicios y explotaciones de rocas y minerales de España, diversos mapas geológicos y metalogenéticos, de diferentes escalas, la base de datos geoquímica o el Atlas de geoquímica de España.

También hay que considerar la información geológica, la cartografía digital continua, los datos de geofísica (gravimetría, magnetometría y radiometría, sísmica, sondeos eléctricos verticales y otros estudios geofísicos) disponibles en la citada página web (Figura 16).

⁴⁵ <https://www.igme.es/datos-y-mapas/bases-de-datos/>

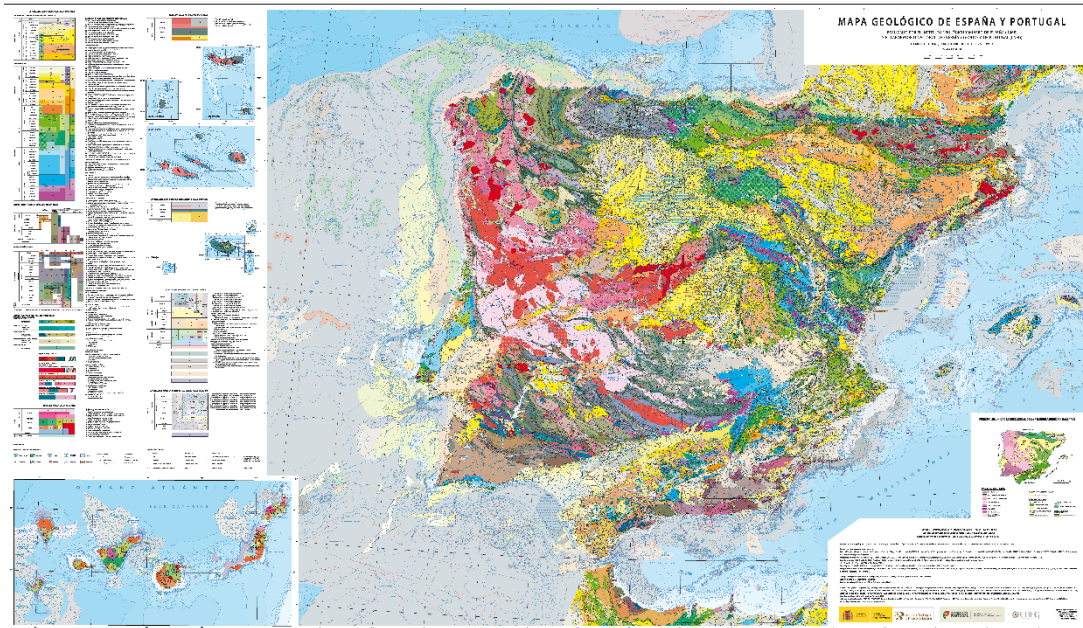


Figura 16. Mapa geológico de España y Portugal (2015).



ACTUACIONES

4 ACTUACIONES

4.1 MATERIAS PRIMAS FUNDAMENTALES PRIMARIAS

Para dar respuesta al artículo 19 del CRMA, en el Programa Nacional de Exploración se implementarán las actuaciones que se describen a continuación, y que lleven a aumentar la información disponible sobre los indicios o depósitos de las materias primas minerales fundamentales para la Unión Europea⁴⁶ y de aquellas otras que, por su paragénesis con las anteriores o por la inexistencia de materia prima mineral alternativa, también deben ser objetivo de este programa: arcillas especiales, cinc, estaño, hierro, magnesita, oro, plata, plomo y potasa.

1. La revisión de los datos de estudios geocientíficos existentes para comprobar los indicios, yacimientos y afloramientos de minerales no identificados que contengan materias primas fundamentales.
2. Una cartografía geológico-minera a la escala adecuada, en función de la sustancia y sus características, así como de su entorno geológico.
3. Campañas geoquímicas de suelos, sedimentos de corriente, concentrados de minerales pesados y/o rocas, incluidas las destinadas a establecer las composiciones químicas de los suelos, los sedimentos y las rocas susceptibles de contener mineralizaciones.
4. Estudios geofísicos y de teledetección, a la escala adecuada, que permitan delimitar los cuerpos mineralizados.
5. Realización de sondeos y estudios asociados.
6. La integración de todos los datos reunidos a través de la exploración general y la generación de mapas potenciales a partir de modelos predictivos y algoritmos, aplicados por técnicas de última generación.

Si bien estos estudios se deberán realizar en los diferentes dominios geológicos del país, la abundancia de grandes yacimientos minerales asociados a materias primas fundamentales, hace que **el Macizo Varisco o Ibérico sea el conjunto de dominios geológicos prioritarios de este programa nacional y, dentro de éste, las áreas Zonas Centro Ibérica, Ossa-Morena y Sur Portuguesa**, sin olvidar que el programa abarca todo el ámbito nacional. Según las características de estos dominios, se aplicarán diferentes métodos de estudio. Aunque las actuaciones se detallan por separado, muchas de ellas se complementan entre sí y se superponen en el tiempo.

Estas actuaciones son trabajos generales, que tendrán que incluir después investigaciones más detalladas de cada una de las zonas. Habrá que incluir estudios de detalle para llevar a cabo una caracterización químico-mineralógica de los depósitos, realizando estudios petrográficos y análisis químico-mineralógicos, utilizando, entre otras técnicas, la microscopía electrónica de barrido (SEM y EMPA) y la difracción de rayos X (XRD). Asimismo, se realizarán análisis de las rocas encajantes de las mineralizaciones: análisis elementales mediante distintas técnicas espectroscópicas (XRF, FUS-ICP, LA-ICP-MS), isótopos estables y radiogénicos y un estudio geocronológico de las mineralizaciones y de las rocas encajantes.

Durante la adquisición de datos se podrán habilitar los mecanismos necesarios para la posible colaboración con los servicios geológicos de los países limítrofes.

⁴⁶ Lista objeto de actualización periódica conforme a lo previsto en el artículo 4.3 del CRMA

Actuación 1- Revisión de los datos de estudios geocientíficos existentes para comprobar la existencia de depósitos minerales no identificados que contengan materias primas fundamentales.

En primer lugar, se compilará toda la información, tanto pública como privada, sobre las investigaciones geológico-mineras realizadas en las últimas décadas y se integrará en las bases de datos del IGME CSIC para determinar las áreas con mayor potencial. Dentro de esta compilación, se tendrá en cuenta el historial minero-administrativo de las zonas para así conocer las posibles fuentes de datos.

Con el estudio y aplicación de todas las técnicas disponibles se hará un reprocesado de todos los estudios geocientíficos llevados a cabo, con el fin de determinar los depósitos minerales y sus características, tanto identificados como no identificados hasta el momento, que pudieran contener materias primas fundamentales.

En esta actuación se estudiará, en campo y en laboratorio, los depósitos secundarios asociados a la actividad minera para su evaluación como fuentes de aprovechamiento de elementos críticos.

Actuación 2- Cartografía de las mineralizaciones a la escala adecuada, según se trate de la sustancia y sus características.

Usando todos los datos recopilados se definirán zonas de interés en las que se realizarán cartografías de detalle de las zonas mineralizadas, para lo que se podrán utilizar métodos de exploración y uso de nuevas tecnologías.

Se realizará una actualización de la cartografía geológica y minera, a la escala adecuada, en función de la zona y el depósito a estudiar. Podrán utilizarse técnicas de exploración como calicatas y sondeos, geoquímica de suelos y rocas, y todas las herramientas geofísicas de exploración adecuadas a la sustancia. Como complemento a los métodos tradicionales de cartografía (campo), se usarán nuevas técnicas de análisis, como son el uso de espectrómetros portátiles de fluorescencia de rayos X (XRF) y de plasma inducido por láser (LIBS).

También se seguirán usando métodos de microscopía, tanto óptica como electrónica (SEM, microsonda electrónica o LA-ICP-MS), para la identificación de la mineralización y sus relaciones, así como los elementos indicadores o *pathfinders*. Además de todas aquellas técnicas que permitan la identificación de paragénesis mineral o geoquímicas que sirvan para obtener valores de cada una de las sustancias tanto en muestra discreta como sobre sondeos nuevos o por hacer (XRF, ICP-MS, Hiperespectral, etc.), la mejora de los métodos de espectroscopía y espectrometría, permiten determinar mayor número de elementos, algunos de ellos como REE y con mayor fiabilidad.

Actuación 3- Campañas geoquímicas de suelos, sedimentos de corriente, concentrados de minerales pesados y/o rocas, incluidas las destinadas a establecer las composiciones químicas de los suelos, los sedimentos y las rocas susceptibles de contener mineralizaciones.

Se realizarán las campañas de geoquímica de suelos, sedimentos de corriente y/o concentrados de minerales pesados que sean necesarias en las áreas elegidas para complementar los datos existentes y a la escala adecuada. La exploración geoquímica es la herramienta que existe para obtener muestras representativas de un determinado material natural, recolectadas de una manera estandarizada. Esto permite detectar las anomalías en determinados elementos, que son el objetivo de las campañas de prospección geoquímica acotando zonas de interés. Se aplicarán

métodos de análisis de extracción selectiva en laboratorio para el estudio de los suelos por lixiviación enzimática.

La geoquímica de rocas estará más dirigida a los materiales objeto de estudio y a los encajantes de los mismos para su caracterización y posible uso como guías en la búsqueda de nuevos yacimientos. Se realizarán análisis isotópicos (B, O, Li en turmalina por SIMS, B en micas; isótopos de Li, B, Sr o Nd en roca total). También podrán realizarse análisis hiperespectrales en muestras mineralizadas y no mineralizadas.

Actuación 4- Estudios geofísicos y de detección remota, a la escala adecuada, que permitan delimitar los cuerpos mineralizados.

El programa aplicará técnicas geofísicas según se trate de una sustancia u otra, ya que la mayoría de las técnicas geofísicas permiten conocer las propiedades físicas del subsuelo para diversas aplicaciones. El principio fundamental de todos los métodos geofísicos aplicados a la exploración minera es que haya contrastes entre el cuerpo mineralizado y su encajante.

Si bien es cierto que algunas de las sustancias críticas tienen una baja densidad (Li, F, etc.) y que, por tanto, las técnicas geofísicas no serían las más adecuadas, a priori, para su estudio, hay que tener en cuenta que algunas de ellas están asociadas con otras materias primas minerales de gran densidad. El litio, por ejemplo, es un elemento de baja densidad, pero que en muchas ocasiones aparece ligado con mineralizaciones de Sn, y Nb-Ta, que sí tienen una mayor densidad.

Las técnicas geofísicas pueden ser aeroportadas o se pueden llevar a cabo en superficie y, dentro de las aeroportadas, se pueden usar aviones, helicópteros o drones. Todas se pueden aplicar a distintas escalas de trabajo según los objetivos perseguidos. Durante la primera fase del programa se llevarán a cabo vuelos regionales aeroportados para la identificación a gran escala de anomalías, e incluso podría plantearse un vuelo de todo o gran parte del territorio nacional. Posteriormente, se podrán completar con vuelos geofísicos de mayor escala de detalle y/o con la combinación de técnicas para mejorar la precisión y, finalmente, se confirmarán a través de trabajos de campo. En las distintas fases, la geofísica se centrará en la delimitación en superficie y en el subsuelo de estas anomalías, con el objetivo de evaluar el potencial una vez que se conozca la naturaleza de ésta.

Entre las técnicas geofísicas, aeroportadas y terrestres, que según las características geológicas se deberán utilizar, se encuentran:

- La **gravimetría** estudia contrastes de densidad y es un método de exploración regional en la localización de yacimientos minerales metálicos. Contribuye a establecer la estructura geológica en yacimientos de petróleo y de acumulaciones de carbón, así como de yacimientos geotérmicos.
- La **radiometría** proporciona información sobre los contenidos superficiales de los isótopos radioactivos naturales del ^{40}K , ^{235}U , ^{238}U y ^{232}Th , suministrando una imagen del terreno de alta calidad y correlación con la cartografía geológica.
- La **magnetometría** consiste fundamentalmente en la medición de las variaciones magnéticas locales frente al campo magnético terrestre global. Dichas variaciones son tratadas como “anomalías magnéticas”.
- El **método magnetotelúrico (MT)** es una técnica que consiste en medir desde la superficie las fluctuaciones temporales de los campos electromagnéticos naturales de la Tierra (tormentas eléctricas, corrientes ionosféricas) y determinar la distribución de la resistividad

eléctrica en función de la frecuencia (periodo), es decir, en función de la profundidad (desde unos centenares de metros hasta unos centenares de kilómetros).

- **Los métodos sísmicos** consisten en medir la respuesta mecánica del terreno cuando se propagan por él ondas sísmicas generadas, normalmente, de forma artificial.
- **Los métodos electromagnéticos** son un grupo de técnicas en las que los campos eléctricos o magnéticos, naturales o artificiales, se miden en la superficie terrestre o en los pozos con el fin de mapear las variaciones de las propiedades eléctricas de la tierra (resistividad, permeabilidad o permitividad).
- La **teledetección** o *Remote Sensing* (RS) es la técnica de adquisición de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales. La interacción espectral entre el terreno y el sensor genera una serie de datos que son procesados posteriormente para obtener información interpretable de la Tierra. En aquellas áreas con elevado interés en la potencial mineralización de elementos críticos, será estimada la adquisición de imágenes satelitales de alta resolución de la Agencia Espacial Europea⁴⁷ para el estudio en profundidad del comportamiento espectral de las áreas mineralizadas.
- Una técnica de teledetección específica es la **hiperespectral** a media escala y detalle, que puede ser útil para la determinación de la existencia de nuevos yacimientos. La luz que incide en cada píxel se divide en muchas bandas espectrales diferentes para proporcionar más información sobre lo que se representa en la imagen. La principal diferencia entre imágenes multiespectrales (MSI) e hiperespectrales (HSI) es la cantidad de bandas dentro de la misma porción del espectro electromagnético. El número de bandas multiespectrales suele ser entre 4 y 20 canales de color, y las hiperespectrales constan de más de 20 bandas de datos espectrales para cada píxel.

También se tendrán en cuenta las propuestas de nuevas técnicas de exploración con el desarrollo de nuevos sensores o nuevas calibraciones.

Actuación 5- Realización de sondeos y estudios asociados.

En cada una de las áreas propuestas dentro de los dominios geológicos se realizarán sondeos según la tipología y extensión del yacimiento con el objetivo de confirmar el interés minero. Para confirmar la calidad y cantidad de los recursos minerales, sobre dichos sondeos se podrán realizar análisis químicos, tanto por medidas destructivas como no destructivas, mineralogía, geoquímica isotópica, petrología, petrografía e incluso dataciones, si fuera necesario, para determinar las características del yacimiento y verificar si el yacimiento es económicamente viable para su explotación.

Actuación 6- Integración de todos los datos reunidos a través de la exploración general, y la generación de mapas potenciales.

Tras realizar la carga de datos, se integrarán todos los factores, tanto mineralógicos como geoquímicos, petrológicos, estructurales y geofísicos, haciendo un análisis de los mismos, y se representarán en un entorno SIG para poder analizar el potencial minero del territorio en función de los elementos críticos considerados, o por zonas de interés minero. Estos mapas de potencialidad minera se elaborarán a la escala adecuada, según la sustancia y la zona de la que se trate, sobre una doble base topográfica y geológica simplificada, y llevarán asociadas memorias

⁴⁷ Imágenes WorldView3 del satélite Copernicus, con resolución en SWIR de hasta 3.7 m y VNIR de hasta 30 cm; <https://earth.esa.int/eogateway/missions/worldview-3>

técnicas explicativas con la sustancia o sustancias seleccionadas. El potencial se puede establecer a partir de dos factores:

- que el recurso mineral haya sido o esté siendo explotado.
- que se den las condiciones geológicas favorables para que exista el recurso.

El resultado de esta tarea contribuirá al **desarrollo de los visores 3D de la Plataforma Digital del IGME CSIC**.

La actualización de las BBDD institucionales del IGME CSIC y la adaptación de las bases de datos de recursos y reservas minerales se hará según los estándares establecidos por la Comisión Europea y la Clasificación *United Nations Framework Classification for Resources*⁴⁸ (UNFC).

En todas las actuaciones se podrán utilizar las técnicas de “*machine learning*” o IA para el procesado de los datos y el desarrollo de modelos predictivos de mineralización a partir de la integración de todos los datos obtenidos.

4.2 MATERIAS PRIMAS FUNDAMENTALES SECUNDARIAS

Para dar respuesta al artículo 27 de CRMA, se implementarán las siguientes actuaciones en relación con las instalaciones de residuos de extracción cerradas que, según la información disponible, pudieran indicar la presencia de materias primas fundamentales.

- Revisión de los datos existentes relativos a instalaciones cerradas, incluidas las abandonadas, tanto en el IGME CSIC como en la literatura existente.
- Estructura de la Base de Datos (BBDD).
- Trabajos destinados a obtener información de carácter geoquímico y mineralógico sobre los residuos almacenados en instalaciones merecedoras de verse incluidas en la base de datos.

Actuación 1- Revisión de los datos existentes relativos a instalaciones cerradas, incluidas las abandonadas, tanto en el IGME como en la literatura existente.

La revisión se centrará en la búsqueda de instalaciones de residuos asociados a tipos de yacimientos que en la actualidad se reconocen como potenciales desde el punto de vista de materias primas fundamentales no explotadas en su día. Se partirá de la revisión de la información analítica obtenida durante la realización del que finalmente se publicó como “Inventario de instalaciones de residuos mineros clausuradas y peligrosas de España”, previsto en la disposición adicional segunda del Real Decreto 975/2009, de 12 de junio⁴⁹. Por otro lado, se valorará la información contenida en el “Inventario Nacional de Balsas y Escombreras”, realizado en los años 80, y en la “Actualización del inventario nacional de depósitos de lodos en procesos de tratamiento de industrias extractivas”⁵⁰ (2002), sin perder de vista que lo máximo que se puede esperar en ambos casos es alguna indicación indirecta del interés potencial.

Igualmente, se revisará la abundante información publicada sobre residuos mineros en España, si bien la mayoría de los trabajos se centran en procesos de contaminación.

⁴⁸ [United Nations Framework Classification for Resources \(UNFC\) | UNECE](#)

⁴⁹ Vid nota 38

⁵⁰ [InfoIGME - Dataset catalog - Inventario Nacional de Depósitos de Lodos](#)

Actuación 2- Estructura de la BBDD.

La estructura de una futura base de datos debe ser tal que permita dar cumplimiento al artículo 27.4 del CRMA, que indica expresamente que: *“Los Estados miembros crearán una base de datos de las instalaciones de residuos de extracción cerradas situadas en su territorio, incluidas las instalaciones abandonadas, excepto para instalaciones de residuos de extracción cerradas en las que las características de las instalaciones de residuos o las condiciones geológicas particulares hagan improbable la presencia de cantidades de materias primas fundamentales que podrían valorizarse técnicamente. Dicha base de datos contendrá información sobre:*

- a) la ubicación, la extensión y el volumen de residuos, o, cuando proceda, el volumen estimado, de la instalación de residuos de extracción;*
- b) el explotador o antiguo explotador de la instalación de residuos de extracción y, en su caso, su sucesor legal;*
- c) las cantidades y concentraciones aproximadas de todas las materias primas contenidas en los residuos de extracción y, en su caso, en el yacimiento mineral original, de conformidad con el apartado 7;*
- d) cualquier información adicional que el Estado miembro considere pertinente para permitir la valorización de materias primas fundamentales procedentes de la instalación de residuos de extracción”.*

La estructura y contenido de la base de datos permitirá su actualización conforme a lo previsto en el referido apartado 7 del artículo 27 del CRMA.

Además, la base de datos incluirá una clasificación de las instalaciones cerradas con arreglo a la Clasificación Marco de las Naciones Unidas para los Recursos (UNFC⁵¹), si bien existen limitaciones en la aplicación de este método sobre residuos mineros. Por ello, se procurará incluir no sólo la información acerca de los códigos para las categorías, subcategorías y clases UNFC, sino también toda aquella información que se haya podido recopilar sobre las instalaciones de residuos mineros que permita hacer una evaluación de los diferentes factores de control, que deberían derivar en la asignación de categorías y subcategorías.

Actuación 3- Trabajos destinados a obtener información de carácter geoquímico y mineralógico sobre los residuos almacenados en instalaciones merecedoras de verse incluidas en la base de datos.

Estos trabajos conllevan la realización de campañas de toma de muestras mediante diferentes fórmulas, abarcando desde la adquisición manual de las mismas, mediante herramientas o usando equipos portátiles a percusión, hasta la realización de calicatas, mediante retroexcavadora, o de sondeos con recuperación de testigo. Las muestras se someterán a análisis de laboratorio, que puede incluir: análisis por difracción y fluorescencia de rayos X, espectrometría de emisión atómica por plasma de acoplamiento inductivo, espectrometría de masas por plasma de acoplamiento

⁵¹ La Clasificación Marco de las Naciones Unidas para los Recursos (United Nations Framework Classification of Resources; UNFC, por sus siglas en inglés) es un sistema de clasificación basado en proyectos de explotación de recursos y principios orientados a determinar la viabilidad ambiental, social y económica y la factibilidad técnica de los proyectos.

inductivo con sistema de ablación por láser, microscopía, tanto óptica como electrónica (SEM, microsonda electrónica), etc.

4.3 ACTUACIONES TRANSVERSALES

4.3.1 Guías de buenas prácticas y/o nuevas aplicaciones tecnológicas

La realización de guías pretende contribuir a un aprovechamiento más sostenible de los recursos estudiados. Las guías se centrarán en:

- Mejora de las técnicas de exploración y aprovechamiento de los minerales presentes en los yacimientos (minerales complejos, minerales refractarios, nuevas menas...) para su beneficio integral.
- Viabilidad del aprovechamiento de los minerales presentes en balsas y escombreras de minas antiguas para su contribución a la economía circular.
- Valoración de estrategias de acceso a los recursos minerales en los entornos estudiados, favoreciendo la integración de los proyectos mineros en comunidades locales, la generación de riqueza y el impulso al empleo.

4.3.2 Plan de Gestión de Datos (PGD)

Se prevé generar un PGD inicial, otro detallado, a mitad de desarrollo del programa, y uno final, de manera que queden recogidos los cambios en la gestión de los datos que se produzcan a lo largo del desarrollo del mismo. Dicho PGD reservará el derecho a la confidencialidad de la información sensible de las empresas titulares de los derechos mineros.

El PGD inicial recogerá los siguientes aspectos:

- Tipo de datos, formatos, estándares y métodos. Se obtendrán datos mineralógicos, geoquímicos, geofísicos, etc., en crudo (.xls), textos (.doc; .pdf), imágenes microscópicas (TIFF, JPEG) y mapas (metadatos compatibles con bases de datos espaciales). Los estándares y métodos a seguir serán proporcionados por el IGME CSIC y MITERD.
- Ética y propiedad intelectual. Este proyecto no tiene implicaciones éticas y de bioseguridad. Se seguirán las políticas de propiedad intelectual y tratamiento de datos que establezca el IGME CSIC y MITERD.
- Almacenamiento a corto plazo y gestión de los datos.
- Conservación y preservación de datos. El depósito y almacenamiento a largo plazo de los datos de la investigación se realizará en el repositorio institucional del IGME CSIC.
- Acceder/compartir/reutilizar los datos. Se permitirá a través de una plataforma digital, en la medida de que los datos confidenciales lo permitan, el libre acceso de los datos, trabajos técnicos y científicos, como artículos, congresos y comunicaciones, que se puedan generar durante el desarrollo del programa y previo consentimiento por el MITERD.

4.3.3 Formación

En las últimas décadas, ha habido un descenso del peso del sector primario y secundario en la economía en favor del terciario, lo que ha implicado una disminución del interés público en los recursos minerales. Esto se ha traducido en una escasez de profesionales en el sector de las materias primas minerales.

El programa tiene previsto la formación de técnicos e investigadores en recursos minerales. Para ello, se prevé llevar a cabo Trabajos de Fin de Grado (TFG), Trabajos de Fin de Máster (TFM) y Tesis Doctorales vinculadas a los Programas de Doctorado en Geología e Ingeniería de Minas (y otras titulaciones relacionadas con las actividades) de las universidades que colaboren en el desarrollo del programa. El programa tiene tanto una vertiente de investigación básica como aplicada, incluyendo temas de gran interés formativo que se podrían formular como objetivos de TFG, TFM y Tesis Doctorales.

El equipo de trabajo del IGME cuenta con la capacidad para formar nuevos profesionales competentes e investigadores, respaldada tanto por las tesis dirigidas en los últimos años como por su experiencia docente en las enseñanzas de grado y posgrado.



**ENTIDADES PARTICIPANTES
COLABORACIÓN PÚBLICO-PRIVADA**

5 ENTIDADES PARTICIPANTES. COLABORACIÓN PÚBLICO-PRIVADA

5.1 ADMINISTRACIÓN GENERAL DEL ESTADO

Conforme a lo dispuesto en Real Decreto 202/2021, de 30 de marzo, en su calidad de centro de investigación y servicio técnico de referencia y soporte de la política minera del Gobierno, la iniciativa de las actuaciones del programa nacional de exploración minera le corresponde al IGME CSIC.

Conforme a lo dispuesto en el artículo 3.1, párrafos a), b), j), s) y t), del Real Decreto 503/2024, de 21 de mayo⁵², por el que se desarrolla la estructura orgánica básica del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, y se modifica el Real Decreto 1009/2023, de 5 de diciembre⁵³, por el que se establece la estructura orgánica básica de los departamentos ministeriales, corresponderá a la Dirección General de Política Energética y Minas la aprobación de las actuaciones de investigación minera, o en residuos mineros, que la Administración General del Estado desarrolle a propuesta del IGME CSIC. Además, la Dirección General de Política Energética y Minas del MITERD será la encargada de proponer los mecanismos de participación de las Comunidades Autónomas y del sector minero en el programa nacional de exploración minera. En concreto, para conseguir un mejor despliegue de medios humanos, técnicos y económicos por parte de la Administración General del Estado, y una mejor colaboración interadministrativa y coordinación público-privada, se podrá constituir un órgano colegiado especializado de seguimiento de este programa en el ámbito del CRMA, que cuente con la participación de comunidades autónomas y empresas del sector.

Para la ejecución de las actuaciones de los apartados 4.1 y 4.2 (trabajos de identificación, caracterización y determinación del potencial minero de materias primas) y del apartado 6 (plan de comunicación) de este Programa Nacional de Exploración Minera, se podrá encomendar los trabajos a algún medio propio de la Administración General del Estado y/o se podrán tener en cuenta las capacidades del Grupo HUNOSA⁵⁴.

El Grupo HUNOSA, grupo empresarial perteneciente a la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (en adelante SEPI), ha sido durante más de 50 años la empresa referente del territorio nacional en el sector del carbón, atesorando conocimiento y experiencia en la búsqueda del recurso mineral y en su aprovechamiento. Esto hace del Grupo HUNOSA un grupo empresarial que, alineado con las políticas europeas en la mejora del conocimiento de las materias primas autóctonas, puede aportar sus medios humanos y técnicos al desarrollo del presente Programa.

Si para la ejecución de las actividades de los apartados 4.1 y 4.2 fuera necesario la obtención de cualquier figura regulada por la Ley de Minas y su normativa de desarrollo, el Grupo HUNOSA podría actuar, en su caso, de promotor de dichos expedientes cumpliendo todos aquellos requisitos que marque la normativa. También, la Dirección General de Política Energética y Minas del MITERD podrá proponer la participación de empresas de investigación geológica y minera de reconocido prestigio a través de procedimientos de concurrencia para la ejecución de estas actividades, salvo excepciones justificadas que aconsejen acudir a procedimientos de carácter negociado cuando la naturaleza de las actividades investigadoras o las circunstancias del contexto geológico-minero lo

⁵² <https://www.boe.es/eli/es/rd/2024/05/21/503/con>

⁵³ <https://www.boe.es/eli/es/rd/2023/12/05/1009/con>

⁵⁴ <https://www.hunosa.es/>

justifiquen. Además, para las actividades del apartado 4.2, la Dirección General de Política Energética y Minas del MITERD podrá contar directamente con la Comunidad Científica para afrontar los retos tecnológicos y medioambientales asociados a la recuperación de materias primas fundamentales a partir de residuos mineros.

La ejecución por parte del Estado de estos trabajos de identificación, caracterización y determinación del potencial minero de materias primas se ajustará a las reglas, derechos y deberes establecidos en Ley de Minas, procurando la participación de los titulares de autorizaciones, permisos y concesiones mineras que se encuentren desarrollando actividad investigadora en los mismos territorios donde se vayan a llevar a cabo tales trabajos.

5.2 COMUNIDADES AUTÓNOMAS

La Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas, en su artículo segundo, establece que los recursos minerales son bienes de dominio público estatal; sin embargo, las Comunidades Autónomas, dentro de sus competencias en materias de desarrollo y ejecución del régimen minero, podrán colaborar estrechamente en la ejecución de este programa nacional de exploración.

Para facilitar esta colaboración, se establecerán los mecanismos necesarios para la coordinación entre la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas, con especial atención a aquellas en cuyo territorio se ubiquen los dominios geológicos prioritarios de este programa nacional de exploración minera, así como a aquellas que dispongan de datos analíticos de materias primas fundamentales ligados a inventarios de instalaciones abandonadas.

5.3 SECTOR MINERO

Por parte de la Administración General del Estado, se fomentará la participación de las empresas titulares de autorizaciones, permisos y concesiones mineras en este programa. Para ello, los mecanismos de fomento que se propongan por parte de la Administración General del Estado tendrán como objetivo impulsar la investigación minera y en residuos mineros de estas empresas, con especial incidencia en aquellos derechos mineros (i) que estén ubicados en los dominios geológicos prioritarios de este programa nacional de exploración minera y/o (ii) que tengan como objetivo la puesta de manifiesto de materias primas estratégicas en primer lugar, fundamentales en segundo, según las define el CRMA, y, en tercer lugar, aquellas otras indicadas expresamente en el apartado 4.1.

Para ello, se establecerán los mecanismos necesarios para que la información obtenida por empresas dedicadas a la investigación minera sea puesta a disposición del IGME CSIC para los fines de este programa, de manera que se proteja la información confidencial industrial y comercial de las empresas pero que permita difundir sus resultados de manera agregada y simplificada de manera integrada con los resultados de este programa.

5.4 UNIVERSIDADES Y OTRAS ENTIDADES SIN ÁNIMO DE LUCRO

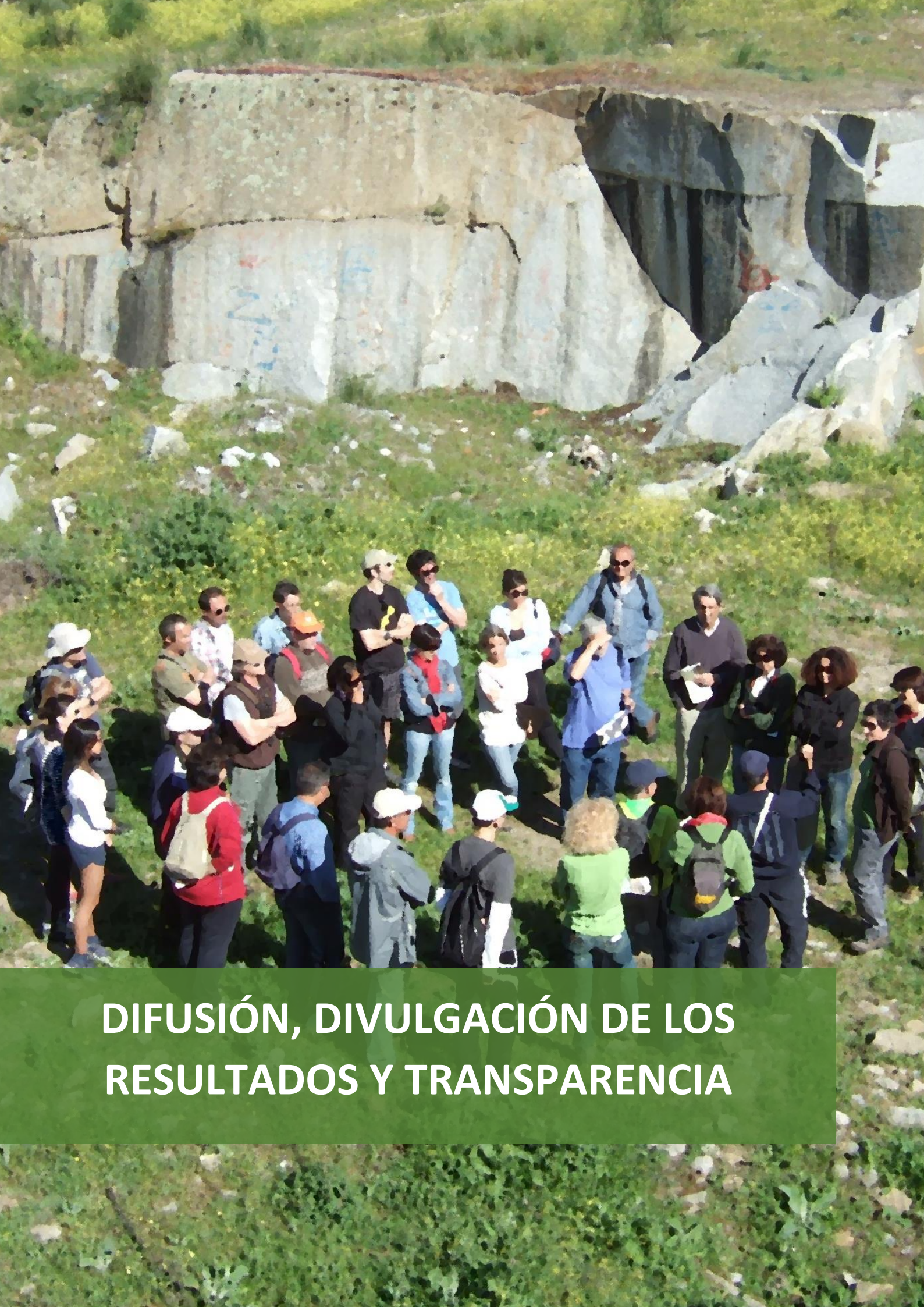
Para el correcto desarrollo del programa, además de tener en cuenta a los departamentos especializados de las distintas Comunidades Autónomas y Ministerios del Gobierno de España, se contará con una red de agentes de conocimiento vinculada al estudio de los recursos minerales y a la minería: comunidad científica (Universidades y centros de investigación) y empresas del sector.

Para ello, se propondrá invitar a participar a las universidades con enseñanzas técnicas de la geología y la minería; especialmente de aquellas en los territorios donde se desarrollen actividades de campo.

Igualmente, se propondrá invitar a participar a los centros de investigación y otras instituciones sin ánimo de lucro entre cuyos fines figuren la investigación, enseñanza y/o promoción de la geología y la minería; especialmente de aquellas en los territorios donde se desarrollen actividades de campo.

5.5 OTROS ESTADOS MIEMBROS Y ORGANISMOS INTERNACIONALES

En caso de que el desarrollo de las actuaciones de este programa nacional de exploración minera recomiende la colaboración con otros Estados Miembros, u otros organismos internacionales, para la realización de trabajos conjuntos, el IGME CSIC será el encargado de establecer los mecanismos de coordinación necesarios para llevar a cabo tales colaboraciones, previa aprobación de la Dirección General de Política Energética y Minas.



**DIFUSIÓN, DIVULGACIÓN DE LOS
RESULTADOS Y TRANSPARENCIA**

6 DIFUSIÓN, DIVULGACIÓN DE LOS RESULTADOS Y TRANSPARENCIA

La difusión de los resultados del Programa se realizará para dar a conocer su valor y utilidad y, por lo tanto, para fortalecer el impacto de las actividades a nivel nacional e internacional.

Las estrategias de difusión incluirán la comunicación de los conceptos desarrollados, del progreso del conocimiento y de los resultados de la investigación a la comunidad científica:

- Los resultados de las investigaciones que se realicen podrán ser publicados en revistas internacionales de impacto en los temas relacionados con las áreas de conocimiento implicadas. Estas publicaciones serán de libre acceso, garantizando que estén disponibles para investigadores, profesionales del sector y público en general.
- Paralelamente, se presentarán trabajos en congresos nacionales e internacionales de la materia. También, en foros de ámbito local y regional para llegar tanto al público especializado como al público en general, que está directamente relacionado con las actuaciones del PNEM.

Asimismo, los resultados del Programa serán compartidos con las empresas mineras que colaboren en las labores de investigación y exploración de los depósitos estudiados, así como con los organismos competentes en la materia, como las Áreas de Minas de las distintas Comunidades Autónomas. El Programa persigue la participación activa de las empresas y los organismos en las reuniones y seminarios que se realicen.

Además, se divulgará el Programa a través de un **Plan de Comunicación** (ver Anexo V), que posibilitará la interacción entre técnicos-científicos de la administración, las empresas y el público en general.

En cualquier caso, la difusión de los resultados se realizará siempre reservando el derecho a la confidencialidad de la información sensible de las empresas titulares de los derechos mineros.

A photograph of several white wind turbines on a grassy hill. The sky is a clear, deep blue with a few wispy clouds near the horizon. The turbines are the central focus, with one in the foreground and others receding into the distance. A green horizontal bar is overlaid on the lower part of the image, containing the text 'SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN' in white, bold, uppercase letters.

SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

7 SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN

Como parte del proceso de planificación, resulta esencial establecer mecanismos de seguimiento y evaluación que permitan conocer de forma periódica las acciones, las desviaciones que se produzcan, las posibles nuevas acciones y también valorar la consecución de los objetivos planteados en el marco de la estrategia general.

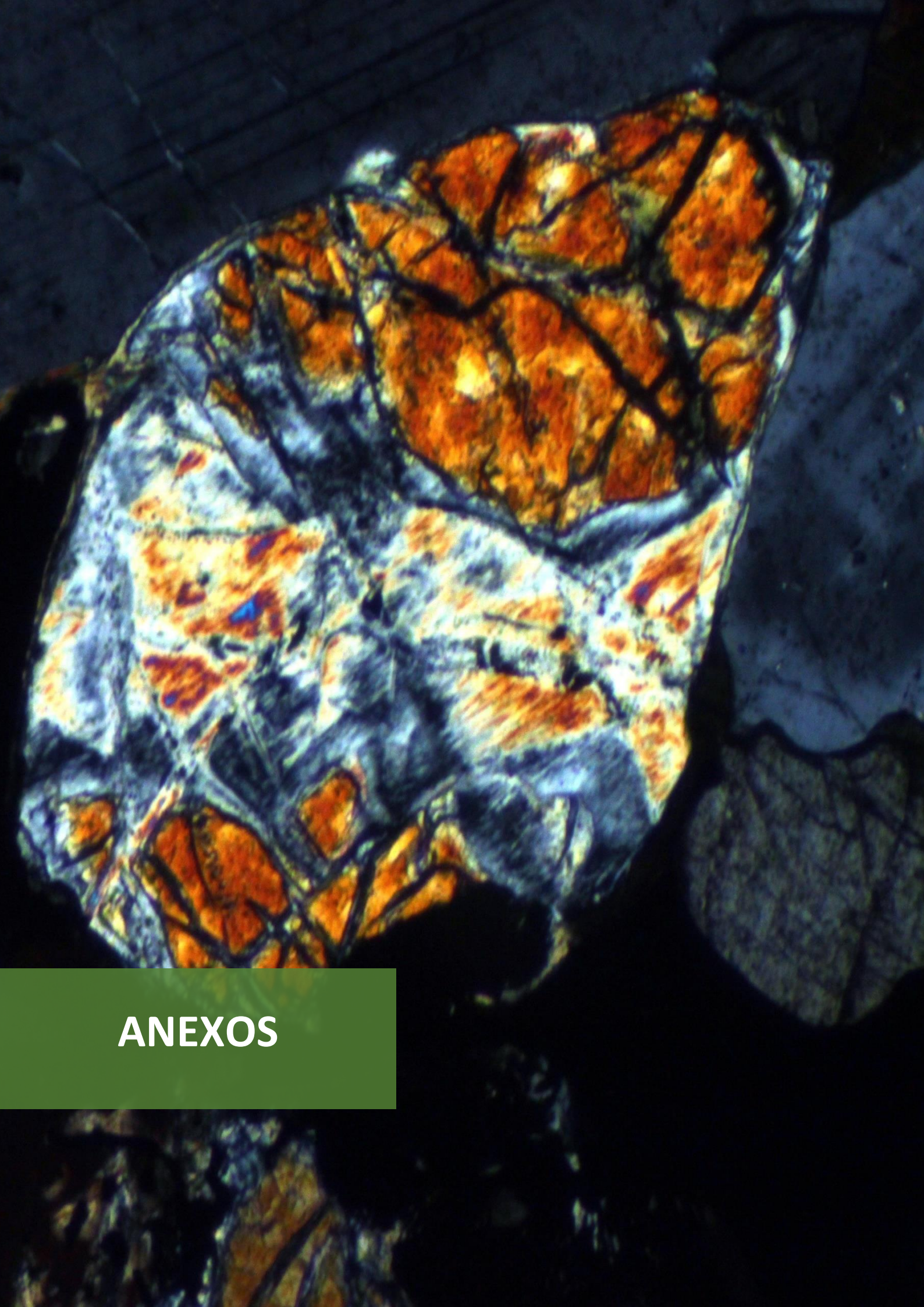
Los indicadores han de permitir controlar las premisas de partida, los resultados obtenidos y los cambios que se produzcan. Así, para el seguimiento actuaciones planteadas en el apartado 5, se recogen en la tabla 1 aquellos indicadores que se consideran de mayor relevancia, claridad, fiabilidad y que son medibles anualmente por los servicios del Ministerio.

	ACTUACIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	FUENTE	PERIODI-CIDAD	
EXPLORACIÓN GEOLÓGICA-MINERA	<i>En relación con la mejora del conocimiento de los recursos minerales primarios (Art.19 CRMAct)</i>					
	PRI-1	Procesamiento e integración de la información previa de los minerales/elementos críticos en una base de datos específica	Número de informes revisados	IGME HUNOSA	Anual	
			Número de minerales/elementos críticos identificados			
	PRI-2, 3, 4, 5 y 6	Planteamiento y ejecución de los métodos de exploración, según la sustancia y el tipo de yacimiento	Número de zonas de interés minero estudiadas			
			Número de técnicas diferentes de exploración aplicadas			
			Número de nuevas técnicas de exploración con el desarrollo de nuevos sensores o nuevas calibraciones			
			Número de campañas de campo realizadas por cada método de exploración utilizado			
			Número de sondeos y metros de sondeo recuperados			
			Número de muestras de roca, de sedimento y de arroyo tomadas			
	PRI-4 y 6	Mejora de los modelos metalogenéticos de las mineralizaciones estudiadas	Número de preparaciones para análisis posteriores			Quinquenal
			Numero de análisis químicos (roca total y mineral), isotópicos y dataciones obtenidas			
			Número de modelos 3D obtenidos			
			Número de mapas generados: cartografía, metalogenéticos, de potencialidad minera, etc.			
			Número de memorias explicativas asociadas a los mapas			
			Número de nuevas áreas de interés minero descubiertas			
<i>En relación con la valorización de las materias primas secundarias (Art.27 CRMAct)</i>						
SEC-1	Propuesta de estructura de una base de datos de las instalaciones de residuos de extracción cerradas, incluidas las abandonadas	Número de instalaciones revisadas	IGME HUNOSA M.P. AGE Universidad	Anual		
		Número de minerales/elementos críticos identificados				
SEC-2	Fijación de criterios para la selección de instalaciones con potencial para la valorización de materias primas fundamentales de cara a su incorporación en la base de datos	Número de instalaciones con minerales/elementos críticos de interés				
		Número de criterios establecidos				

Tabla 1. Indicadores para las distintas actuaciones.

	ACTUACIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	FUENTE	PERIODICIDAD	
EXPLORACIÓN GEOLÓGICA-MINERA	SEC-3	Caracterización geoquímica y mineralógica de los residuos almacenados en instalaciones con contenidos potencialmente valorizables para su incorporación a la base de datos	Número de campañas de toma de muestras en campo	IGME HUNOSA M.P. AGE Universidad	Anual	
			Número de técnicas aplicadas para la toma de muestras			
			Número de técnicas de análisis químico			
			Numero de análisis químicos obtenidos			
	<i>En relación con los depósitos primarios y secundarios</i>					
	TRA-1 Formación, difusión y divulgación	Formación posgrado		Número de TFG, TFM y Tesis Doctorales en desarrollo	IGME Universidad	Anual
				Número de TFG, TFM y Tesis Doctorales leídas		
		Difusión científica		Número de artículos científicos publicados SCI		
				Número de artículos científicos en revistas no indexadas		
				Número de trabajos publicados en congresos internacionales		
Número de trabajos publicados en congresos nacionales						
Desarrollo de buenas prácticas y nuevas aplicaciones tecnológicas			Número de guías elaboradas	IGME HUNOSA M.P. AGE MITERD		
Divulgación de la actividad al resto de la sociedad			Número de trabajos de divulgación publicados, ámbito nacional			
	Número de trabajos de divulgación publicados, ámbito internacional					
	Número de jornadas, foros, encuentros y eventos informativos					
SECTOR MINERO	Actuaciones en las zonas de interés minero		Número de empresas colaboradoras	MITERD EMPRESAS CCAA OTROS	Anual	
			Número de actuaciones y cuantía			
	Superficie ofertada en concursos		Número de cuadrículas mineras			
						Número de empresas colaboradoras
Actuaciones en las instalaciones abandonadas		Número de actuaciones y cuantía				
			Número de nuevos empleos			
ADMINISTRACIÓN	Autorizaciones/otorgamientos, caducidades y cancelaciones		Número de expedientes			
	Procedimientos gestionados		Número de procedimientos			
	Convenios y otros instrumentos de colaboración, entre órganos competentes en materia minera		Número de convenios y otros instrumentos de colaboración			

Tabla 1. Indicadores para las distintas actuaciones (continuación).



ANEXOS

8 ANEXOS

ANEXO I. PRESUPUESTO ESTIMATIVO Y FINANCIACIÓN

Conforme a lo dispuesto en el artículo 2.1 del Real Decreto 503/2024⁵⁵, de 21 de mayo, la financiación de la componente pública del Programa Nacional de Exploración Minera corresponde a la Secretaría de Estado de Energía del MITERD. El presupuesto público indicado en este programa es una estimación de las actuaciones públicas y privadas previstas para el quinquenio 2026-2030, y la componente pública está supeditada a las disponibilidades de los créditos correspondientes en los Presupuestos Generales del Estado que se aprueben anualmente.

EJECUCIÓN ESTATAL EN COORDINACIÓN CON CCAA	
INVESTIGACIÓN MINERA (HOJA DE RUTA M17- CRMA 19)	
<i>IGME CSIC</i>	48.000.000 €
<i>HUNOSA y empresas privadas</i>	92.000.000 €
Inversión total	140.000.000 €
INVESTIGACIÓN EN RESIDUOS MINEROS (HOJA DE RUTA M13- CRMA 27)	
<i>IGME CSIC, Medios Propios de la AGE y Universidad</i>	3.000.000 €
<i>HUNOSA y empresas privadas</i>	23.000.000 €
Inversión total	26.000.000 €
EJECUCIÓN PRIVADA – SUBVENCIONES ESTATALES	
INVESTIGACIÓN MINERA (HOJA DE RUTA M17- CRMA 19)	
<i>Ayudas MITERD (⁵⁶)</i>	10.000.000 €
<i>Inversión privada inducida</i>	10.000.000 €
Inversión total	20.000.000 €
INVESTIGACIÓN EN RESIDUOS MINEROS (HOJA DE RUTA M13- CRMA 27)	
<i>Ayudas MITERD</i>	6.000.000 €
<i>Inversión privada inducida</i>	5.000.000 €
Inversión total	11.000.000 €
<i>IGME-CSIC, Medios Propios de la AGE y Universidad</i>	51.000.000 €
<i>HUNOSA y empresas privadas</i>	115.000.000 €
<i>Ayudas MITERD</i>	16.000.000 €
<i>Inversión privada movilizada por ayudas</i>	15.000.000 €
TOTAL PNEM	197.000.000 €

⁵⁵ Vid nota 52

⁵⁶ Orden ministerial de bases de ayudas públicas del Programa Nacional de Exploración Minera 2026-2030 del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.

ANEXO II. PARTICIPACIÓN DEL GRUPO HUNOSA Y COORDINACIÓN CON EL IGME CSIC. ENCARGOS A MEDIOS PROPIOS DE LA ADMINISTRACIÓN.

Más de 50 años de gestión de recursos minerales en el Principado de Asturias hacen de HUNOSA una empresa con alto grado de experiencia en trabajos con materias primas y, por lo tanto, es una empresa adecuada para colaborar, en su caso, con el IGME CSIC en el desarrollo del Programa Nacional de Exploración Minera.

En su caso, se formalizará un convenio entre el Grupo HUNOSA y el IGME-CSIC, conforme a lo dispuesto en los artículos 47 y siguientes de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, y con el visto bueno de la Dirección General de Política Energética y Minas del MITERD. Dicho convenio establecerá las acciones necesarias para la consecución de los objetivos marcados por el Programa.

La articulación de las distintas actividades se realizará a través del Comité de Seguimiento, que se creará en el marco del referido convenio, el cual estará compuesto por representantes del IGME-CSIC y del Grupo HUNOSA, en su caso, con posible participación del MITERD. El Comité garantizará un canal de comunicación eficaz entre las entidades, con reuniones al menos semestrales.

Estará integrado por dos representantes de cada parte y, al menos, un responsable de cada actuación. Además, se podrán convocar reuniones temáticas a petición de cualquiera de las partes. Asimismo, se constituirán tantos subcomités como actuaciones se desarrollen. Todas las decisiones adoptadas en estas reuniones quedarán reflejadas en sus correspondientes actas. Asimismo, podrán asistir representantes de la Dirección General de Política Energética y Minas del MITERD, responsables de validar las actividades propuestas.

En caso de que se acuda parcial o totalmente a encargar a un Medio Propio de la Administración General del Estado acciones necesarias para la consecución de los objetivos marcados por el Programa, esta entidad se integrará en el Comité de Seguimiento previsto en este anexo.

Igualmente, las Comunidades Autónomas participantes en el Programa podrán asistir al Comité de Seguimiento.

La función principal del Comité de Seguimiento será:

- Definir las acciones que el Grupo HUNOSA deberá ejecutar, en su caso, para alcanzar los objetivos del Programa.
- Tomar decisiones para asegurar el adecuado desarrollo del convenio, comprendiendo la evaluación y ejecución presupuestaria, y la propuesta de herramientas necesarias para gestionar las distintas actuaciones, los datos generados y el programa de comunicación, todo ello con el consentimiento del MITERD.

Los subcomités tendrán como objetivo supervisar el correcto desarrollo de cada actividad programada. Estarán integrados por al menos un representante de cada entidad participante y por todos los responsables de las actividades correspondientes. El seguimiento será al menos trimestral y sus resultados y conclusiones deberán ser trasladados al Comité de Seguimiento.

Los datos e información obtenidos como consecuencia del programa tendrán un carácter confidencial por el tiempo que determine el órgano competente, y será responsabilidad del IGME CSIC difundirlo, en su caso, en colaboración con el Grupo HUNOSA. Toda la información adquirida

y los trabajos resultantes a partir de ella se integrarán en los repositorios del IGME CSIC, y quedará bajo su custodia.

En su caso la sociedad mercantil Sociedad Asturiana de Diversificación Minera S.A. S.M.E. (SADIM), del Grupo HUNOSA, será la encargada de proveer las labores de consultoría, asistencia técnica, elaboración de todo tipo de proyectos y gestión de obras en el ámbito de la ingeniería minera y civil (permisos, estudios, sondeos e investigación), así como trabajos de interpretación geológica, cálculo de reservas y valoración de yacimientos, digitalización de labores, estudios geotécnicos y de geoestadística, que requiera el IGME CSIC por parte de HUNOSA.

En el caso de ser necesario durante el desarrollo del programa, existirá la posibilidad de la relocalización del personal de cada parte en sede o instalaciones de la otra, pero ello quedará supeditado, en todo caso, a autorización previa y al cumplimiento de la normativa aplicable a cada una de ellas, sin que ello pueda suponer alteración de la dependencia orgánica de dicho personal ni del régimen jurídico a que esté sujeto, debiendo cumplir el mismo la reglamentación interna del centro en el que temporalmente desarrolle su labor.

ANEXO III. MEDIOS TÉCNICOS Y CIENTÍFICOS DEL IGME CSIC

Actualmente, para la realización del programa se cuenta con medios materiales y laboratorios bien equipados del IGME CSIC.

EQUIPAMIENTO DEL IGME CSIC

Material disponible para trabajos de campo:

- Medios de transporte y material informático asociado.
- Equipos portátiles de fluorescencia de rayos X.
- Radiómetros de campo.
- Susceptibilímetros de campo.
- Equipos de sismica pasiva.
- Equipo tomografía eléctrica.
- Equipo perfil electromagnético.
- Gravímetros.
- Magnetómetros.
- Conductivímetro.

Material de gabinete:

- Microscopios ópticos y lupas binoculares, entre ellos equipos de: Nikon Eclipse 50iPOL, Zeiss Axiolab Pol 450910 y LEICA DMRX.

Laboratorios (Tres Cantos, Madrid):

- Laboratorio de Geoquímica con: espectrometría de emisión atómica por plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES, AGILENT 5800); espectrofotometría de absorción atómica (AAS, ANALYTIK JENA novAA 800F); espectrofotometría UV/VI; analizador elemental (LECO CNS928); espectrometría de masa por plasma de acoplamiento inductivo con sistema de ablación por láser (LA-ICP-MS, AGILENT 7900); difractómetro de rayos X (PANALYTICAL XPERT PRO MPD); espectrómetro de fluorescencia de rayos X (PANALYTICAL ZETIUM); perladora PERL'X3 y espectrómetro de masas de termoionización (TIMS, TRITON Thermo).
- Laboratorio de Mineralurgia con: preparación de láminas delgadas; mesa Wilfley; separación paramagnética y separador Frantz.
- Laboratorio de ensayos tecnológicos con: analizador de testigos Multi Sensor Core Logger (MSCL); analizador de XRF para testigos de sondeos MSCL-XRF y tomógrafo de Rx (Rotatin X-ray CT System, RXCT).
- Laboratorio Microscopia aplicada: microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-6010 PLUS/LA, EDX de JEOL y cámara hiperespectral Hypspec Drill Core Scanner, cámaras VNIR-3000 y SWIR-640, únicas en España.
- Litoteca, en Peñarroya-Pueblonuevo (Córdoba), que conserva testigos de sondeos y muestras de exploración. Cuenta con equipamiento de testificación de sondeos (Boxsan, de la marca GeoTeK, único en España para medidas geoquímicas y geofísicas) y preparación de muestras.

- Software disponible: actualmente, el IGME CSIC cuenta con el software necesario para las distintas actuaciones, como pueden ser la georreferenciación de datos y muestras en un sistema de información geográfica o programas de modelización geofísica, modelización geológica o modelización minera, reactividad mineral, etc.

Para algunas determinaciones se contará con la contratación de servicios especializados como pueden ser los análisis químicos puntuales con microscopía electrónica, o los análisis de geoquímica isotópica.

ANEXO IV. MEDIOS HUMANOS DEL IGME CSIC Y DEL GRUPO HUNOSA

El equipo de trabajo del IGME CSIC estará constituido principalmente por integrantes del Departamento de Recursos Geológicos para la Transición Ecológica, que está formado por más de 40 personas y que incluye personal científico, técnicos superiores especializados y titulados superiores, con amplia experiencia en el estudio de los recursos geológicos. Además, deberán participar en actividades concretas personal de otros departamentos (geofísica, geología estructural, petrología, geocronología o microscopía electrónica) que, junto a los técnicos de la Vicedirección técnica del IGME CSIC, conformado por personal de la Litoteca, Laboratorios, Sistemas de Información Geográfica y drones, asciende a un equipo de alrededor de 100 personas.

Por su parte, HUNOSA pondrá a disposición sus medios humanos y los de su empresa filial SADIM, en función de su participación en el Programa Nacional de Exploración Minera.

A lo largo del programa será necesaria la contratación de personal en el IGME CSIC y en el Grupo Hunosa para las distintas actividades programadas en las actuaciones, sin descartar la posibilidad de contratación de servicios especializados por empresas públicas o privadas u otras entidades científicas.

ANEXO V. PLAN DE COMUNICACIÓN

Líneas generales del Plan de Comunicación

El Plan de Comunicación será implementado desde el inicio del Programa y en líneas generales seguirá los siguientes puntos (con el objetivo de desarrollar las ideas principales indicadas en los apartados previos de Difusión y de Transferencia).

a) Análisis de la problemática asociada a la aceptación social de las actividades geocientíficas y los recursos geológicos en España.

- Revisión de la literatura/investigación nacional e internacional existente.
- Entrevistas con las partes interesadas. Se realizarán consultas al mundo académico, a la industria, a los responsables de las políticas públicas, a activistas comunitarios, etc.
- Realización de un taller con las partes interesadas.

El objetivo de esta fase del plan es aumentar el conocimiento que se tiene sobre la aceptación social de las actividades geocientíficas y los recursos minerales en España, para comprender qué factores influyen en la percepción pública sobre los mismos y definir áreas prioritarias para las futuras actuaciones de divulgación. Como resultado de este análisis previo, se presentará un informe con los resultados de las entrevistas, principales conclusiones y propuestas priorizadas.

b) Análisis del estado del arte en materia de Comunicación sobre materias primas.

- Tipos de Planes de Comunicación que desde la UE se proponen para la divulgación de las políticas europeas de interés general.
- Propuestas de divulgación sobre materias primas existentes en el territorio europeo: colegios profesionales, administraciones, universidades, asociaciones, etc.

c) Análisis del Programa Nacional de Exploración Minera. Justificación e interés. Se tendrán en cuenta la misión (propósito que justifica el desarrollo del Programa) y la visión (lo que aspira a alcanzar el Programa), así como los valores (principios éticos en los que se ha de basar el desarrollo del Programa).

d) Establecer los diferentes tipos de Público Objetivo.

e) El Plan de Comunicación determinará la necesidad de crear una línea de imagen propia asociada al Programa: logo, eslóganes, página web..., en función de la misión, visión y valores.

f) Definir el MENSAJE.

- Para que el mensaje sea adecuado tiene que ser claro, conciso y directo, con un lenguaje adaptado al público objetivo.
- El mensaje ha de estar centrado en las necesidades y los intereses del público objetivo.

g) Tras tener mensaje y público objetivo, y seleccionado el canal adecuado, se procede a realizar la campaña mediante actividades de promoción en atención a presupuesto y recursos designados.

h) Creación de contenidos: textos, imágenes, videos, simulaciones, ...

- Para poder tener información base para esta creación de contenidos, la documentación de las actividades del Programa es básica (documentación de tramitaciones, planimetría, fichas de campo, fotografías, videos, audios, ...).

i) Actividades de promoción:

- Offline. Difusión y promoción.
 - Presentaciones, visitas a zonas de especial interés para promoción, ...
 - Radio, televisión, prensa escrita, revistas especializadas, eventos... Edición y distribución de folletos, o mediante publicidad y reportajes en medios especializados para públicos objetivo.

El desarrollo del Plan de Comunicación se hará teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la línea general 1, en la que se definirán los canales adecuados para cada tipo de público objetivo, así como el tipo de contenido a comunicar (administración, público general, docentes, estudiantes desde primaria a universidad, inversores en proyectos mineros, ...).

Para el lanzamiento de los contenidos a comunicar, el Plan de Comunicación también definirá los tipos de informes, la modalidad de estos informes (textos para revistas especializadas, grafismos sencillos para publicaciones generales, spots publicitarios, exposiciones itinerantes a desplazar por eventos, congresos, museos, ferias, cartelería in situ, por ejemplo, en rutas turísticas para que el viajero conozca la geología del entorno y las riquezas del territorio...); todo lo anterior con el objeto de mostrar los resultados del Programa: “la riqueza de España en materias primas”, “la posición de España a nivel mundial en estas materias primas”...

- Online. Dinamización, promoción.
 - Web, blog, RRSS, newsletter, etc.

Para este desarrollo, el Plan de Comunicación podrá desarrollar una página web específica con contenidos para la divulgación de los logros, a la par que utilizar las webs oficiales tanto de las empresas implicadas en el desarrollo del Programa (IGME: [Centro Nacional IGME CSIC](#); Grupo HUNOSA, en su caso) como las de las partes interesadas identificadas en la fase preliminar del desarrollo del Plan de Comunicación como, por ejemplo, el MITERD, universidades, centros de educación, asociaciones, etc.

j) Establecer un calendario de acciones:

- Calendario de seguimiento de avances.
- Calendario de publicación de resultados en los canales oficiales.
- Calendario de participación en eventos específicos asociados al Programa.
- Calendario de implementación de actividades de promoción offline y online.

k) Seguimiento y valoración de resultados:

Con el objetivo de ver la idoneidad del Plan de Comunicación propuesto, se plantea el control de actividades de promoción con carácter periódico, de modo que, en el tiempo de desarrollo del Programa (2026-2030), se pueda rectificar alguna de las actividades en caso de no ser de éxito.

ANEXO VI. GLOSARIO DE ACRÓNIMOS

A

AAS: Espectrofotometría de absorción atómica, del inglés *atomic absorption spectrometry*.

ADARO: Empresa Nacional de Investigaciones Mineras, S.A.

Ag: Símbolo químico de la plata.

Al Símbolo químico del aluminio.

As: Símbolo químico del arsénico.

Au: Símbolo químico del oro.

AUXINI: Empresa Auxiliar a la Industria, S.A.

B

B: Símbolo químico del boro.

Ba: Símbolo químico del bario.

BBDD: Bases de datos.

BDMIN: Base de datos de Recursos Minerales del IGME CSIC.

Be: Símbolo químico del berilio.

Bi: Símbolo químico del bismuto.

C

CCAA: Comunidades Autónomas.

Cd: Símbolo químico del cadmio.

CE: Comisión Europea.

CIRCE: Centro de Información y Red de Creación de Empresas.

CN IGME CSIC: Centro Nacional-Instituto Geológico y Minero de España, CSIC. Igual a IGME CSIC.

Co: Símbolo químico del cobalto.

COMG: Cámara Oficial Minera de Galicia.

Cr: Símbolo químico del cromo.

CRM Board: Consejo Europeo de Materias Primas Fundamentales.

CRMA: Ley de Materias Primas fundamentales, del inglés *Critical Raw Materials Act*.

CSIC: Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Cu: Símbolo químico del cobre.

E

EDX: Detector de rayos X para el análisis composicional puntual, zonal o de mapeo con microscopía electrónica de barrido, de sus siglas en inglés (*Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*).

EEMM: Estados Miembros.

EGDI: Infraestructura Europea de Datos Geológicos del EuroGeoSurveys, del inglés *European Geological Data Infrastructure*.

EMPA: Microsonda Electrónica.

ENADIMISA: Empresa Nacional Adaro de Investigaciones Mineras, S.A.

ENCASO: Empresa Nacional Calvo Sotelo de Combustibles Líquidos y Gaseosos, S.A.

ENDESA: Empresa Nacional de Electricidad, S.A.

ENSIDESA: Empresa Nacional Siderúrgica, S.A.

ENUSA: Empresa Nacional del Uranio, S.A.

EVE: Ente Vasco de la Energía.

F

Fe: Símbolo químico del hierro.

FPI: Faja Pirítica Ibérica.

FUS-ICP: espectrometría de emisión atómica por plasma de acoplamiento inductivo, del inglés *fusion-inductively coupled plasma*.

G

Ga: Símbolo químico del galio.

Ge: Símbolo químico del germanio.

H

He: Símbolo químico del helio.

Hf: Símbolo químico del hafnio.

Hg: Símbolo químico del mercurio.

HREE: Abreviatura de Tierras Raras Pesadas, por su nombre en inglés (*heavy rare earth elements*).

HSI: Imágenes hiperespectrales.

HUNOSA: Hulleras del Norte, S.A.

I

I+D: Investigación y Desarrollo.

I+D+I: Investigación, Desarrollo e Innovación.

IA: Inteligencia Artificial.

ICP-OES: Espectrometría de emisión atómica por plasma de acoplamiento inductivo, del inglés *inductively coupled plasma optical emission spectroscopy*.

ICP-MS: Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente, del inglés *laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry*.

IGME: Instituto Geológico y Minero de España.

INI: Instituto Nacional de Industria. Competencias asumidas por la Sociedad Estatal de Participaciones Industriales (SEPI), a partir de 1995.

J

JPEG: Formato de archivo informático para almacenar imágenes de mapa de bits, por sus siglas en inglés (*Joint Photographic Experts Group*)

L

LA-ICP-MS: Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente y ablación láser, del inglés *laser ablation inductively coupled plasma mass spectrometry*.

Li: Símbolo químico del litio.

LIBS: Espectroscopía de plasma inducido por láser, del inglés *laser-induced breakdown spectroscopy*.

LREE: Abreviatura de tierras raras ligeras, por su nombre en inglés (*light rare earth elements*).

M

MAGNA: Mapa Geológico Nacional.

MASA: Minas de Almagrera, S.A.

MICIU: Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades.

MICIYT: Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (en 1999).

MINER: Ministerio de Industria y Energía (en 1999).

MIPSA: Minera Industrial Pirenaica, S.A.

MITERD: Ministerio de Transición Ecológica y Reto Demográfico.

Mn: Símbolo químico del manganeso.

Mo: Símbolo químico del molibdeno.

MSI: Imágenes multiespectrales, utilizadas para discriminar las características de la superficie terrestre y los patrones del paisaje.

MT: Método magnetotelúrico.

N

Nb: Símbolo químico del niobio.

Ni: Símbolo químico del níquel.

O

O: Símbolo químico del oxígeno.

OPI: Organismos Públicos de Investigación (Ley 14/2011).

P

P: Símbolo químico del fósforo.

PNAMPM: Plan Nacional de Abastecimiento de Materias Primas Minerales no energéticas.

Pb: Símbolo químico del plomo.

PEICTI: Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación.

PERTE: Proyecto Estratégico para la Recuperación y transformación económica.

PGD: Plan de Gestión de Datos.

PGE: Elementos del grupo del platino, por sus siglas en inglés (*platinum group elements*).

PIAS: Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas.

PINGEON: Mapa Geotécnico Nacional.

PNIEC: Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030.

PRESUR: Empresa de Prerreducidos Integrados del Suroeste de España, S.A.

PRI: Actuaciones en relación con los recursos minerales primarios.

R

REE: Abreviatura de tierras raras, por sus siglas en inglés (*rare earth elements*).

RMI: *Raw Materials Initiative* - Iniciativa de materias primas.

RS: Teledetección, por sus siglas en inglés (*Remote Sensing*)

RRSS: Redes Sociales.

S

SADIM: Sociedad Asturiana de Diversificación Minera, S.A.

Sb: Símbolo químico del antimonio.

Sc: Símbolo químico del escandio.

Se: Símbolo químico del selenio.

SEAT: Siglas de Sociedad Española de Automóviles Turismo, S.A.

SEC: Actuaciones en relación con las materias primas secundarias.

SEDEX: Depósitos exhalativo sedimentarios, formados por precipitación de minerales a partir de fluidos hidrotermales, expulsados a un ambiente acuático, típicamente en una cuenca sedimentaria marina: Fuentes importantes de Pb, Zn, Ag.

SEM: Microscopio electrónico de barrido (MEB o SEM, por *Scanning Electron Microscope*).

SEPI: Sociedad Estatal de Participaciones Industriales.

SIEMCALSA: Sociedad de Investigación y Explotación Minera de Castilla y León, S.A.

SIMS: Espectrometría de masas de iones secundarios (por *Secondary Ion Mass Spectrometry*).

Sn: Símbolo químico del Estaño.

Sr: Símbolo químico del estroncio.

T

Ta: Símbolo químico del tantalio.

TIFF: Formato de archivo informático para almacenar imágenes de mapa de bits, por sus siglas en inglés (*Tagged Image File Format*)

TFG: Trabajos de Fin de Grado.

TFM: Trabajos de Fin de Máster.

Ti: Símbolo químico del titanio.

TRA: Actuaciones transversales.

U

U: Símbolo químico del uranio.

UE: Unión Europea.

UNFC: Clasificación Marco de las Naciones Unidas para los Recursos, por sus siglas en inglés: *United Nations Framework Classification for Resources*.

V

V: Símbolo químico del vanadio.

VHMS: Depósitos de sulfuros masivos volcanogénicos, del inglés *Volcanic Hosted Massive Sulphide*.

W

W: Símbolo químico del wolframio.

X

XRD: Difracción de rayos X, del inglés *X-ray diffraction*.

XRF: Fluorescencia de rayos X, del inglés *X-ray Fluorescence*.

Z

ZAOL: Zona Asturoccidental-leonesa.

ZC: Zona Cantábrica.

ZCI: Zona Centroibérica.

ZGTM: Zona de Galicia-Tras-os-Montes.

Zn: Símbolo químico del cinc.

ZOM: Zona de Ossa-Morena.

Zr: Símbolo químico del circonio.

ZSP: Zona Surportuguesa.

