

**Lineamientos para el establecimiento de  
Minerales Estratégicos en Colombia**

Vicepresidencia de Promoción y Fomento

Grupo de Promoción

Bogotá D.C., marzo de 2023

## **Agencia Nacional de Minería**

Luis Álvaro Pardo Becerra  
**Presidente**

Catalina Rueda Callejas  
**Vicepresidente de Promoción y Fomento**

Fredy Alberto Rodríguez Díaz  
**Coordinador Grupo de Promoción**

### **Autores:**

Catalina Rueda Callejas  
Fredy Alberto Rodríguez Díaz  
Manuel Agustín Ortega Castro  
Jorge Eduardo Ballesteros Vargas  
Carlos Javier Tovar Prieto  
Hernán José Sierra Montes  
Jhon Fredy García Ramírez  
Juan Fernando Ruíz Rodríguez  
Helmer Fabián Barbosa Lébolo  
Giselle Figueroa De La Ossa

**Grupo de Trabajo:** Grupo de Promoción

**Citación:** Agencia Nacional de Minería – Grupo de Promoción; Rueda, C.; Rodríguez, F.; Ortega, M.; Ballesteros, J.; Tovar, C.; Sierra, H.; García, J.; Ruíz, J.; Barbosa, H.; Figueroa, G. (2023).

## Contenido

Resumen.....	6
Abstract .....	7
Introducción .....	8
1. Metodología aplicada.....	11
2. Antecedentes .....	13
3. Contexto internacional.....	15
4. Propuesta de lineamientos para establecer los minerales estratégicos para Colombia .....	19
4.1 Soberanía del Estado colombiano sobre los recursos minerales de propiedad estatal .....	19
4.2 Existencia de ambientes geológicos favorables y priorización de la investigación.....	19
4.2.1 Minerales para la transición energética .....	22
4.2.2 Minerales para la seguridad alimentaria .....	30
4.2.3 Minerales para el desarrollo industrial y de la infraestructura .....	33
4.3 Demanda de minerales para la transición energética .....	36
4.4 Demanda de minerales para la seguridad alimentaria .....	38
4.5 Demanda de minerales para el desarrollo industrial y de la infraestructura pública.....	41
4.5.1 Infraestructura de transporte .....	41
4.5.2 Infraestructura vial y construcción .....	43
4.5.3 Minerales para la infraestructura eléctrica.....	46
4.5.4 Minerales para la industria .....	46
4.6 Minerales para el autoabastecimiento .....	47
4.7 Minerales para promover la asociatividad.....	49
5. Prospectivas de demanda mundial .....	52
6. Disponibilidad de los minerales identificados preliminarmente respecto de los títulos mineros vigentes y su explotación en Colombia .....	61
6.1 Explotación e importación en Colombia de los minerales identificados preliminarmente .....	62
6.2 Depósitos, prospectos y ocurrencias minerales vs estudios de minerales estratégicos en Colombia. ....	63
6.2.1 Minerales Estratégicos de la Resolución 18 0102 de 2012 .....	63
6.2.2 Minerales Estratégicos del estudio de la UPME de 2019.....	64
7. Identificación de posibles minerales estratégicos según los criterios analizados .....	65
Conclusiones .....	67
Recomendaciones .....	69
Referencias bibliográficas .....	70

## Índice de figuras

- Figura 1. Minerales requeridos para la transición energética
- Figura 2. Depósitos, prospectos y ocurrencias minerales en el Mapa Metalogénico de Colombia 2020
- Figura 3. Anomalías y zonas prospectivas para Litio en Colombia
- Figura 4. Cinturones cupríferos en Colombia
- Figura 5. Zonas prospectivas para depósitos de cobre en Colombia
- Figura 6. Zonas prospectivas y geologías favorables para Níquel en Colombia.
- Figura 7. Depósitos, ocurrencias y zonas prospectivas para cobalto en Colombia
- Figura 8. Manifestaciones de grafito en Colombia
- Figura 9. Depósitos, ocurrencias y zonas prospectivas para tierras raras en Colombia
- Figura 10. Depósitos, ocurrencias y zonas prospectivas para uranio en Colombia
- Figura 11. Depósitos, ocurrencias y zonas prospectivas para magnesio en Colombia
- Figura 12. Depósitos, ocurrencias y zonas prospectivas para fosfatos en Colombia
- Figura 13. Depósitos, ocurrencias y zonas prospectivas para hierro en Colombia
- Figura 14. Depósitos, ocurrencias y zonas prospectivas para aluminio en Colombia
- Figura 15. Minerales utilizados en tecnologías de energía limpia
- Figura 16. Materiales críticos para la transición hacia una economía baja en carbono por clase de tecnología
- Figura 17. Empleos generados en los diferentes tipos de energías
- Figura 18. Sistema de infraestructura vial, férrea, puertos y aeropuertos de Colombia

## Índice de tablas

- Tabla 1. Minerales estratégicos o críticos en algunos países del mundo
- Tabla 2. Explotación de roca fosfórica por departamento 2020-2021
- Tabla 3. Exportaciones, Importaciones y Balanza Comercial 2021 según CIIU Rev. 4
- Tabla 4. Cuenta Satélite Minería 2020<sup>P</sup> - Balance Oferta Utilización
- Tabla 5. Áreas de reserva especial - ARE declaradas
- Tabla 6. Prospectivas de demanda mundial
- Tabla 7. Títulos mineros vigentes y explotación 2021<sup>P</sup> de los minerales identificados preliminarmente
- Tabla 8. Explotación e importaciones año 2021<sup>P</sup> de los minerales identificados
- Tabla 9. Minerales identificados para Colombia vs. Minerales críticos establecidos para algunos países del mundo
- Tabla 10. Listado preliminar de minerales estratégicos

## Resumen

Colombia estableció en el año 2012<sup>1</sup> un listado de 10 minerales estratégicos, que han orientado la generación de conocimiento geocientífico para la identificación y caracterización del potencial mineral existente en el territorio nacional. A partir de ello, el Servicio Geológico Colombiano ha adelantado una serie de campañas de reconocimiento geológico, geoquímica, geofísica, análisis metalogénico y caracterizaciones de potencial mineral en diferentes zonas del país, cuya información ha servido para que la Agencia Nacional de Minería – ANM, como autoridad minera nacional, delimite y declare áreas de reserva estratégica mineras, para ser otorgadas mediante procesos de selección objetiva, según se establece en el Artículo 20 de la Ley 1753 de 2015.

Considerando que el contexto nacional e internacional bajo el cual se definieron esos minerales estratégicos ha cambiado en la última década, especialmente en cuanto a las necesidades y percepciones de riesgo en las cadenas de suministro por parte de los países desarrollados, la demanda de minerales para una transición energética gradual orientada al cumplimiento de los compromisos derivados del Acuerdo de París, los cambios geopolíticos globales y las políticas del Gobierno Nacional dirigidas a lograr un sector minero productivo, que asegure un aprovechamiento integral de los recursos minerales de propiedad estatal mediante el desarrollo industrial requerido para el beneficio y transformación de las materias primas minerales, se hace necesario actualizar el listado de los minerales estratégicos para el país.

Para esta finalidad, el presente documento define una propuesta para el Consejo Directivo de la Agencia Nacional de Minería, en cuanto a los lineamientos que deben considerarse para actualizar el listado de minerales estratégicos para Colombia.

Esta propuesta revisa el contexto internacional, en cuanto a la definición de minerales críticos por parte de varios países, retoma algunos criterios empleados por la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME en su metodología para el establecimiento de minerales estratégicos y analiza los lineamientos de política del Gobierno Nacional en cuanto a minerales para la transición energética, la seguridad alimentaria, la infraestructura y el desarrollo industriales asociados a esa transición, las importaciones significativas de minerales y algunos minerales necesarios para la promoción de la asociatividad entre mineros tradicionales o artesanales.

Respecto del listado preliminar de minerales estratégicos que se requeriría para esos cometidos, se analizan algunos ejercicios de prospectivas disponibles en materia de demanda internacional.

Finalmente, se recomienda al Consejo Directivo de la Agencia Nacional de Minería los lineamientos para establecer el nuevo listado de minerales estratégicos para el país.

---

<sup>1</sup> Resolución 180102 del Ministerio de Minas y Energía: Oro (Au), Platino (Pt), Cobre (Cu), Minerales de Fosfatos (P), Minerales de Potasio (K), Minerales de Magnesio (Mg), Carbón metalúrgico y térmico, Uranio (U), Hierro (Fe), Minerales de Niobio y Tantalio (conocidos como Coltán) y/o arenas negras o industriales, incluyendo sus minerales asociados, derivados o concentrados.

## Abstract

Colombia established in 2012 a list of 11 strategic minerals, which have guided the generation of geoscientific knowledge for the identification and characterization of the existing mineral potential in the national territory; based on this, the Colombian Geological Survey has carried out a series of geological reconnaissance campaigns, geochemical, geophysical, metallogenic analysis and characterization of mineral potential in different areas of the country; information that has served for the National Mining Agency - ANM as the national mining authority to delimit and declare strategic mining reserve areas, for their contracting through public processes of objective selection.

Considering that the international and national contexts under which these strategic minerals were defined have changed in the last decade in terms of the needs and perceptions of risk in the supply chains by developed countries, the demand for minerals for an gradual energy transition aimed at fulfilling the commitments acquired by the countries in the Paris Agreement, the global geopolitical changes and the policies of the National Government aimed at a productive mining sector, which ensures an integral use of state-owned mineral resources through industrial development required for the benefit and transformation of mineral raw materials, it is necessary to update the list of strategic minerals for the country.

For this purpose, this document seeks to structure a proposal for the Board of Directors of the National Mining Agency regarding the guidelines that should be used to update the list of strategic minerals for Colombia.

For this, the international context of some countries is reviewed in terms of the definition of critical minerals, some criteria used by the Unidad de Planeamiento Minero Energético<sup>2</sup> - UPME in its methodology for the establishment of strategic minerals are retaken and the guidelines of policy of the National Government in terms of minerals for the energy transition, food security, infrastructure and industrial development associated with that transition, significant imports of minerals and some minerals necessary for the promotion of associativity between traditional or artisanal miners.

Regarding the preliminary list of strategic minerals that would be required for these tasks, some prospective exercises available in terms of international demand are analyzed.

Finally, it is recommended to the Board of Directors of the National Mining Agency the guidelines to establish the new list of strategic minerals for the country.

---

<sup>2</sup> Energy Mining Planning Unit

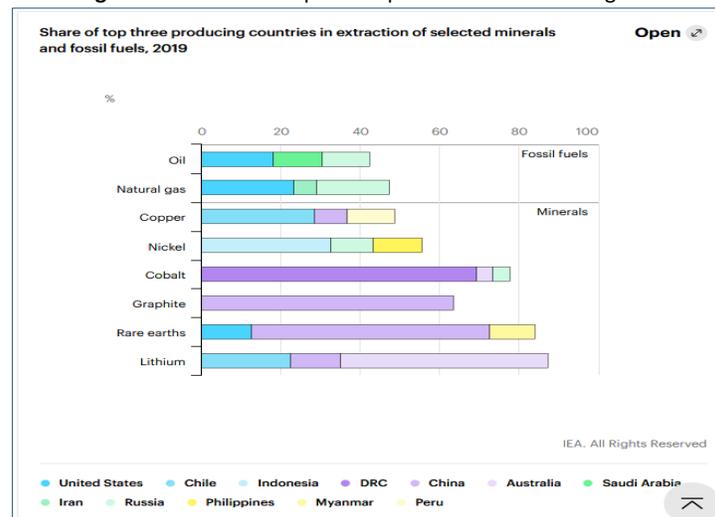
## Introducción

Tradicionalmente, los países más desarrollados han identificado las materias primas minerales que resultan críticas para garantizar su seguridad económica o su seguridad nacional, a partir del análisis del potencial geológico minero, el nivel de desarrollo de la industria y las vulnerabilidades de las cadenas de suministro, respecto a interrupciones que puedan presentarse por diferentes motivos<sup>3</sup> y la volatilidad de los precios de dichos minerales.

Aunado a lo anterior, como parte de su análisis para determinar los minerales críticos o estratégicos, estos países consideran si el mineral tiene pocos o ningún sustituto y la concentración geográfica de la explotación, procesamiento y refinación. En este contexto, la transición energética se destaca como una de las actividades en las que se prevé un cambio en los sectores de generación de energía y transporte. Los acuerdos internacionales frente al cambio climático (Acuerdo de París) y al cumplimiento de los ODS (objetivos de desarrollo sostenible) generan presiones que, sumadas al efecto sustitución por el menor costo de producción de FNCER (Fuentes No Convencionales de Energía Renovable), conducirán a un incremento en la demanda de tecnologías para la generación de energía bajas en emisiones de carbono, lo que se reflejará a su vez en la mayor demanda de los minerales necesarios para tal fin.

Es así como la Agencia Internacional de Energía<sup>4</sup> ha identificado la dependencia de suministro que existe respecto de la producción de Tierras raras, Grafito, y de concentrados de Cobalto, Níquel y Cobre<sup>5</sup>, que son las principales sustancias minerales requeridas para la transición energética:

**Figura 1.** Minerales requeridos para la transición energética



Fuente: Tomado de la página web de la Agencia Internacional de Energía.

<sup>3</sup> Riesgo geopolítico del país proveedor, crecimiento abrupto de la demanda, conflictos militares, disturbios violentos, comportamientos anticompetitivos o proteccionistas, sustitutos, reciclaje, entre otros riesgos de la cadena de suministro o de amenazas en el suministro (USGS. *Methodology and Technical Input for the 2021 Review and Revision of the U.S. Critical Minerals List*, complementado por ANM).

<sup>4</sup> "(...) Para los elementos de litio, cobalto y tierras raras, las tres principales naciones productoras controlan más de las tres cuartas partes de la producción mundial. En algunos casos, un solo país es responsable de alrededor de la mitad de la producción mundial. Sudáfrica y la República Democrática del Congo son responsables de alrededor del 70% de la producción mundial de platino y cobalto, respectivamente, y China representó el 60% de la producción mundial de REE en 2019 (...)". En: *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*

<sup>5</sup> Fuente: <https://www.iea.org/topics/critical-minerals>. Ídem.

En la gráfica anterior puede observarse la dependencia existente, por ejemplo, en cuanto al suministro de minerales de litio, tierras raras, grafito y cobalto, respecto de los tres principales países productores a nivel mundial.

Adicionalmente, los países buscan garantizar la disponibilidad o suministro de los minerales necesarios para la transición a una economía baja en carbono, teniendo en cuenta la entrada en vigor del Acuerdo de París en 2016, las amenazas que conlleva el cambio climático y las connotaciones geopolíticas del suministro de varios minerales necesarios para esa transición o, como en el caso de Canadá, para ser una fuente sostenible de minerales críticos para sus países socios y aliados. Los países buscan igualmente prepararse para afrontar la concentración existente en las operaciones de procesamiento y refinación<sup>6</sup> de esos minerales necesarios para la transición energética.

La pandemia del COVID-19<sup>7</sup> y el conflicto entre Rusia y Ucrania aceleraron los procesos de transición energética en muchos países y la búsqueda de una autosuficiencia o suministro confiable de los minerales críticos para dicha transición. Esos países buscan lograr de forma acelerada una menor dependencia de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón y el gas, a partir del incremento sustancial de la generación de energía mediante fuentes limpias (eólica, solar, hidrógeno verde, geotermia, entre otras), que aseguren una matriz energética mucho más limpia, en línea con los compromisos de reducción de emisiones de los países en el marco del Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas.

Bajo este contexto, y con el fin de garantizar un suministro confiable de energía, ha tomado relevancia el desarrollo de tecnologías de almacenamiento de energía y las proyecciones crecientes en la demanda de los minerales necesarios para su fabricación.

En general, los países desarrollados optan por establecer minerales críticos para su economía y seguridad nacional, no denominándolos como minerales estratégicos; sin embargo, sus acciones se encaminan a garantizar de forma estratégica, su disponibilidad y confiabilidad en las cadenas de suministro.

Colombia cuenta con un listado de minerales estratégicos establecido por el Ministerio de Minas y Energía a través de la Resolución 180102 de 2012, el cual debe ser actualizado para que responda al contexto actual de la sociedad y del sector minero en particular, donde se destaca la necesidad de diversificar la explotación de minerales, especialmente los minerales básicos para apalancar la transición energética y asegurar aspectos de vital importancia como la soberanía nacional en cuanto al suministro de los minerales necesarios para la industrialización, seguridad alimentaria, la infraestructura requerida para el desarrollo de la economía y el mejoramiento de la competitividad general del país y de la calidad de vida de los colombianos, de acuerdo con las políticas del Gobierno Nacional.

En este sentido, los lineamientos aquí propuestos guardan relación con los criterios que orientan la actualización de la política minera, en cabeza del Ministerio de Minas y Energía, entre otros aspectos, los relacionados con las órdenes dadas por el Consejo de Estado en la sentencia del 4 de agosto de 2022,

---

<sup>6</sup> “(...) La participación de China en la refinación es de alrededor del 35 % para el níquel (la cifra aumenta si se incluye la participación de empresas chinas en las operaciones de Indonesia), entre el 50 y el 70 % para el litio y el cobalto, y hasta el 90 % para el procesamiento de REE que convierte la producción extraída en óxidos, metales e imanes (...)” (Fuente: IEA. *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*).

<sup>7</sup> Por la interrupción de cadenas de suministro de minerales críticos como cobalto, componentes electrónicos, automóviles provenientes de Asia (NAKANO, Jane; 2019), y otros debido a los confinamientos.

como también los lineamientos de política del Gobierno Nacional orientados a la disminución de la dependencia de combustibles fósiles y la implementación de la transición energética gradual y justa.

De igual forma, estos lineamientos guardan armonía con la propuesta del proyecto de ley del Plan Nacional de Desarrollo en cuanto a la formulación de un Plan de Conocimiento Geocientífico y la declaratoria de áreas de reserva estratégica minera para el desarrollo de proyectos asociativos.

Por otra parte, algunos de los lineamientos se articulan con la Política de Reindustrialización que se encuentra formulando el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, la cual contempla como uno de sus ejes centrales potenciar el uso de minero-energéticos con alto potencial extractivo y relaciona entre las apuestas estratégicas temas como la transición energética, la agroindustrialización y soberanía alimentaria y la reindustrialización para la defensa y la vida

De esta manera, el presente documento propone unos criterios o lineamientos para la actualización del listado de los minerales estratégicos para el país, a partir de las directrices de política pública del Gobierno Nacional, y considerando algunos de los criterios incluidos en la metodología elaborada por la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. Este documento ha sido compartido previamente con el Ministerio de Minas y Energía, la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME y el Servicio Geológico Colombiano para socializar su contenido y recoger sus observaciones y sugerencias, de manera que sea un ejercicio de construcción colectiva entre las entidades del sector, bajo el liderazgo de la ANM, de acuerdo con lo establecido en la normatividad descrita en el acápite de Antecedentes.

Teniendo en cuenta lo anterior, se presenta una valoración de carácter cualitativo acerca de los criterios que se consideran preponderantes de cara al contexto actual del sector y los lineamientos del Gobierno Nacional, para que, con base en dichos criterios, se profundice el análisis que conduzca a la definición del listado de minerales de interés estratégico para Colombia. No obstante, en desarrollo de este análisis es posible identificar un grupo de minerales sobre los cuales se recomienda la aplicación de estos criterios y los que pudieren definirse más adelante, como punto de partida en la definición del listado final de minerales estratégicos.

Para Colombia entonces, un mineral estratégico es aquel que puede garantizar soberanía en el abastecimiento de la demanda interna actual o futura, asociada a los desarrollos industriales requeridos para soportar una transición energética gradual hacia fuentes de generación de energías limpias no convencionales y para el desarrollo de la infraestructura requerida para garantizar la industrialización de la economía y un sector minero productivo, competitivo y con la implementación de buenas prácticas técnicas, sociales y ambientales; de igual forma, lo son aquellos minerales necesarios para brindar seguridad alimentaria a los habitantes del territorio nacional, mayor disponibilidad y acceso mediante precios razonables, permitiendo reducciones en los costos de los fertilizantes y abonos agrícolas, y con ello el abaratamiento de los alimentos. Finalmente, resultan estratégicos los minerales priorizados para promover esquemas asociativos entre mineros tradicionales, ancestrales o en proceso de formalización, que permitan un aprovechamiento racional de los recursos minerales de propiedad del Estado y contribuyan a su formalización colectiva.

## 1. Metodología aplicada

Para identificar los lineamientos que serán propuestos al Consejo Directivo de la Agencia Nacional de Minería para actualizar y establecer el nuevo listado de minerales estratégicos para Colombia, se parte de la revisión de los antecedentes jurídicos del tema y de la revisión de la competencia de la entidad como autoridad minera nacional para establecer o actualizar el listado de minerales estratégicos de la Resolución MME180102 de 2012.

Posteriormente, se revisa el contexto internacional del establecimiento de minerales críticos en siete (7) países o bloques económicos de los continentes americano (USA, Canadá y Brasil), europeo (Unión Europea), asiático (India y Japón) y Oceanía (Australia) con el fin de revisar los criterios tenidos en cuenta por cada uno de ellos para identificar los minerales que resultan críticos para sus intereses nacionales, principalmente en términos de seguridad y confiabilidad de las cadenas de suministro, concentración en la producción mundial y de la oferta de refinación y su carácter esencial para la transición hacia una economía baja en carbono.

Esta revisión no busca profundizar en la metodología empleada por cada uno de esos países para determinar los minerales considerados críticos para su economía o seguridad nacional, por considerarse que las metodologías empleadas por esos países no resultan replicables en su integralidad a la realidad del caso colombiano, en el que la definición de los minerales estratégicos obedecerá, además de la disponibilidad de ambientes geológicos favorables, a un criterio uniforme en los países revisados y a los lineamientos de la política pública del Gobierno Nacional que buscan el desarrollo de un sector minero productivo con buenas prácticas técnicas, sociales y ambientales, que genere beneficios reales a las comunidades presentes en las áreas de influencia de los proyectos mineros y en general para todos los habitantes del territorio nacional, en el que las materias primas minerales sean beneficiadas y transformadas mediante procesos de adición de valor, hacia productos finales elaborados y requeridos para propiciar en el mediano y largo plazo el desarrollo industrial necesario para la implementación de una transición energética gradual, el desarrollo de la infraestructura necesaria para ese proceso y otros aspectos en los cuales la actividad minera contribuya a elevar la calidad de vida de los colombianos.

Adicionalmente, porque el Gobierno Nacional busca profundizar en el conocimiento geocientífico y de evaluación del potencial mineral de aquellos minerales respecto de los cuales es necesario asegurar soberanía en el suministro, a través del aprovechamiento de los recursos minerales existentes. Así mismo, el caso colombiano resulta *sui generis* en materia de establecimiento de los minerales estratégicos, en la medida en que el Gobierno Nacional busca promover la asociatividad entre los mineros tradicionales, ancestrales o en procesos de formalización en áreas donde no sea posible la minería, de tal forma que sea posible su inserción a la actividad minera formal mediante esquemas asociativos y procesos de selección de áreas de reserva estratégicas mineras o áreas de reserva estratégicas para la formalización.

La revisión del contexto internacional de los países o bloque económico estudiados permitirá conocer los criterios que priman en cada país para considerar un mineral como crítico e identificar los minerales que dichos países consideran esenciales para la transición hacia una economía baja en carbono.

Posteriormente, a partir de las líneas generales del programa del Gobierno Nacional, se identifican los lineamientos que se consideran fundamentales para el establecimiento de los minerales estratégicos para el país, identificando en cada caso un listado preliminar de minerales y sus principales usos.

A renglón seguido, se identifican los minerales que registran importaciones significativas en Colombia o una balanza comercial deficitaria, frente a los cuales resulta importante avanzar en el conocimiento geocientífico para determinar la disponibilidad del recurso mineral y la evaluación de su potencial en el territorio nacional. Finalmente, se identifican aquellos minerales que resultan estratégicos para promover la asociatividad de los mineros tradicionales, ancestrales o en proceso de formalización.

Una vez definidos los lineamientos que se proponen para establecer los minerales estratégicos, se hace una revisión de la información geocientífica pública disponible en cuanto a la existencia de ambientes geológicos favorables para esos minerales a partir del Mapa Metalogénico de Colombia (SGC; 2020), complementando dicha información con los posibles tipos de depósito existentes en el territorio nacional, que el Servicio Geológico Colombiano ha identificado para los minerales necesarios para la transición energética.

Identificada de esta forma la existencia de depósitos, ocurrencias, prospectos o manifestaciones para los minerales del listado preliminar de minerales que serían considerados estratégicos, se realiza una revisión de los principales ejercicios de prospectiva internacional de demanda para dichos minerales, de acuerdo con la disponibilidad de la información, priorizando fuentes confiables como la Agencia Internacional de Energía - IAE, Banco Mundial, Agencia Internacional de Energía Atómica, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos - OECD y el Foro Económico Mundial, con el fin de conocer las proyecciones de demanda en el mercado internacional para el listado preliminar de minerales, que permitan contrastar la pertinencia del mineral como mineral estratégico, no sólo por razones de política pública interna, sino también por su proyección a nivel internacional para la transición energética, el desarrollo de nuevas tecnologías, la seguridad alimentaria y la producción de acero para las obras de infraestructura y la construcción.

Luego se revisa la disponibilidad de los minerales identificados respecto de los títulos mineros vigentes y su explotación en el país, al igual que las importaciones registradas, y se compara el listado con los depósitos, prospectos y ocurrencias minerales y con los estudios de minerales estratégicos en Colombia adelantados por la Unidad de Planeación Minero Energética - UPME.

Finalmente, se verifica si los minerales del listado preliminar identificado son considerados como minerales críticos o estratégicos por los países y bloque económico revisados en el ejercicio de *benchmarking*, y se presentan las conclusiones y recomendación de lineamientos al Consejo Directivo de la Agencia Nacional de Minería.

## 2. Antecedentes

La Ley 1450 de 2011, mediante la cual se expidió el Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014, otorgó a la Autoridad Minera la atribución para determinar los minerales de interés estratégico para el país, respecto de los cuales podría delimitar áreas especiales en zonas libres<sup>8</sup>, sobre las cuales no se recibirían nuevas propuestas de contratos de concesión minera, con el fin de otorgarlas a través de procesos de selección objetiva.

En desarrollo de esa norma y teniendo como fundamento técnico el informe de noviembre de 2011 denominado *ÁREAS CON POTENCIAL MINERAL PARA DEFINIR ÁREAS DE RESERVA ESTRATÉGICA DEL ESTADO*, elaborado por el Servicio Geológico Colombiano, el Ministerio de Minas y Energía, mediante la Resolución No. 18 0102 de 2012, definió los siguientes grupos de minerales de interés estratégico para el país, incluyendo sus minerales asociados, derivados o concentrados: Oro (Au), Platino (Pt), Cobre (Cu), Minerales de Fosfatos (P), Minerales de Potasio (K), Minerales de Magnesio (Mg), Carbón metalúrgico y térmico, Uranio (U), Hierro (Fe), Minerales de Niobio y Tantalio (conocidos como Coltán) y/o arenas negras o industriales.

Posteriormente, en el artículo 20 de la Ley 1753 de 2015, mediante la cual se expidió el Plan Nacional de Desarrollo 2014 - 2018, se estableció que la Autoridad Minera Nacional determinará los minerales de interés estratégico para el país, respecto de los cuales, con base en la información geocientífica disponible, podrá delimitar áreas especiales con alto potencial minero que se encuentren libres, con el fin de otorgarlas a través de procesos de selección objetiva.

De lo establecido en el artículo 336 de la Ley 1955 de 2019, mediante la cual se expidió el Plan Nacional de Desarrollo 2018 - 2022, y teniendo en cuenta que hasta la fecha no se han expedido normas que deroguen o modifiquen su contenido, se desprende que lo dispuesto en el artículo 20 de la Ley 1753 de 2015 se mantiene vigente.

Ahora bien, mediante el Decreto - Ley 4134 de 2011 se creó la Agencia Nacional de Minería como una agencia estatal de naturaleza especial, del sector descentralizado de la Rama Ejecutiva del Orden Nacional, con personería jurídica, patrimonio propio y autonomía administrativa, técnica y financiera, adscrita al Ministerio de Minas y Energía.

En el numeral 1 del artículo 4 del mismo Decreto Ley se estableció como función de la Agencia Nacional de Minería, la de ejercer como autoridad minera o concedente en el territorio nacional. Posteriormente, mediante el Decreto 1681 de 2020 se modificaron algunas funciones al interior de la Agencia Nacional de Minería establecidas en el Decreto - Ley 4134 de 2011.

Es así como al Consejo Directivo de la ANM en el artículo 8 del mismo Decreto - Ley 4134 de 2011 se le adicionó la función de *“Definir los lineamientos para la determinación de minerales de interés estratégico para el país”* y al Presidente de la ANM en el artículo 10 del mismo cuerpo normativo se le adicionó la

---

<sup>8</sup> Áreas en las cuales no se tienen títulos vigentes o solicitudes mineras en trámite, ni existe superposición con coberturas geográficas que excluyan o impongan restricciones a la realización de actividades mineras.

función de *“Expedir los actos administrativos para la determinación de los minerales estratégicos para el país (...) de acuerdo con los lineamientos y criterios que para el efecto define el Consejo Directivo de la entidad”*; así mismo, a la Vicepresidencia de Promoción y Fomento de la Agencia Nacional de Minería se le adicionó en el Artículo 17 la función de *“Dirigir y adelantar los estudios técnicos para la determinación de los minerales estratégicos para el país, coordinando con el Servicio Geológico Colombiano y la Unidad de Planeación Minero Energética la priorización de diagnósticos, investigaciones y análisis sobre el particular, en el marco de sus funciones y de conformidad con lo establecido en la ley y la política pública del sector minero”*.

De otra parte, en años recientes la UPME lideró el desarrollo de una metodología para actualizar y seleccionar los minerales estratégicos en Colombia<sup>9</sup>, dada la necesidad de actualizar el listado definido en la Resolución 18 0102 de 2012 del Ministerio de Minas y Energía. A partir de este ejercicio se elaboró un documento que plantea las razones que justifican la actualización de este grupo de minerales y documenta en detalle la metodología aplicada, con un análisis del contexto nacional y global, analizando el mercado internacional y los nuevos requerimientos de minerales para la industria del país, para un adecuado aprovechamiento del recurso minero.

La metodología aplicada en ese ejercicio consistió básicamente en la aplicación de una matriz de criticidad adaptada del modelo norteamericano. El objetivo de ese análisis fue justamente determinar los minerales estratégicos para Colombia, a partir de la relación entre importancia en los mercados, definida como *“el valor del impacto de un determinado mineral sobre la economía nacional e internacional”* y la disponibilidad del recurso, representada en *“el valor del impacto de un determinado mineral basado en las características geológicas y condiciones que pueden afectar su extracción”*.

En el presente documento se recogen los aspectos más relevantes de los análisis de criticidad realizados en varios países, como parte de la revisión del contexto internacional, y se abordan diversos criterios que responden al contexto actual en el ámbito nacional, algunos de los cuales fueron considerados en el ejercicio liderado por la UPME, de manera que se busca aprovechar la información existente para retomar los aspectos que se considera mantienen su vigencia en las actuales condiciones, de cara a fijar unos lineamientos apropiados para definir los minerales estratégicos para Colombia.

Como conclusiones relevantes de la metodología UPME, se estableció que algunos de los minerales definidos en la Resolución vigente continuarán siendo una gran oportunidad para el país, en tanto que otros pueden perder su atractivo en el largo plazo, de manera que se resalta la importancia de revisar periódicamente este listado, para adaptarlo a la dinámica tanto interna como externa de los mercados, la evolución de la ciencia y la tecnología, así como las necesidades de abastecimiento para satisfacer las necesidades de desarrollo del país en diversos sectores clave, temas que igualmente son abordados en este documento, ya que son aspectos fundamentales para identificar las tendencias del sector minero.

Es importante mencionar que, mediante el Documento CONPES 4075 aprobado el 29 de marzo de 2022, se definieron lineamientos de política para la transición energética, incluyendo varias recomendaciones, entre las cuales se incluyó una línea de acción dirigida a que el Ministerio de Minas y Energía, a través de la UPME, diseñe una estrategia para incentivar la explotación de minerales necesarios para la transición energética.

---

<sup>9</sup> UPME (2019) Metodología para actualizar y seleccionar los minerales estratégicos en Colombia, Segunda Edición. Tomado de [https://www1.upme.gov.co/simco/Documents/Minerales\\_Estrategicos\\_VFI.pdf](https://www1.upme.gov.co/simco/Documents/Minerales_Estrategicos_VFI.pdf)

### 3. Contexto internacional

En la siguiente tabla se muestran los minerales estratégicos o minerales críticos que han establecido algunos países, los cuales pueden servir de referente a nuestro país en cuanto a la tendencia global de minerales críticos o estratégicos:

**Tabla 1.** Minerales estratégicos o críticos en algunos países del mundo

País	Criterios	Minerales críticos (Mc) o estratégicos (Me)	
<p><b>Estados Unidos</b> (2022)<sup>10</sup>: 50 minerales críticos con impacto en la seguridad nacional o desarrollo económico.</p>	<p>La Ley de Energía de 2020 define los “minerales críticos” como los minerales, elementos, sustancias o materiales que “(i) son esenciales para la <b>seguridad económica o nacional</b> de los Estados Unidos; (ii) cuya <b>cadena de suministro es vulnerable</b> a las interrupciones (incluidas las restricciones asociadas con el riesgo político exterior, el crecimiento abrupto de la demanda, los conflictos militares, los disturbios violentos, los comportamientos anticompetitivos o proteccionistas y otros riesgos a lo largo de la cadena de suministro); y (iii) <b>cumplen una función esencial en la fabricación de un producto</b> (incluidas las aplicaciones relacionadas con la tecnología energética, la defensa, la moneda, la agricultura, la electrónica de consumo y la atención médica), cuya ausencia generaría consecuencias significativas para la seguridad económica o nacional de los Estados Unidos”.</p> <p>No especifica focalización sobre el sector de energías limpias.</p> <p>En el año 2022 se eliminaron los minerales considerados combustibles, incluido el uranio, y se adicionaron los resaltados en negrillas; igualmente, se eliminaron minerales industriales como arena, grava, piedra, piedra pómez, cenizas y arcilla.</p> <p>Se excluyeron cobre, helio, plomo, fosfato, potasa, renio, plata, estroncio y uranio por ser obtenidos generalmente como subproductos.</p> <p>El listado es revisado cada tres (3) años por el Servicio Geológico de Estados Unidos.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aluminio</li> <li>2. Antimonio</li> <li>3. Arsénico</li> <li>4. Barita</li> <li>5. Berilio</li> <li>6. Bismuto</li> <li>7. Cerio (REE)</li> <li>8. Cesio</li> <li>9. Cromo</li> <li>10. Cobalto</li> <li>11. <b>Disproσιο</b></li> <li>12. <b>Erbio</b></li> <li>13. <b>Europio</b></li> <li>14. <b>Fluorospato</b></li> <li>15. Gadolinio (REE)</li> <li>16. Galio</li> <li>17. Germanio</li> <li>18. Grafito</li> <li>19. Hafnio</li> <li>20. <b>Holmio</b></li> <li>21. Indio</li> <li>22. Iridio (Grupo del Platino)</li> <li>23. Lantano (REE)</li> <li>24. Litio</li> <li>25. <b>Lutecio</b></li> <li>26. Magnesio</li> <li>27. Manganeso</li> <li>28. Neodimio (REE)</li> <li>29. <b>Níquel</b></li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>30. <b>Niobio</b></li> <li>31. Paladio (Grupo del Platino)</li> <li>32. Platino (Grupo del Platino)</li> <li>33. Praseodimio (REE)</li> <li>34. Rodio (Grupo del Platino)</li> <li>35. Rubidio</li> <li>36. Rutenio (Grupo del Platino)</li> <li>37. Samario (REE)</li> <li>38. Escandio</li> <li>39. Tantalio</li> <li>40. Telurio</li> <li>41. <b>Terbio</b></li> <li>42. <b>Tulio</b></li> <li>43. Estaño</li> <li>44. Titanio</li> <li>45. Tungsteno</li> <li>46. Vanadio</li> <li>47. <b>Iterbio</b></li> <li>48. <b>Itrio</b></li> <li>49. <b>Zinc</b></li> <li>50. Zirconio</li> </ol>

<sup>10</sup> Fuentes: U.S. Geological Survey *S. Methodology and Technical Input for the 2021 Review and Revision of the U.S. Critical Minerals List*. En: <https://pubs.usgs.gov/of/2021/1045/ofr20211045.pdf>  
IEA. *Final List of Critical Minerals 2022*. En: <https://www.iea.org/policies/15271-final-list-of-critical-minerals-2022>

País	Criterios	Minerales críticos (Mc) o estratégicos (Me)	
<p><b>Canadá:</b> Proyecta establecer <b>31</b> minerales críticos<sup>11</sup></p>	<p>Sometió a consulta pública el documento <i>Canada's critical minerals strategy: Discussion paper: OPPORTUNITIES FROM EXPLORATION TO RECYCLING: Powering the green and digital economy for Canada and the world</i> hasta el 15 de septiembre de 2022; proyecta publicar el documento a finales del año 2022</p> <p>Señala algunas de las características de los minerales críticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tienen pocos o ningún sustituto,</li> <li>Son productos básicos estratégicos y algo limitados, y</li> <li>Están cada vez más concentrados en términos de extracción y, aún más, en términos de ubicación de procesamiento.</li> </ul> <p>Los minerales críticos son los componentes básicos de la economía verde y digital.</p> <p>Canadá considera que un mineral es crítico, si:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Es esencial para la seguridad económica de Canadá y su suministro está amenazado; o</li> <li>Es necesario para la transición de Canadá a una economía baja en carbono; o</li> <li>Es una fuente sostenible de minerales críticos altamente estratégicos para sus socios y aliados.</li> </ul> <p>La lista debe ser revisada cada tres (3) años.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Aluminio</li> <li>Antimonio</li> <li>Bismuto</li> <li>Cesio</li> <li>Cromo</li> <li>Cobalto</li> <li>Cobre</li> <li>Fluorospato</li> <li>Galio</li> <li>Germanio</li> <li>Grafito</li> <li>Helio</li> <li>Indio</li> <li>Litio</li> <li>Magnesio</li> <li>Manganeso</li> <li>Molibdeno</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Níquel</li> <li>Niobio</li> <li>Metales del grupo del Platino</li> <li>Potasio</li> <li>Elementos de tierras raras</li> <li>Escandio</li> <li>Tantalio</li> <li>Telurio</li> <li>Estaño</li> <li>Titanio</li> <li>Tungsteno</li> <li>Uranio</li> <li>Vanadio</li> <li>Zinc</li> </ol>
<p><b>Unión Europea (2020)<sup>12</sup>: 30</b> materias primas críticas</p>	<p>Materias primas críticas por su gran importancia para la economía de la Unión Europea y de alto riesgo en cuanto a su suministro.</p> <p>Se centran en la competitividad industrial del sector de energías limpias.</p> <p>Se añaden a la lista por primera vez bauxita, litio, titanio y estroncio.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Antimonio</li> <li>Barita</li> <li>Berilio</li> <li>Bismuto</li> <li>Borato</li> <li>Cobalto</li> <li>Carbón metálico</li> <li>Fluorospato</li> <li>Galio</li> <li>Germanio</li> <li>Hafnio</li> <li>Elementos de tierras raras pesados</li> <li>Elementos de tierras raras livianos</li> <li>Indio</li> <li>Magnesio</li> <li>Grafito natural</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Caucho natural (Natural rubber)</li> <li>Niobio</li> <li>Metales del grupo del Platino</li> <li>Roca fosfórica</li> <li>Fósforo</li> <li>Escandio</li> <li>Metal de silicio</li> <li>Tantalio</li> <li>Tungsteno</li> <li>Vanadio</li> <li><b>Bauxita</b></li> <li><b>Litio</b></li> <li><b>Titanio</b></li> <li><b>Estroncio</b></li> </ol>

<sup>11</sup> En: <https://www.canada.ca/en/campaign/critical-minerals-in-canada/canada-critical-minerals-strategy-discussion-paper.html>  
Natural Resources Canada. En: <https://www.nrcan.gc.ca/our-natural-resources/minerals-mining/critical-minerals/23414>

<sup>12</sup> En: [https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en)

País	Criterios	Minerales críticos (Mc) o estratégicos (Me)	
<b>Australia</b> (2022) <sup>13</sup> : 26 minerales críticos	<p>Para Australia, un mineral crítico es un elemento metálico o no metálico que tiene dos características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Es esencial para el funcionamiento de las tecnologías modernas, economías o seguridad nacional y</li> <li>Existe el riesgo de que sus cadenas de suministro se interrumpan.</li> </ul> <p>Los minerales críticos fueron seleccionados mediante la evaluación del potencial geológico y el potencial de Australia para las necesidades tecnológicas globales, particularmente las de países socios como Estados Unidos, Reino Unido, Japón, India, Corea del Sur y Canadá.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Alúmina de alta pureza</li> <li>Antimonio</li> <li>Berilio</li> <li>Bismuto</li> <li>Cromo</li> <li>Cobalto</li> <li>Galio</li> <li>Germanio</li> <li>Grafito</li> <li>Hafnio</li> <li>Helio</li> <li>Indio</li> <li>Litio</li> <li>Magnesio</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Manganeso</li> <li>Niobio</li> <li>Elementos del Grupo del Platino</li> <li>Elementos de tierras raras</li> <li>Renio</li> <li>Escandio</li> <li>Silicio</li> <li>Tantalio</li> <li>Titanio</li> <li>Tungsteno</li> <li>Vanadio</li> <li>Circonio</li> </ol>
<b>India</b> (2016) <sup>14</sup> : 25 minerales críticos	<p>Un mineral es crítico para la India por su importancia económica, importancia para el futuro económico y riesgo de suministro (dependencia de importaciones, riesgo geopolítico, sustitutos, reciclaje).</p>	<p>Minerales estratégicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Cobalto</li> <li>Molibdeno</li> <li>Mineral de níquel</li> <li>Elementos de tierras raras</li> <li>Estaño</li> <li>Minerales de titanio</li> <li>Tungsteno</li> <li>Vanadio</li> </ol> <p>Minerales críticos:</p> <p>Alta importancia económica y alto riesgo de suministro (más críticos):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Renio</li> <li>Berilio</li> <li>Tierras raras pesadas</li> <li>Germanio</li> <li>Grafito</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Tantalio</li> <li>Circonio</li> <li>Cromo</li> <li>Caliza</li> <li>Niobio</li> <li>Tierras raras livianas</li> <li>Silicio</li> <li>Estroncio</li> </ol> <p>Baja importancia económica y alto riesgo de suministro: (moderadamente críticos):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Fosfatos</li> <li>Potasio</li> <li>Barita</li> <li>Fluorita</li> <li>Wolframio</li> <li>Yeso</li> <li>Cobalto</li> <li>Molibdeno</li> <li>Litio</li> <li>Boro</li> <li>Antimonio</li> <li>Bismuto</li> </ol>
<b>Brasil</b> (2021) <sup>15</sup> : 27 minerales estratégicos	<p>Mediante Decreto No. 10.657 / 21, el gobierno de Brasil estableció la Política Estratégica Pro-Mineral, y como parte de la misma, creó la Comisión Interministerial de Análisis de Proyectos Estratégicos Minerales (CTAPME) que tiene, entre otras funciones, establecer el listado de minerales estratégicos para el país.</p>	<p>Minerales de los cuales Brasil depende de importaciones en alto porcentaje para el abastecimiento de sectores vitales de la economía:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Azufre</li> <li>Mineral de fosfato</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Níquel</li> <li>Silicio</li> <li>Talio</li> <li>Tantalio</li> <li>Tierras raras</li> <li>Titanio</li> <li>Tungsteno</li> <li>Uranio</li> <li>Vanadio</li> </ol>

<sup>13</sup> *Critical Minerals at Geoscience* Australia. En: <https://www.ga.gov.au/scientific-topics/minerals/critical-minerals>

<sup>14</sup> *Department of Science & Technology, Government of India*. VAIBHAV GUPTA, TIRTHA BISWAS, AND KARTHIK GANESAN. *Critical Non-Fuel Mineral Resources for India's Manufacturing Sector: A Vision for 2030*. Minerales estratégicos en: *Inventario minero nacional (2015)*. En: <https://www.ceew.in/publications/critical-non-fuel-mineral-resources-indias-manufacturing-sector>

<sup>15</sup> En: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-avanca-na-implementacao-da-politica-pro-minerais-estrategicos/Resoluon02SGM.pdf>

País	Criterios	Minerales críticos (Mc) o estratégicos (Me)	
	<p>Dicha Comisión, mediante la Resolución No. 2 del 18 de junio de 2021, definió el listado de minerales estratégicos para Brasil, de acuerdo con los criterios establecidos en el art. 2 del Decreto No. 10.657 de 2021.</p>	<p>3. Mineral de potasio 4. Mineral de molibdeno</p> <p>Minerales que son importantes para su aplicación en productos y procesos de alta tecnología:</p> <p>5. Cobalto 6. Cobre 7. Estaño 8. Grafito 9. Minerales del grupo del platino 10. Litio 11. Niobio</p>	<p>Minerales en los que se tienen ventajas comparativas y que son esenciales para la economía al generar un superávit en la balanza comercial del país:</p> <p>21. Aluminio 22. Cobre 23. Hierro 24. Grafito 25. Oro 26. Manganeso 27. Niobio 28. Uranio</p>
<p><b>Japón</b> (2019)<sup>16</sup>: Se centra principalmente en tierras raras. <b>32</b> minerales críticos y <b>2</b> grupos de minerales</p>	<p>Su Nueva Estrategia Internacional de Recursos (2020) se centra en generar un plan de acción para asegurar el suministro de los minerales de tierras raras para la competitividad industrial, al considerar la creciente importancia de los minerales críticos para los vehículos eléctricos y los equipos para la generación de energías renovables como parte de los esfuerzos del país para reducir las emisiones de carbono.</p> <p>No se programa realizar evaluaciones periódicas el listado.</p> <p>Hacen parte de la estrategia para asegurar el suministro: inversión en proyectos mineros en el exterior; acopio de 7 minerales estratégicos para asegurar suministro a corto plazo (180 días de consumo doméstico); fomento de investigación y desarrollo en sustitutos y tecnologías de reciclaje.</p>	<p>1. Carbono 2. Flúor 3. Talio 4. Bario 5. Molibdeno 6. Níquel 7. Selenio 8. Metal de silicio 9. Boro 10. Antimonio 11. Berilio 12. Bismuto 13. Cobalto 14. Galio 15. Germanio 16. Hafnio 17. Indio 18. Litio 19. Magnesio 20. Niobio</p>	<p>21. Estroncio 22. Tantalio 23. Titanio 24. Tungsteno 25. Vanadio 26. Metales del Grupo del Platino 27. Elementos de tierras raras 28. Cesio 29. Cromo 30. Manganeso 31. Rubidio 32. Renio 33. Telurio 34. Zirconio</p>

Fuente: Construcción propia a partir de datos publicados en los enlaces referenciados.

Estos minerales críticos y estratégicos resultan ser un referente para el análisis del tema en nuestro país, ya que muestran la tendencia global en apuntar hacia la disponibilidad y confiabilidad del suministro de los minerales requeridos para la transición energética, la seguridad alimentaria y el desarrollo industrial; así, los países definen los criterios que se adecúan a la realidad de su disponibilidad de recursos, desarrollo tecnológico y políticas e intereses nacionales.

<sup>16</sup> NAKANO, Jane. *CSIS Energy Security and Climate Change Program*. En: <https://www.csis.org/analysis/geopolitics-critical-minerals-supply-chains>

#### **4. Propuesta de lineamientos para establecer los minerales estratégicos para Colombia**

A continuación, se relacionan y desarrollan los lineamientos propuestos para la definición del listado de minerales estratégicos para el país:

##### **4.1 Soberanía del Estado colombiano sobre los recursos minerales de propiedad estatal**

Las propuestas del Gobierno Nacional en materia de política para el sector minero, que se espera sean plasmadas en el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 apuntan, entre otros objetivos, hacia una economía productiva, que asegure buenas prácticas técnicas, ambientales y sociales, y que permita el aprovechamiento de los recursos minerales desde su extracción hasta su beneficio y procesamiento, incluida la refinación de los minerales metálicos, buscando que el recurso minero del país sea aprovechado para el consumo interno como productos terminados y la exportación de bienes con valor agregado, y genere beneficios reales a las comunidades asentadas en las zonas donde se desarrollan los proyectos mineros, y en general para todos los habitantes del país.

El concepto de soberanía que subyace este propósito, busca igualmente que el país disponga de los minerales que se requiere para la implementación de las acciones encaminadas a la transición energética, la seguridad alimentaria, el desarrollo de la industria asociada a dicha transición, la infraestructura necesaria para mejorar la competitividad del país y el mejoramiento de la calidad de vida de los colombianos; bajo este contexto, resulta relevante que el país amplíe la generación de conocimiento geológico minero para los minerales estratégicos que se establezcan, para caracterizar el potencial minero existente en el territorio nacional.

Se busca que la exploración, extracción, beneficio y transformación de los recursos minerales de los colombianos redunde en el desarrollo de encadenamientos productivos, e impacte efectivamente en el corto y mediano plazo el índice de necesidades básicas insatisfechas de las regiones donde se desarrollan los proyectos mineros, gracias a la focalización de los esfuerzos y recursos hacia la identificación, valoración y aprovechamiento del potencial de minerales estratégicos para el desarrollo del país.

Estos lineamientos se orientan entonces a disponer de los minerales estratégicos necesarios para que el país acelere la transición energética para incrementar la generación de energías a partir de fuentes limpias (eólica, solar, hidrógeno verde, geotermia, entre otras). Es pertinente considerar que Colombia se comprometió a disminuir sus emisiones de gases de efecto invernadero - GEI en un 51 por ciento al 2030, con la meta de lograr la carbono neutralidad al 2050, de acuerdo con lo establecido en el artículo 5 de la Ley 2169 de 2021, *“Por medio de la cual se impulsa el desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono neutralidad y resiliencia climática y se dictan otras disposiciones”*.

##### **4.2 Existencia de ambientes geológicos favorables y priorización de la investigación**

Este criterio es similar al considerado por la UPME en su metodología - *Disponibilidad del recurso*; sin embargo, ha sido ajustado teniendo en cuenta que para todos los minerales no se tiene el mismo nivel de conocimiento geocientífico que permita confirmar la existencia de recursos minerales con ese grado de conocimiento.

De otra parte, las prioridades en el establecimiento de los minerales estratégicos para el país se centran en la implementación de acciones para la búsqueda de una economía baja en carbono que permita modificar la matriz energética hacia formas de producción de energías limpias, reduciendo la dependencia de fuentes de generación térmica a partir de carbón y gas natural, proceso para el cual se requiere disponer del conocimiento geocientífico sobre la existencia de potencial para los minerales que deben soportar los requerimientos que un proceso como el señalado, van a demandar en el mediano plazo, y de un desarrollo industrial focalizado en la producción de los insumos que son necesarios para facilitar y garantizar la implementación de las políticas públicas previstas en materia de modificación de la matriz energética hacia fuentes de generación de energías limpias no convencionales.

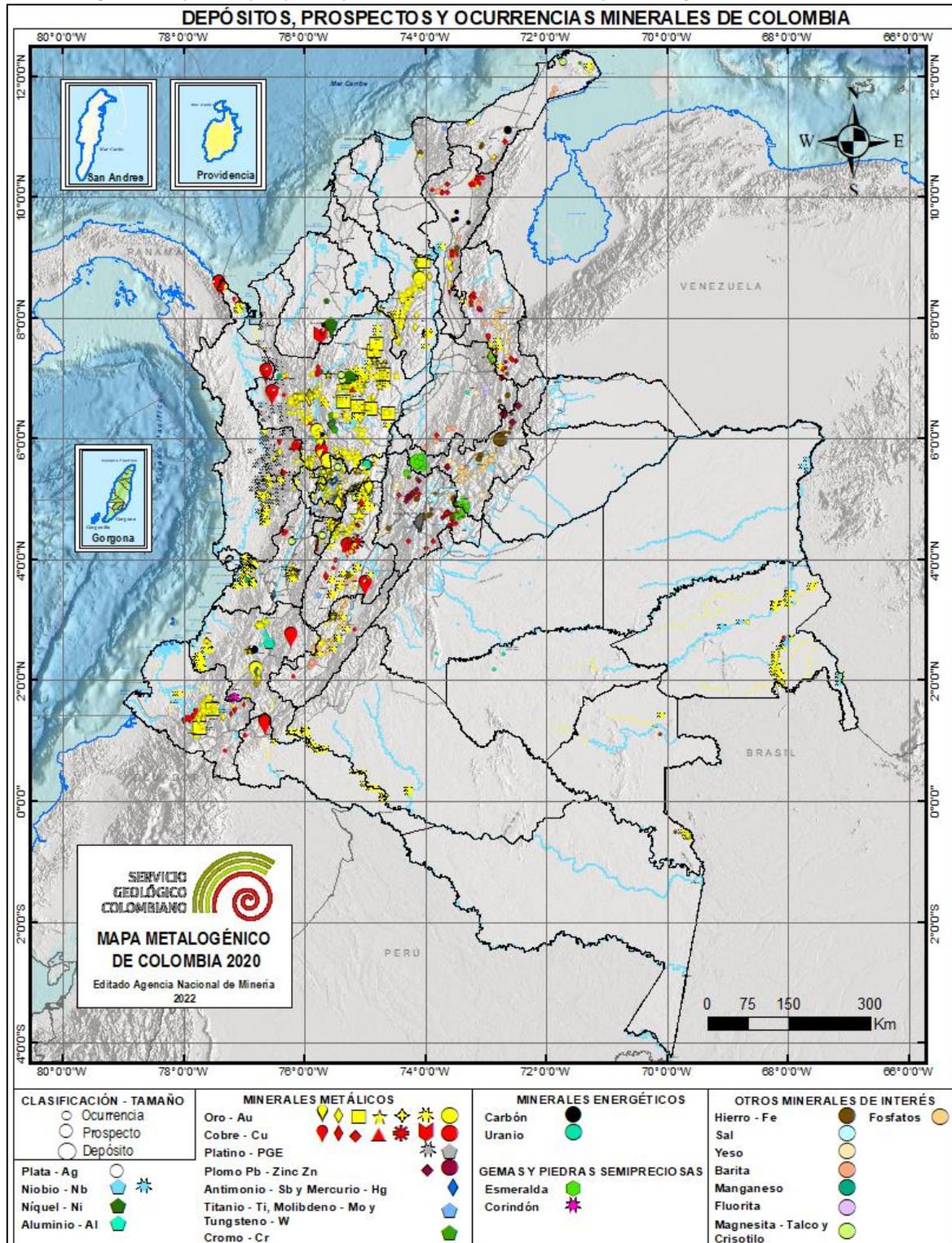
En consecuencia, es necesario asegurar la disponibilidad de información geocientífica y de acciones de promoción del aprovechamiento del potencial minero que permita determinar la existencia o presencia en el territorio nacional de los minerales necesarios para asegurar la soberanía y seguridad alimentaria, de tal forma que las acciones conjuntas de explotación, beneficio, transformación y aprovechamiento de los recursos minerales disponibles permitan en el mediano y largo plazo el mejoramiento de las condiciones de vida de los colombianos.

El Mapa Metalogénico de Colombia (MMC, Versión 2020), última edición elaborada por la Dirección de Recursos Minerales (DRM) del Servicio Geológico Colombiano (SGC), localiza y describe los depósitos, prospectos y ocurrencias minerales asociadas a investigaciones de la geología económica del país. El mapa se promociona como una herramienta útil para la toma de decisiones en el marco del ordenamiento territorial, la enseñanza e investigación geológica - minera y el estudio del potencial mineral de la nación. No es una cartografía de recursos minerales o un inventario minero y, según la entidad geocientífica, se debe entender como la presentación de información generalizada de la geología y la tectónica de Colombia, atendiendo a la relevancia de los procesos geológicos involucrados en la formación de los depósitos minerales.

De acuerdo con Sepúlveda, et al. (2020), un depósito es un área donde se ubican concentraciones naturales de sustancias minerales útiles, las cuales, bajo circunstancias favorables, pueden ser extraídas con rendimientos económicos; estos agrupan prospectos y ocurrencias.

Un prospecto es un área donde se ubican anomalías minerales que han merecido estudios geológicos en etapas iniciales de investigación, con el fin de determinar su valor económico. Una ocurrencia es un área donde se presenta un indicio o manifestación mineral de interés geológico que ha sido objeto de medidas y/o muestreos limitados, donde los datos no permiten interpretar con certeza la continuidad de la mineralización (López, et al. 2018).

Figura 2. Depósitos, prospectos y ocurrencias minerales en el Mapa Metalogénico de Colombia 2020



Fuente: Dirección de Recursos Minerales (DRM) del Servicio Geológico Colombiano (SGC).

El Mapa Metalogénico de Colombia (2020) infiere los ambientes de mineralización y procesos de formación que dieron origen a depósitos minerales metálicos, energéticos e industriales, además de

gemas y piedras semipreciosas. El mapa contiene 6.524 registros de depósitos, ocurrencias y prospectos de veintinueve (29) minerales y compuestos químicos: Oro (Au), Cobre (Cu), Platino (PGE), Plata (Ag), Plomo (Pb), Zinc (Zn), Antimonio (Sb), Mercurio (Hg), Niobio (Nb), Níquel (Ni), Titanio (Ti), Molibdeno (Mo), Tungsteno (W), Cromo (Cr), Aluminio (Al), Esmeralda, Corindón, Carbón, Uranio (U), Hierro (Fe), Sal, Yeso, Barita, Manganeso (Mn), Fluorita, Magnesita, Talco, Crisotilo y Fosfatos.

A continuación, se presenta la información disponible para los principales minerales en el Mapa Metalogénico de Colombia (2020), incluyendo los tipos de depósito mineral que el SGC ha identificado pueden presentarse en el país para cada uno de ellos:

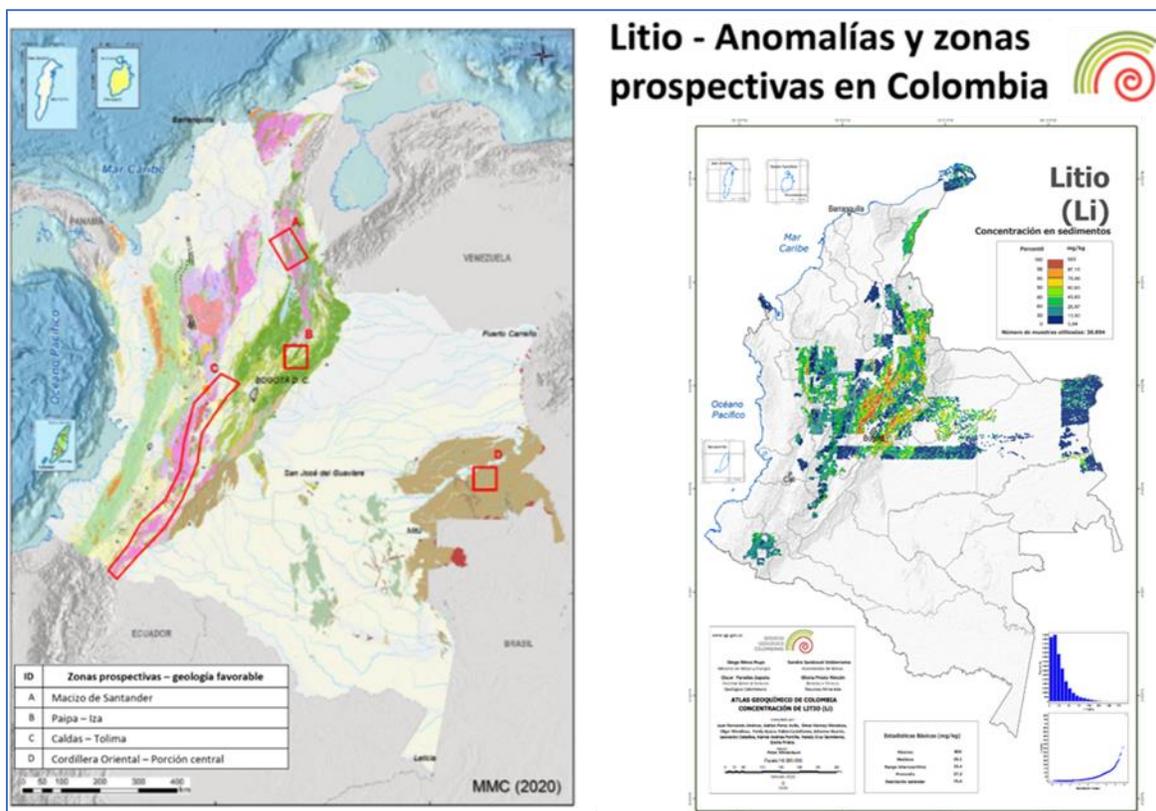
#### 4.2.1 Minerales para la transición energética

##### Litio (Li)

Si bien el Mapa Metalogénico de Colombia no contiene información sobre ocurrencias o manifestaciones de minerales de Litio, de acuerdo con el SGC, en el país pueden existir depósitos de tipo salmuera propios de ambientes geológicos de rocas sedimentarias de cuencas marinas lacustres, y depósitos de pegmatitas de tipo LCT (Li, Cs, Ta).

El SGC ha identificado las siguientes anomalías y zonas prospectivas en Colombia:

**Figura 3.** Anomalías y zonas prospectivas para Litio en Colombia



Fuente: Editado y tomado de presentación de octubre de 2022 “Avance en Potencial de Minerales para Transición Energética en Colombia” (informe en construcción) de la Dirección de Recursos Minerales (DRM) del Servicio Geológico Colombiano (SGC).

## Cobre (Cu)

De acuerdo con el Mapa Metalogénico de Colombia (SGC; 2020), en Colombia se han identificado diferentes tipos de depósitos de cobre, así:

 Pórfidos de Cu (Au-Mo) en rocas ígneas asociadas a zonas de subducción o intrusiones hipoabisales calco-alcálicas del Cretácico tardío (e.g., San Matías, Córdoba), Eoceno (e.g., Pantanos-Pegadorcito y Acaandí, Chocó) y Mioceno (e.g., Nuevo Chaquiro, Cauca Medio).

 ¿Mineralizaciones epitermales? de Cu en venas, stockwork y diseminadas en rocas ígneas jurásicas (e.g., Chaparral, Tolima); rocas volcano-sedimentarias paleógenas (e.g., Carmen de Atrato, Departamento de Chocó); y dacitas porfídicas del ¿Mioceno? (e.g., Belén, Nariño).

 Mineralizaciones de Cu en venas y brechas hospedadas en rocas volcano-sedimentarias jurásicas (e.g., Fm La Quinta, La Guajira y Fm Guatapurí, SNSM-Cesar) y masivas en rocas sedimentarias cretácicas (e.g., formaciones Rosablanca, La Paja, Fómeque Furatena y Capotes; Boyacá y Cundinamarca).

 Sulfuros Masivos Vulcano-génicos (Volcanogenic Massive sulfides - VMS) hospedados en secuencias volcánicas máficas y sedimentarias marinas deformadas del Cretácico (e.g., El Roble, Chocó).

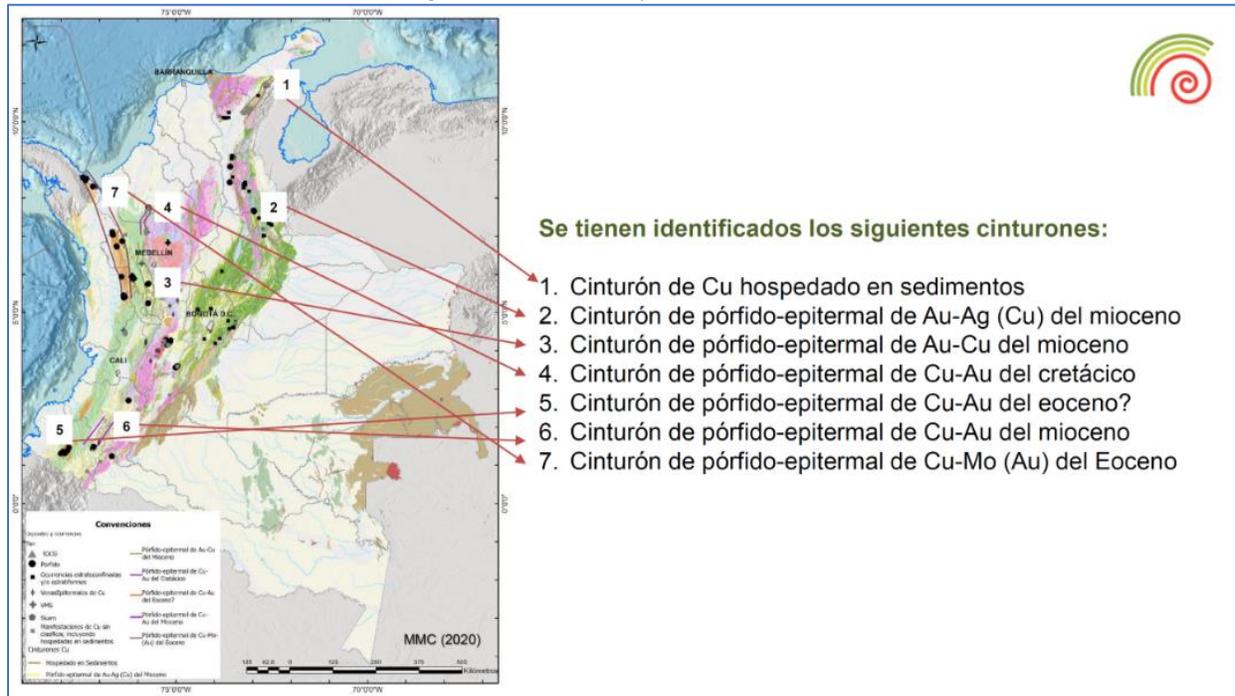
 Skarn de Cu-Au (Mo-Sn-W) hospedado en rocas sedimentarias calcáreas triásicas afectadas por metamorfismo de contacto (e.g., Mina Vieja, Tolima) intruidas por rocas ígneas jurásicas con alto contenido de K.

 Depósitos de Cu (Au) tipo Óxidos de Hierro con Cobre y Oro (Iron-Oxide Copper Gold - IOCG)/reemplazamiento de carbonatos (Carbonate Replacement Deposits - CRD) asociados especialmente con pórfidos de Cu-Au de edad cretácica, y hospedados en rocas volcano-sedimentarias cretácicas tardías afectadas por metamorfismo de contacto (e.g., El Alacrán, Córdoba).

 Ocurrencias menores de vetas polimetálicas (predominancia de sulfuros y óxidos de Cu) hospedadas en monzonitas del Stock de Irra y gabros cretácicos del Complejo Ígneo de Samaná (Caldas) y en rocas volcano-sedimentarias jurásicas (Serranía de Perijá) y otras mineralizaciones de cobre sin clasificar.

El Servicio Geológico Colombiano ha identificado los siguientes cinturones cupríferos:

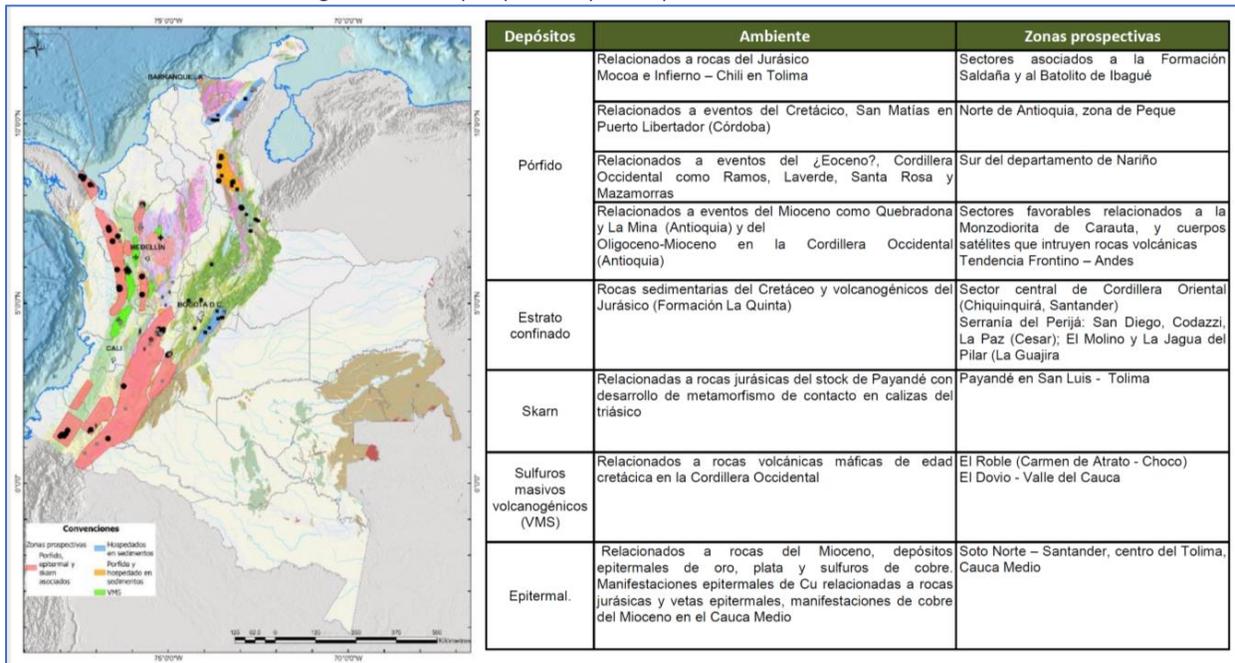
Figura 4. Cinturones cupríferos en Colombia



Fuente: Tomado de presentación de octubre de 2022 “Avance en Potencial de Minerales para Transición Energética en Colombia” (informe en construcción) de la Dirección de Recursos Minerales (DRM) del Servicio Geológico Colombiano (SGC).

Igualmente, el Servicio Geológico Colombiano ha identificado las siguientes zonas prospectivas para depósitos de cobre:

Figura 5. Zonas prospectivas para depósitos de cobre en Colombia



Fuente: Tomado de presentación de octubre de 2022 “Avance en Potencial de Minerales para Transición Energética en Colombia” (informe en construcción) de la Dirección de Recursos Minerales (DRM) del Servicio Geológico Colombiano (SGC).

## Níquel (Ni)

De acuerdo con el Mapa Metalogénico de Colombia (SGC; 2020), en Colombia se ha identificado:

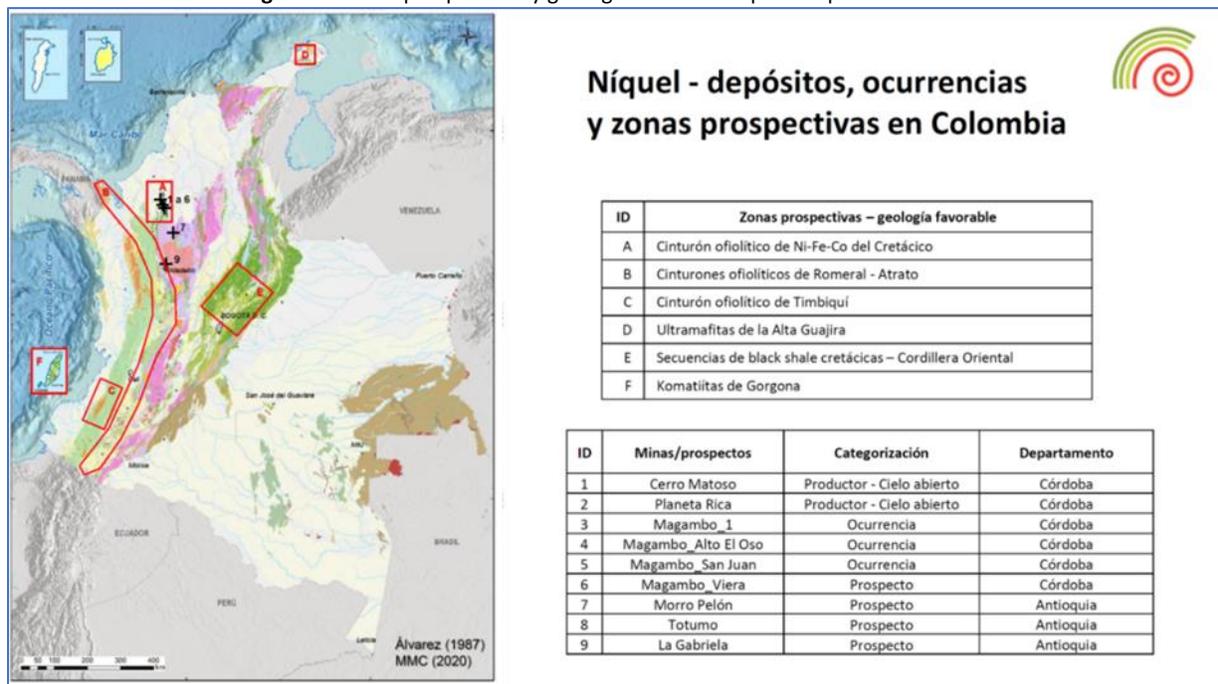
Depósitos de ferro-níquel en lateritas a partir de harzburgitas serpentinizadas, corresponden a suelos residuales a partir de rocas ultramáficas en condiciones tropicales; con desarrollo mayor en Córdoba (e.g. Cerro Matoso y Morro Pelón, Córdoba y Antioquia).

De igual forma, de acuerdo con el Servicio Geológico Colombiano, en el país pueden existir otro tipo de depósitos, así:

- Depósitos de Ni-Cu-PGE en intrusión ultra máfica de arco, propios de ambientes geológicos complejos máficos y ultramáficos estratificados intruídos por granodiorita.
- Depósitos de komatitas de Ni-Cu-PGE, propios de ambientes geológicos de secuencias de rocas máficas a félsicas con numerosos eventos volcánicos.
- Depósitos de Ni-Cu-PGE en ofiolita, que se presentan en ambientes geológicos de rocas ígneas en cinturones ofiolíticos oceánicos; y
- Depósitos de V +/- Mo +/- Ni (o +/- PGE) en black shale, propios de ambientes geológicos de rocas sedimentarias asociadas a cuencas anóxicas, reductora y sin diagenética.

El Servicio Geológico Colombiano ha identificado además las siguientes zonas prospectivas y geologías favorables para Níquel:

**Figura 6.** Zonas prospectivas y geologías favorables para Níquel en Colombia



Fuente: Tomado de presentación de octubre de 2022 “Avance en Potencial de Minerales para Transición Energética en Colombia” (informe en construcción) de la Dirección de Recursos Minerales (DRM) del Servicio Geológico Colombiano (SGC).

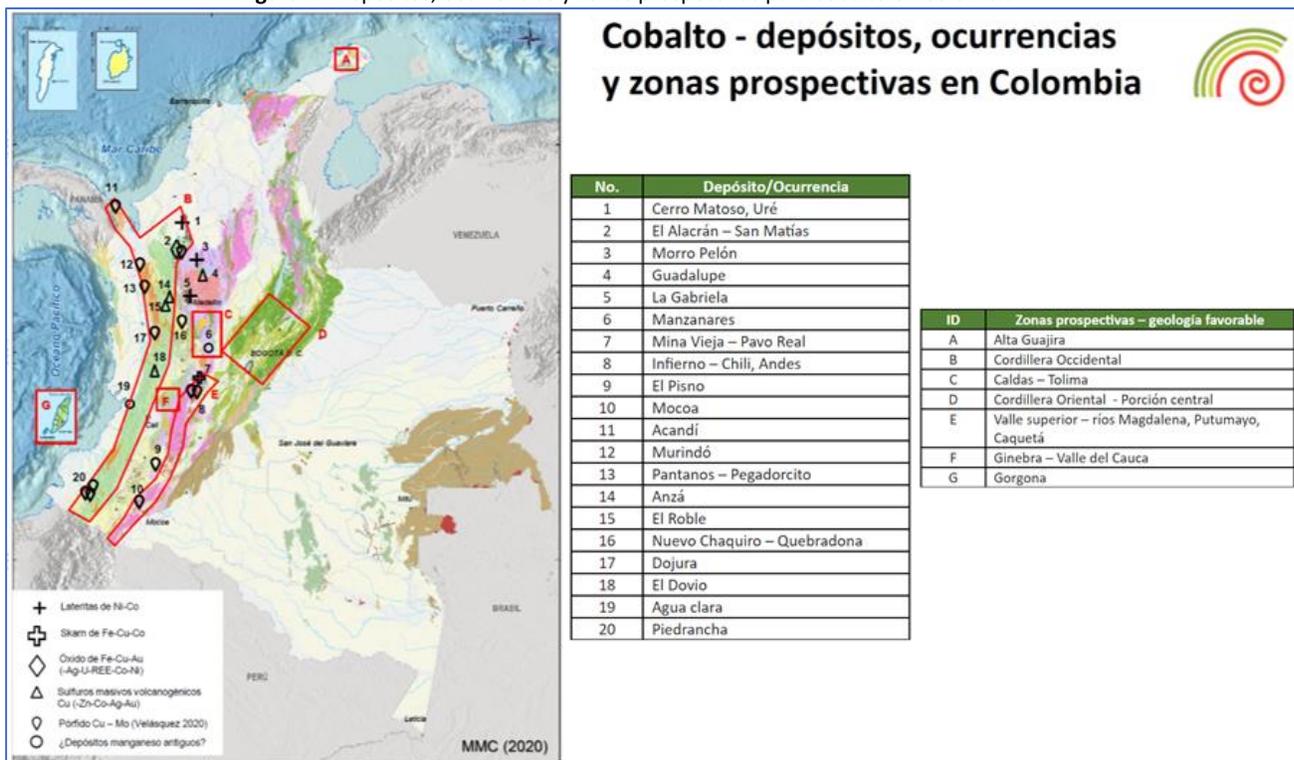
## Cobalto (Co)

Si bien el Mapa Metalogénico de Colombia no contiene información sobre ocurrencias o manifestaciones de minerales de cobalto, de acuerdo con el SGC, en el país pueden existir diferentes tipos de depósitos con contenidos de cobalto, así:

- Depósitos de Ni-Co lateríticos en ambientes geológicos de lateritas provenientes de rocas ultramáficas.
- Depósitos magmáticos – sulfuros de Ni-Cu (Co-PGE) propios de ambientes geológicos asociados a rocas ígneas máficas y ultramáficas en la margen continental activa.
- Depósitos de Ni-Cu-Zn-Co alojados en lutitas negras, asociados a ambientes geológicos caracterizados por rocas sedimentarias asociadas a cuencas anóxicas, reductoras y sin diagenética.
- Skarn de Fe-Cu-Co y depósitos de reemplazamiento alojados en rocas sedimentarias calcáreas afectadas por metamorfismo de contacto, y
- Depósitos de óxido de Fe-Cu- Ag (-Ag-U-REE-Co-Ni) asociados a rocas sedimentarias afectadas por metamorfismo de contacto.

El SGC ha identificado los siguientes depósitos, ocurrencias y zonas prospectivas para cobalto en el territorio nacional:

**Figura 7.** Depósitos, ocurrencias y zonas prospectivas para cobalto en Colombia



Fuente: Editado y tomado de presentación SGC (noviembre de 2022). Conocimiento Geocientífico sobre el Potencial de Minerales para la Transición Energética: Cobalto (informe en construcción).

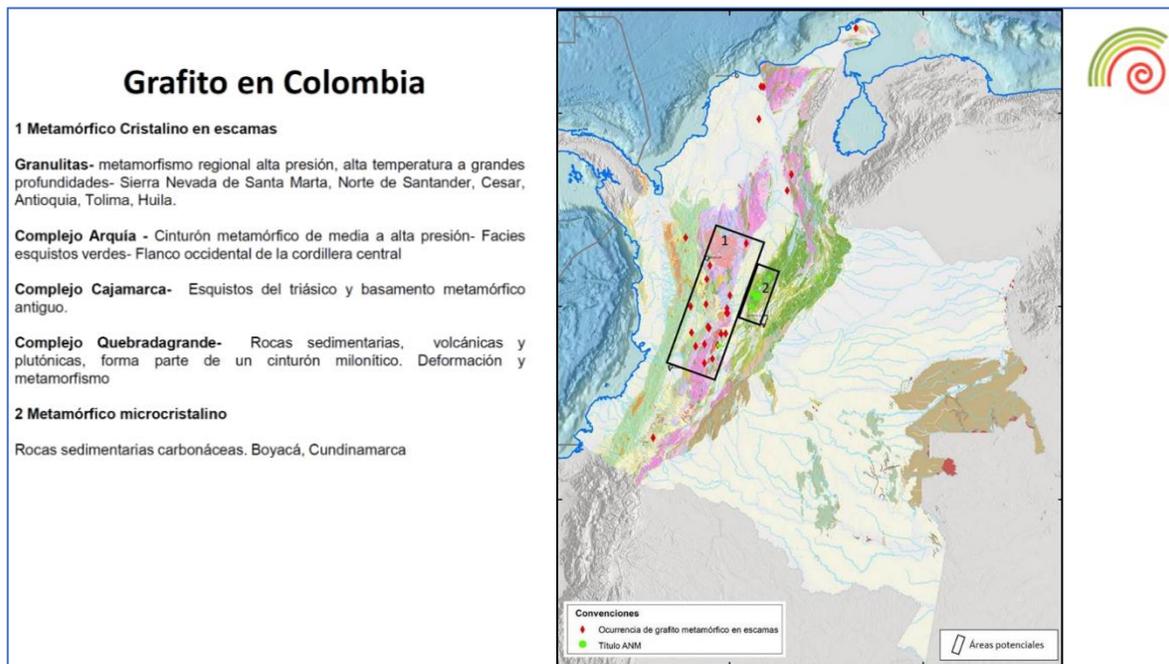
## Grafito

Si bien el Mapa Metalogénico de Colombia no contiene información sobre ocurrencias o manifestaciones de grafito, de acuerdo con el SGC, en el país pueden existir diferentes tipos de depósitos, así:

- Grafito metamórfico (microcristalino o amorfo, cristalino en escamas), asociado a ambiente depositacional, bien sea metamórfico en rocas sedimentarias carbonáceas, o a metamorfismo regional caracterizado por Facies de alta temperatura y anfibolita superior a granulita.

Adicionalmente, el SGC ha identificado las siguientes manifestaciones para grafito en el país:

**Figura 8.** Manifestaciones de grafito en Colombia



Fuente: Editado y tomado de presentación SGC (noviembre de 2022). Conocimiento Geocientífico sobre el Potencial de Minerales para la Transición Energética: Grafito (informe en construcción). SGC: Consulta bibliográfica (Tablas 7, 8, 9 y 10).

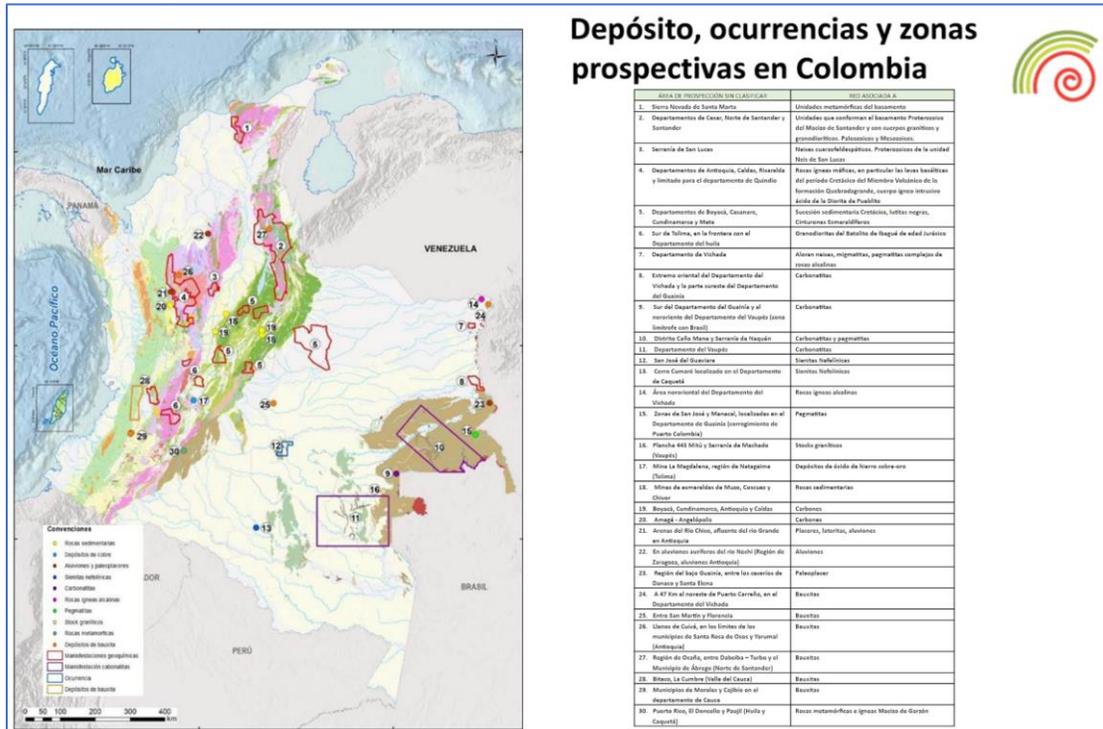
## Tierras raras (REE)

Si bien el Mapa Metalogénico de Colombia no contiene información sobre ocurrencias o manifestaciones de tierras raras, compuestas por el grupo de elementos químicos: lantano (La), cerio (Ce), praseodimio (Pr), neodimio (Nd), prometio (Pm), samario (Sm), europio (Eu), gadolinio (Gd), terbio (Tb), disprosio (Dy), holmio (Ho), erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb), lutecio (Lu), escandio (Sc) e itrio (Y); de acuerdo con el SGC, en el país pueden existir diferentes tipos de depósitos, así:

- Post colisional (carbonatitas), donde priman las tierras raras livianas.
- Intraplaca, asociado a roas ígneas Peralcalinas, donde las principales tierras raras son Cesio (Ce) y Lantano (La).
- Tipo Rift, asociado a rocas ígneas Peralcalinas, donde las principales tierras raras son Lantano, Cesio, Neodimio (Nd) y tierras raras pesadas, y
- Tipo Rift, asociado a carbonatitas, donde priman las tierras raras livianas y neodimio (Nd).

El SGC ha identificado los siguientes depósitos, ocurrencias y zonas prospectivas para tierras raras en el país:

Figura 9. Depósitos, ocurrencias y zonas prospectivas para tierras raras en Colombia



Fuente: Editado y tomado de presentación SGC (noviembre de 2022). Conocimiento Geocientífico sobre el Potencial de Minerales para la Transición Energética: Tierras raras (informe en construcción).

### Zinc (Zn)

El Mapa Metalogénico de Colombia (SGC; 2020), presenta las siguientes mineralizaciones de Plomo – Zinc:

◆ Mineralizaciones de Pb-Zn sedimentario exhalativo ¿SEDEX? /tipo Mississippi Valley ¿MVT? hospedadas en rocas sedimentarias cretácicas de la Cordillera Oriental (e.g., Grupos Villeta y Cáqueza; formaciones La Paja, Rosablanca; Cundinamarca y Boyacá).

● Otras mineralizaciones de Pb-Zn sin clasificar.

### Titanio (Ti) / Molibdeno (Mo) / Tungsteno (W)

El Mapa Metalogénico de Colombia (SGC; 2020), presenta las siguientes mineralizaciones de Titanio / Molibdeno / Tungsteno en el país:

◆ Mineralizaciones de Ti/Mo/W: Zonas bandeadas con ilmenita/magnetita y apatito en anortositas proterozoicas (e.g., Quebrada El Hierro, Sierra Nevada de Santa Marta); ocurrencias menores de molibdenita en vetas? asociada con piritita y diseminada en pegmatitas (e.g., Conejo, Puerto Inírida) y en diques aplíticos silicificados que intruyen cuarzodioritas jurásicas (e.g., Río Blanco, Tolima); ocurrencias de

wolframita asociada con bismutita en gneises paleoproterozoicos (e.g., Caño Sardinas, Guainía) y en rocas metasedimentarias mesoproterozoicas (Taraira, Vaupés).

### Niobio (Nb)

El Mapa Metalogénico de Colombia (SGC; 2020), presenta las siguientes mineralizaciones de Niobio en el país:

 Mineralizaciones de ilmenorutilo rico en Nb en vetas de cuarzo, y diseminado en diques pegmatíticos mesoproterozoicos de composición granítica (e.g., La Ceiba, Guainía).

 Ocurrencias menores de ilmenorutilo y columbita en depósitos aluviales en las cuencas de los ríos Inírida, Guainía y Negro (Guainía).

### Uranio (U)

El Mapa Metalogénico de Colombia (SGC; 2020), reporta las siguientes mineralizaciones de uranio:

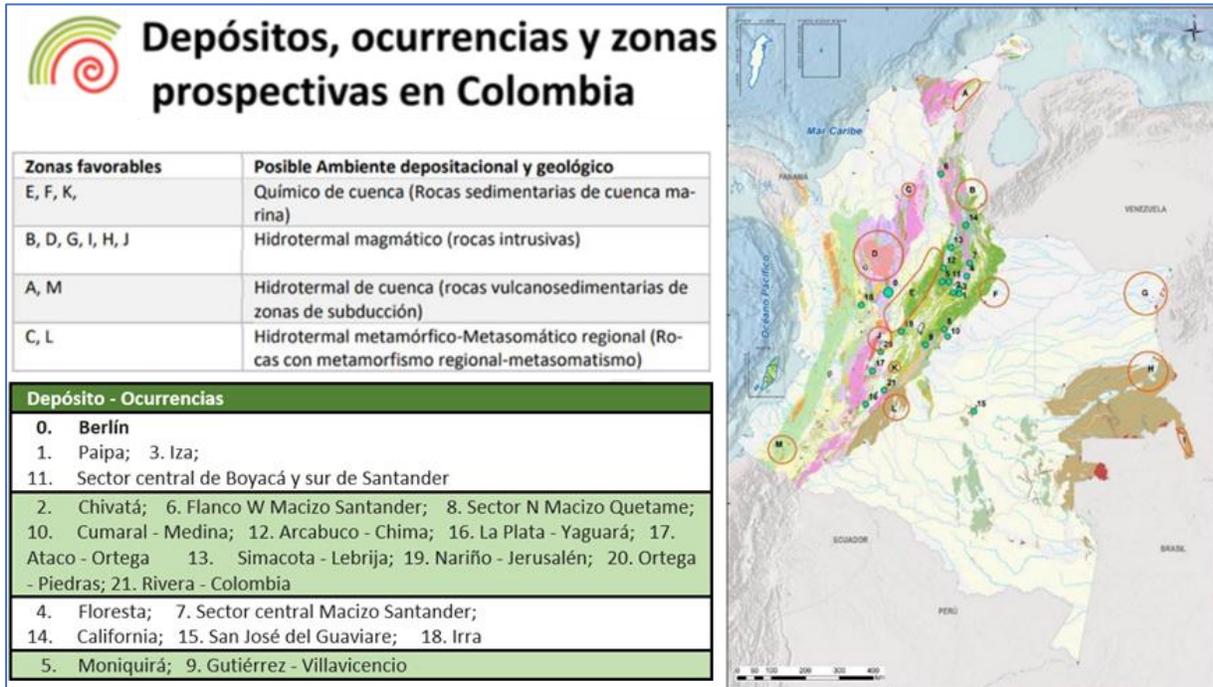
 Concentraciones anómalas de Uranio: ¿Uraninita, coffinita y tobernita en brechas asociadas con leucogranitos Jurásicos? (e.g., La Baja, Vetas-California; Santander); mineralización de U tipo Rollfront sandstone" (e.g., Zapatoca, Santander?); mineralización de uraninita y apatito asociado a inconformidad del basamento en rocas del Cretácico inferior (e.g., Berlín, Caldas); anomalías de U asociadas a intrusiones del Neoproterozoico-Cámbrico? (e.g., Sienita Nefelínica de San José del Guaviare) y el Cretácico superior (e.g., Stock de Irra, Caldas).

Adicionalmente, el Servicio Geológico Colombiano ha identificado los siguientes tipos de depósitos de uranio que pueden presentarse en el país:

- Intrusivo, asociado a ambientes geológicos de rocas ígneas asociadas a magmatismo intraplaca y zonas de subducción.
- Relacionados con granitos, en ambientes geológicos de rocas ígneas asociadas a zonas de subducción.
- Metamórfico, en ambientes geológicos de rocas metamórficas en zonas de subducción.
- Relacionados a volcanes en rocas volcánicas asociadas a zonas de subducción.
- Tipo IOCG/Brecha, asociado a ambientes geológicos de rocas sedimentarias afectadas por metamorfismo de contacto.
- Metasomático, asociado a rocas de metamorfismo regional – metasomatismo.
- Inconformidad Proterozoica, asociados a rocas sedimentarias de cuencas intraacratónicas.
- Brechas de colapso, asociados a rocas calcáreas afectadas por disolución.
- Arenisca, en ambientes geológicos de rocas sedimentarias de plataforma continental.
- Paleo conglomerados de cuarzo, asociados a rocas sedimentarias en ambientes fluviales Arqueano T – Proterozoico Temprano.
- Superficial, en ambientes geológicos de suelos y sedimentos residuales enriquecidos con uranio.
- Carbón – Lignito, asociados a rocas sedimentarias de ambientes lacustres.
- Carbonato, asociados a rocas sedimentarias de cuencas marinas.
- Fosfatos, asociados a rocas sedimentarias de cuencas marinas, y
- Shales, asociados a rocas sedimentarias de cuencas marinas.

El SGC ha identificado los siguientes depósitos, ocurrencias y zonas prospectivas para uranio en el territorio nacional:

**Figura 10.** Depósitos, ocurrencias y zonas prospectivas para uranio en Colombia



Fuente: Editado y tomado de presentación SGC (noviembre de 2022). Conocimiento Geocientífico sobre el Potencial de Minerales para la Transición Energética: Uranio (informe en construcción).

La figura 10 incluye mapa temático de zonas favorables para la ocurrencia de minerales de uranio, teniendo como base las ocurrencias previamente reportadas, los atlas geoquímico y geofísico de Colombia (distribución ternaria de K, U, Th. Las zonas favorables corresponden a los polígonos anaranjados: A. Cesar; B. Norte de Santander; C. Bolívar – Sucre; D. Antioquia; E. Cuenca Valle del Magdalena; F. Casanare; G. Vichada; H. Guainía Norte; I. Guainía Sur; J. Huila Norte; K. Huila Centro; L. Huila Sur; M. Pasto

#### 4.2.2 Minerales para la seguridad alimentaria

##### **Magnesita - Talco - Crisotilo**

El Mapa Metalogénico de Colombia (SGC; 2020), identifica las siguientes mineralizaciones para magnesita y otros minerales industriales:

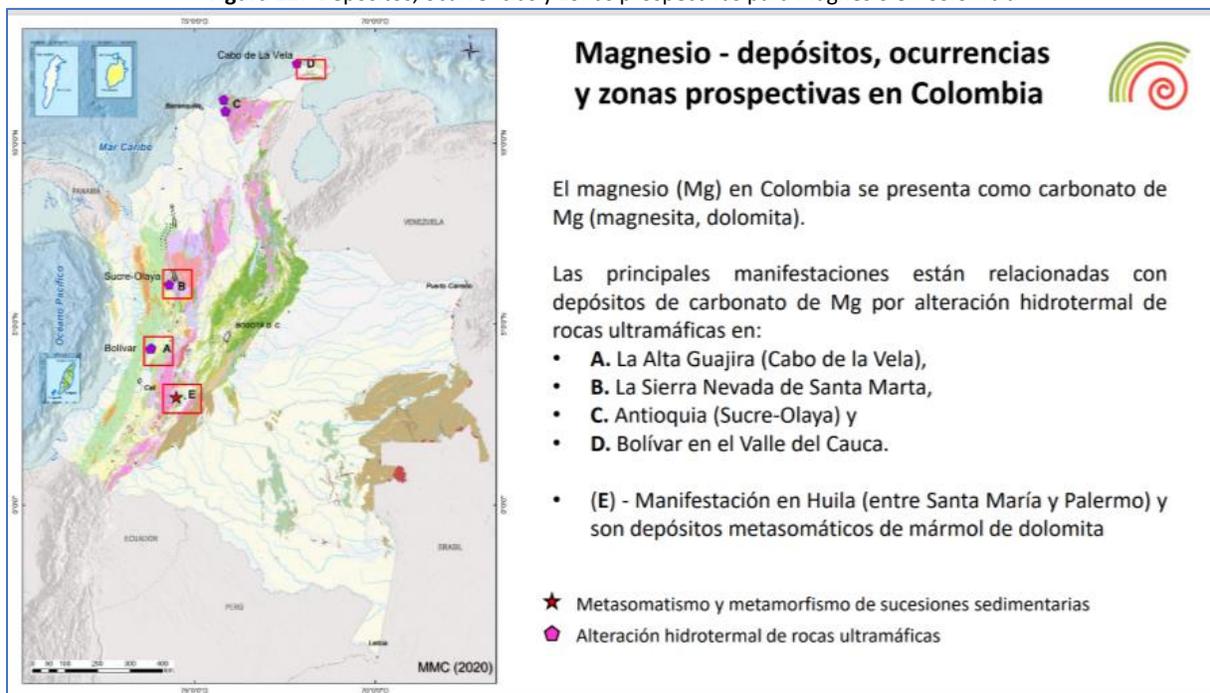
Mineralizaciones de magnesita/talco/crisotilo: vetas de magnesita/ópalo alojadas en dunitas serpentinizadas (e.g., Bolívar, Valle del Cauca); Lentes de talco mezclados con lentes de serpentinita talcosa, serpentina y con gneises augen cuarzo-feldespatos-mica (e.g., Yarumal, Antioquia); bandas irregulares de talco hacia el contacto serpentinita-dolomita (e.g., Huáttapara, La Guajira); vetas de crisotilo en serpentinitas cretácicas cizalladas (e.g., mina Las Brisas, Antioquia).

Igualmente, el Servicio Geológico Colombiano ha identificado los siguientes tipos de depósitos de magnesita que pueden presentarse en el país:

- Sedimentario-hidrotermal, en alguno de los siguientes ambientes geológicos:
  - Depósitos de carbonato de Mg por alteración hidrotermal de rocas ultramáficas; Asociaciones máficas y ultramáficas de zonas de subducción.
  - Rocas sedimentarias de cuencas epicontinentales, de margen pasivo y transicionales, Terrazas y estromatolitos con carbonatos de magnesio en lagos alcalinos.
  - Costras de carbonatos de magnesio en playa asociadas a rocas sedimentarias de cuencas epicontinentales, de margen pasivo y transicionales.
- Metamórfico y metasomático, en ambiente geológico de Metasomatismo y metamorfismo de sucesiones sedimentarias.

Adicionalmente, el Servicio Geológico Colombiano ha identificado los siguientes depósitos, ocurrencias y zonas prospectivas para magnesio en el país:

**Figura 11.** Depósitos, ocurrencias y zonas prospectivas para magnesio en Colombia



Fuente: Tomado de presentación de octubre de 2022 "Avance en Potencial de Minerales para Transición Energética en Colombia" (informe en construcción) de la Dirección de Recursos Minerales (DRM) del Servicio Geológico Colombiano (SGC).

## Fosfatos

El Mapa Metalogénico de Colombia (SGC; 2020), identifica las siguientes manifestaciones para fosfatos en el territorio nacional:

☐ Capas de roca fosfórica asociadas a rocas sedimentarias cretácicas de la Cordillera Oriental (e.g., formaciones Lidita Superior, Arenisca Dura y La Renta; Boyacá y Santander) y el Valle Superior del Magdalena (e.g., Grupo Oliní y Formación Yaguará; Tolima y Huila).

De acuerdo con el Servicio Geológico Colombiano (2022), las litofacies enriquecidas en fosfatos (roca fosfórica o fosforita y rocas fosfáticas) se encuentran en rocas sedimentarias marinas y transicionales de

edad Cretácico Tardío, las cuales se encuentran principalmente en la Cordillera Oriental y se extienden de NE a SW desde el departamento de Norte de Santander hasta el flanco sureste de la Cordillera Central en el departamento del Huila, conformando una faja de unos 700 km de largo.

Igualmente, dicha entidad señala: “Desde el punto de vista de la geología del petróleo, los fosfatos de la Cordillera Oriental estarían de NE a SW en las cuencas del Catatumbo, Cordillera Oriental, Valle Medio del Magdalena, Valle Superior del Magdalena y Caguán-Putumayo (Cediel, 2010) en los departamentos de Norte de Santander, Santander, Boyacá, Tolima y Huila, regiones seleccionadas para la prospección de este recurso mineral. Para detalles sobre la geología regional, historia de sedimentación y evolución tectono-estratigráfica, así como la nomenclatura estratigráfica de estas cuencas se insta al lector a consultar el documento *Petroleum Geology of Colombia* (Cediel, 2010).

En el extremo NE de la Cordillera Oriental (departamento de Norte de Santander, cuenca del Catatumbo) los yacimientos de fosfatos sedimentarios (fosforitas y rocas fosfáticas) se encuentran en la parte superior de la denominada “Formación La Luna” (Coniaciano-Santoniano) y en la base del Miembro Tres Esquinas (Campaniano-Maastrichtiano) de la suprayacente Formación Colón. Allí se reconocen tres principales regiones fosfáticas: Tibú-Orú-Las Mercedes, Sardinata y Sardinata-Lourdes-Gramalate (Zambrano y Mojica, 1990).

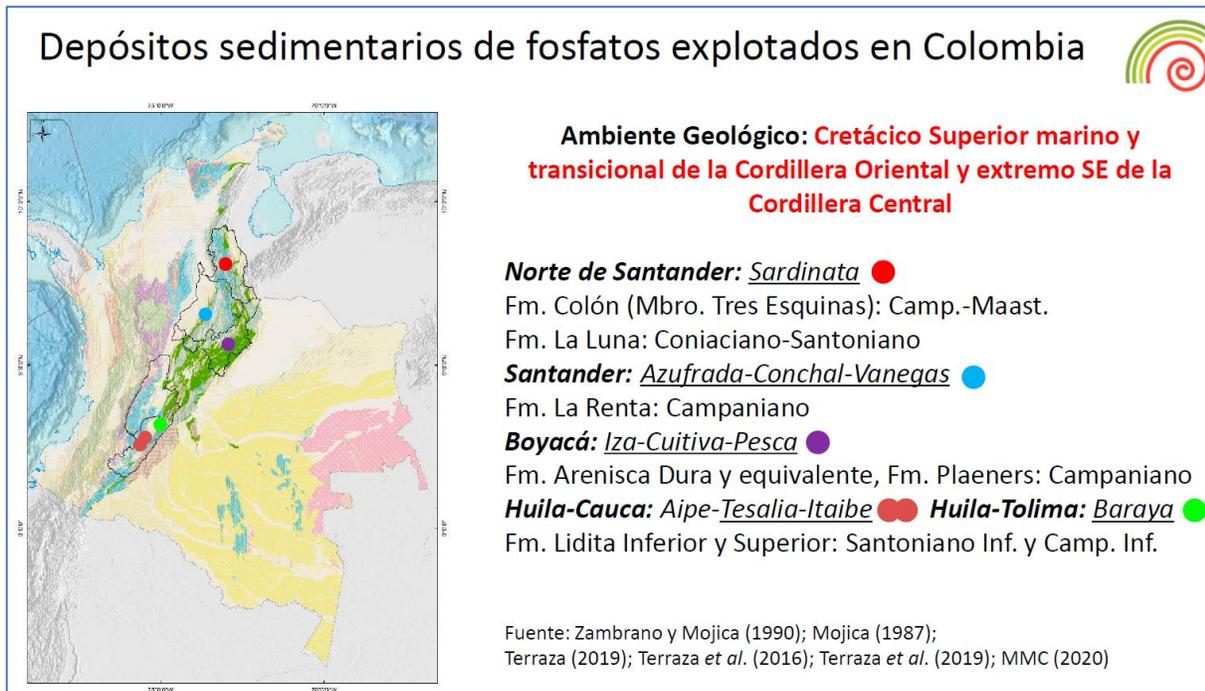
En la porción NE de la Cordillera Oriental (departamento de Santander, cuenca del Valle Medio del Magdalena) las capas de fosfatos se hallan en la base de la Formación La Renta del Campaniano, nueva unidad litoestratigráfica para el Valle Medio del Magdalena (Terraza, 2019) (...)

(...) Los yacimientos de fosfatos registrados en la parte central de la Cordillera Oriental (departamento de Boyacá, cuenca Cordillera Oriental) se encuentran principalmente en la base del Grupo Guadalupe (Formación Arenisca Dura o Formación Motavita o en una transición entre estas unidades) de edad Campaniano Temprano (Etayo-Serna, 2015; Terraza et al., 2016; Martínez et al., 2020; Terraza y Martínez, en prensa). Mojica (1987) menciona algunos de los principales depósitos en esta zona como el Sinclinal de Iza-Cuítiva-Tota, Mongua-Sinclinal Siscuencí, Sogamoso-Sinclinal El Pilar, Tunja-Sinclinal del Piranchón, Peña Negra y Sinclinal La Conejera-Pesca.

Los fosfatos económicamente explotables del sector SW de la Cordillera Oriental y flanco SE de la Cordillera Central (departamentos de Huila y Tolima, cuenca del Valle Superior del Magdalena) se asocian a las Formaciones Lidita Inferior y Lidita Superior del Grupo Olini del Santoniano Inferior y Campaniano Inferior y a la Formación Yaguará del Campaniano Superior-Maastrichtiano Inferior (Terraza et al., 2019).

Descripciones más detalladas de los yacimientos de fosfatos en Colombia se pueden consultar en el trabajo de Zambrano y Mojica (1990)”.

Figura 12. Depósitos, ocurrencias y zonas prospectivas para fosfatos en Colombia



Fuente: Tomado de presentación de octubre de 2022 “Avance en Potencial de Minerales para Transición Energética en Colombia” (informe en construcción) de la Dirección de Recursos Minerales (DRM) del Servicio Geológico Colombiano (SGC).

#### 4.2.3 Minerales para el desarrollo industrial y de la infraestructura pública

##### Hierro (Fe)

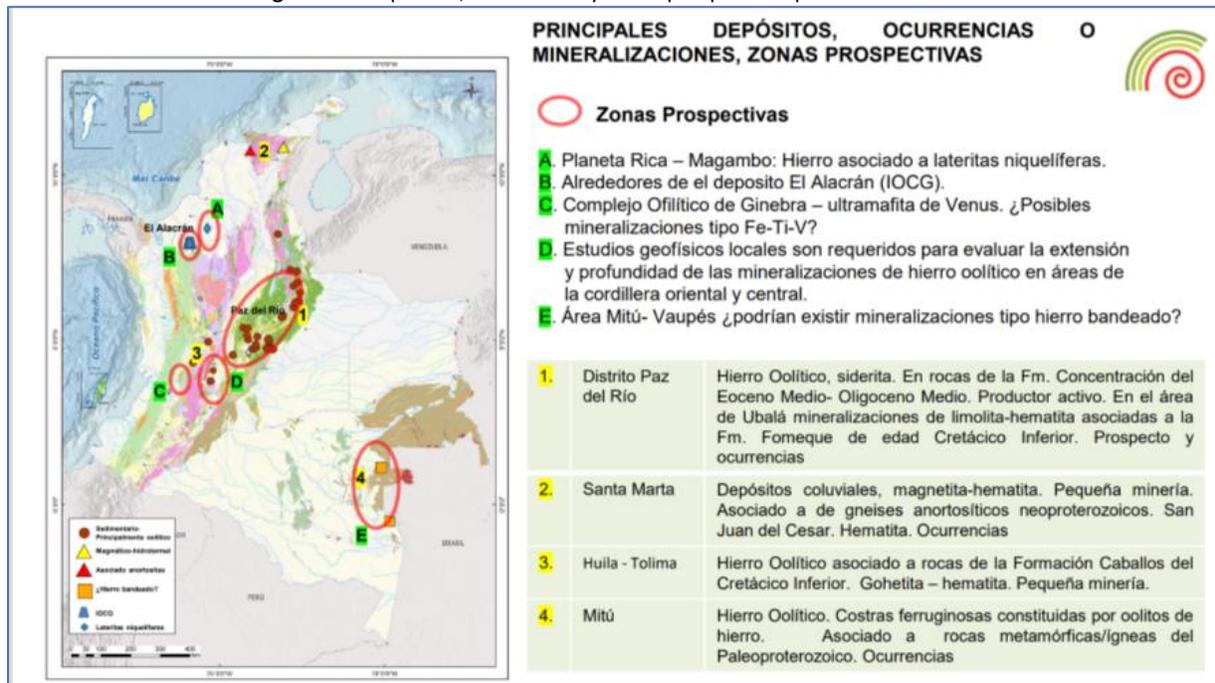
El Mapa Metalogénico de Colombia (SGC; 2020), identifica las siguientes mineralizaciones para mineral de hierro en el país:

● Mineralizaciones de Fe: hierro oolítico en areniscas arcillosas eocénicas (e.g., Paz del Río, Boyacá); óxidos de Fe a partir de siderita hidrotermal en rocas sedimentarias del Cretácico Inferior (e.g., Ubalá, Cundinamarca); Magnetita-hematita en depósitos coluviales a partir de gneises anortosíticos neoproterozoicos (e.g., Ciénaga, Magdalena, Sierra Nevada de Santa Marta); hierro residual a partir de rocas metamórficas/ígneas del Paleoproterozoico (e.g., vía Mitú-Monfort, Vaupés).

De igual forma, el Servicio Geológico Colombiano ha identificado los siguientes tipos de depósitos de mineral de hierro que pueden presentarse en el territorio nacional:

- Hierro detrítico, propio de ambiente sedimentario.
- Oolíticos, en ambientes sedimentarios.
- Fe-Ti-V, en ambiente magmático
- Skarn (Cu-Fe) en ambiente magmático – hidrotermal
- Tipo IOCG o depósitos de Óxido de hierro Cu – Au, propio de ambiente geológico magmático – hidrotermal.

**Figura 13.** Depósitos, ocurrencias y zonas prospectivas para hierro en Colombia



Fuente: Tomado de presentación de octubre de 2022 “Avance en Potencial de Minerales para Transición Energética en Colombia” (informe en construcción) de la Dirección de Recursos Minerales (DRM) del Servicio Geológico Colombiano (SGC).

### Grupo del Platino (PGE)

El Mapa Metalogénico de Colombia (SGC; 2020), reporta los siguientes depósitos de metales del grupo del platino en el país:

☒ Depósitos aluviales de Pt-(Au) en las cuencas de los ríos Atrato y San Juan y sus tributarios orientales (e.g., ríos Iró, Condoto, Tatamá, Andágueda, Neгуá, Bebaramá; Chocó).

☒ Aleaciones Pt-Fe e Ir-Os en intrusiones ultramáficas con zonación concéntrica tipo Urales-Alaska Miocénicas (e.g., Complejo Ultramáfico Zonado del Alto Condoto-CUZAC).

### Cromo (Cr)

El Mapa Metalogénico de Colombia (SGC; 2020), reporta las siguientes mineralizaciones de cromo en el país:

☒ Mineralizaciones de cromitas podiformes, lenticulares o masivas en rocas metasedimentarias del Cretácico Superior (e.g., Cerro Ororio, La Guajira), y en metaharzburgitas de secuencias ofiolíticas triásicas (e.g. Santa Elena, Antioquia).

### Aluminio (Al)

El Mapa Metalogénico de Colombia (SGC; 2020), reporta las siguientes ocurrencias de aluminio en el país:

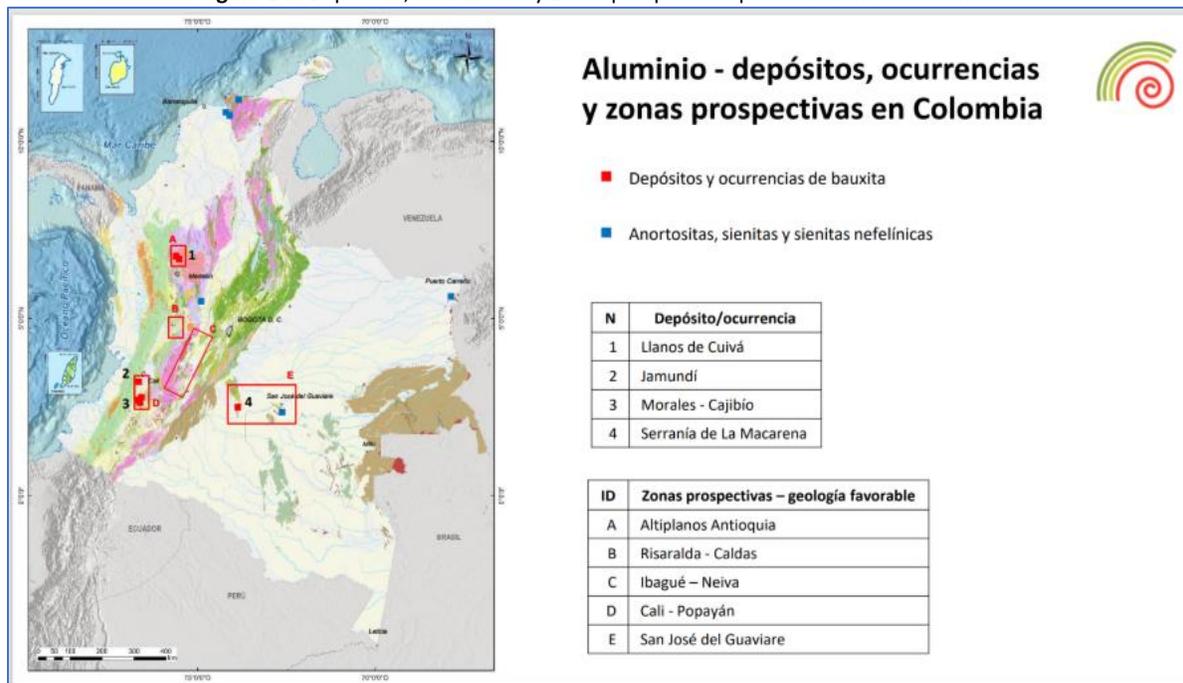
■ Ocurrencias de Al en bauxitas pisolíticas y arcillas bauxíticas residuales a partir de la meteorización de basaltos y dioritas cretácicas (e.g., Jamundí, Valle del Cauca y Yarumal, Antioquia), rocas sedimentarias del Eoceno inferior (e.g., Serranía de La Macarena, Meta), y rocas volcano-sedimentarias del Plio-Pleistoceno (e.g., Morales-Cajibío, Cauca).

Igualmente, el Servicio Geológico Colombiano ha identificado los siguientes tipos de depósito de aluminio que pueden tener ocurrencia en los ambientes geológicos presentes en el país:

- Bauxita laterítica, asociado a ambientes geológicos superficiales en zonas tropicales.
- Bauxita kárstica, asociado a ambientes geológicos superficiales en rocas carbonatadas.
- Rocas ígneas aluminicas, asociados a ambiente geológico magmático.

El Servicio Geológico Colombiano ha identificado los siguientes depósitos, ocurrencias y zonas prospectivas de aluminio en el territorio nacional:

**Figura 14.** Depósitos, ocurrencias y zonas prospectivas para aluminio en Colombia



Fuente: Tomado de presentación de octubre de 2022 “Avance en Potencial de Minerales para Transición Energética en Colombia” (informe en construcción) de la Dirección de Recursos Minerales (DRM) del Servicio Geológico Colombiano (SGC).

### 4.3 Demanda de minerales para la transición energética

Uno de los lineamientos propuestos para definir los minerales estratégicos para el país es su importancia para el desarrollo e implementación de tecnologías y procesos relacionados con la transición energética. Para cumplir los objetivos tanto de cambio climático (1,5°C - 2,0°C o inferior cada año) del Acuerdo de París, como los ODS<sup>17</sup>, en especial el objetivo N° 7: *Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna*; es necesario disminuir las emisiones de carbono y una forma de hacerlo es a través de la adopción de tecnologías de energía limpia, ya que las emisiones generadas por estas sólo representan una fracción (6%) de las emisiones generadas por las tecnologías basadas en combustibles fósiles<sup>18</sup>.

De acuerdo con el Banco Mundial<sup>19</sup>, la fabricación de las tecnologías de energía limpias implica el uso de un mayor número de minerales frente a la generación de energía basada en combustibles fósiles, lo que conducirá a nuevas oportunidades y beneficios para los países que cuenten con el recurso y la capacidad de explotación de estos minerales, por un aumento en la demanda global. De esta manera, la demanda de estos minerales para la transición energética estará determinada por el ritmo de fabricación de paneles solares, turbinas eólicas, vehículos eléctricos, redes eléctricas y baterías, entre otros, de acuerdo con las necesidades del mercado.

La Agencia Internacional de Energía - IEA<sup>20</sup> por sus siglas en inglés, ha identificado un grupo de minerales esenciales para la transición energética, entre los que se encuentran: Cobre, Litio, Níquel, Manganeseo, Cobalto, Grafito, Cromo, Molibdeno, Zinc, Tierras raras y Silicio. Así mismo, la IEA señala el aporte de estos minerales en el transporte, a través de la elaboración de vehículos eléctricos y en la generación de energía, a través del tipo de tecnología para la producción.

De esta manera, para la elaboración de los vehículos eléctricos se necesitan, entre otros, los siguientes minerales: cobre, litio, níquel, manganeso, cobalto, grafito y tierras raras. Por otro lado, para la generación de energía, el uso de minerales cambia de acuerdo con el tipo de producción y tecnología. En ese sentido, se destaca que la energía eólica fuera de costa es la que usa una mayor diversidad de minerales, entre los que se encuentran: cobre, níquel, manganeso, cromo, molibdeno, zinc y tierras raras. Las otras fuentes de generación utilizan varios de los mismos minerales mencionados anteriormente, y agregan en algunos casos otros como el silicio y el cobalto, manteniendo el cobre en todos los casos.

---

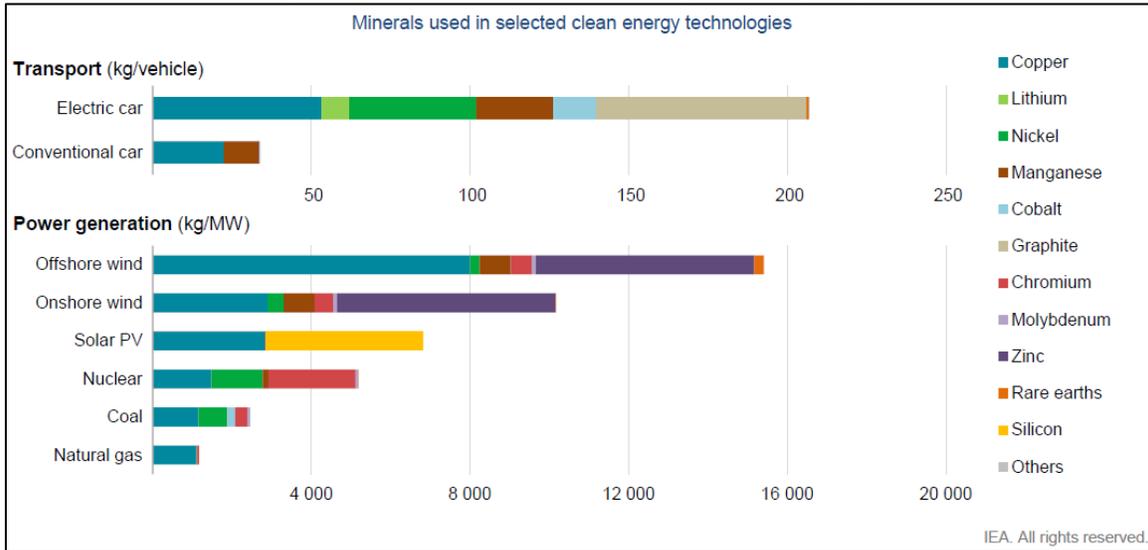
<sup>17</sup> Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas

<sup>18</sup> World Bank Group. *Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition*

<sup>19</sup> Ibid.

<sup>20</sup> *The Role of Critical World Energy Outlook Special Report Minerals in Clean Energy Transitions*

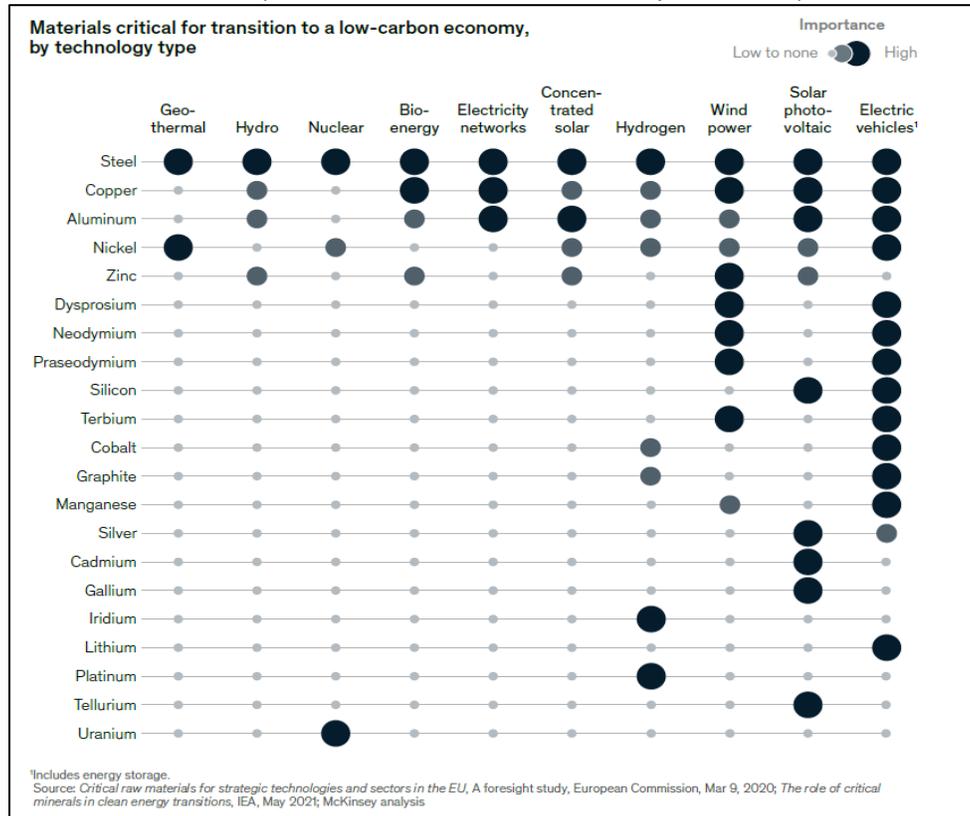
**Figura 15.** Minerales utilizados en tecnologías de energía limpia



Fuente: Tomado de la página web de la Agencia Internacional de Energía - <https://www.iea.org/>.

Un resultado similar señala McKinsey al clasificar, por orden de importancia, los minerales necesarios para el desarrollo de tecnologías de transición. Si bien McKinsey incluye la información de la IEA, también considera las materias primas críticas para tecnologías y sectores estratégicos en la Unión Europea.

**Figura 16.** Materiales críticos para la transición hacia una economía baja en carbono por clase de tecnología

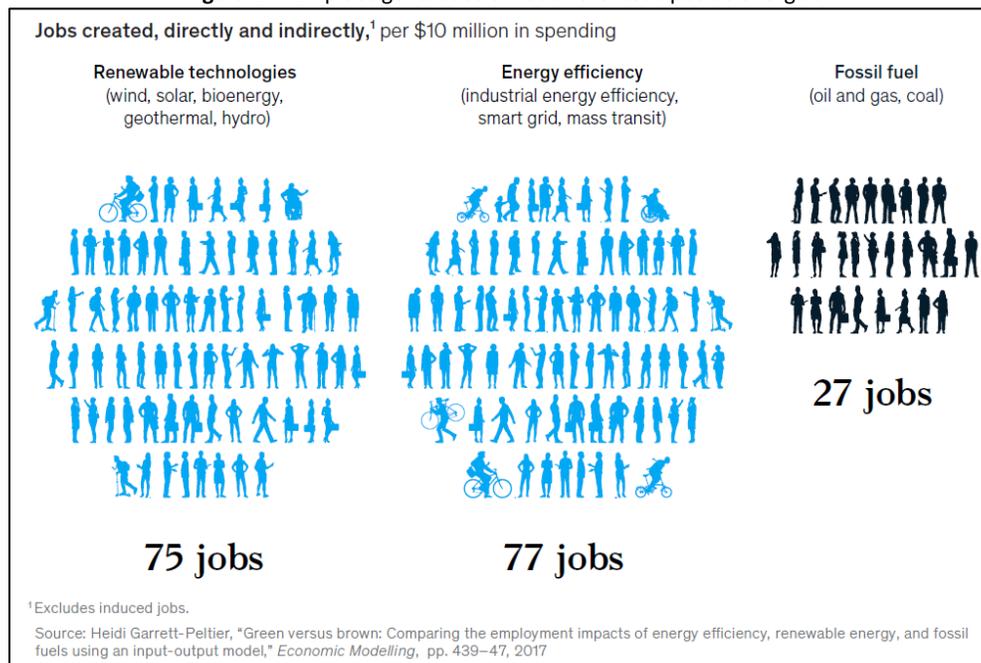


Fuente: Tomado de la página web de la Agencia Internacional de Energía - <https://www.iea.org/>.

El análisis de McKinsey resalta la importancia de minerales como el cobre, aluminio, níquel y zinc, al presentar un aporte mayor tanto en participación como en transversalidad para la construcción de diferentes tipos de infraestructura de generación de energía. Así mismo, especifica la importancia de los minerales de tierras raras (disprosio, neodimio, praseodimio, terbio) para cada tecnología y otros como: silicio, terbio, cobalto, grafito, manganeso y plata. Finalmente, se incluyen algunos minerales con menor participación transversal, pero con un importante uso específico como: cadmio, galio, iridio, litio, telurio y uranio.

La transición energética será esencial para el desarrollo de la actividad minera y de la economía en general, lo cual conllevará una mayor explotación de los minerales requeridos para este proceso. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos - OCDE<sup>21</sup> señala que, desde 2010, la cantidad de minerales necesarios para generar energía ha aumentado un 50% y un escenario neto de cero emisiones cuadruplicaría esa cantidad y representaría un mayor impacto en la generación de empleos directos e indirectos en tecnologías renovables y eficiencia energética, frente a los demandados en la industria de combustibles fósiles<sup>22</sup>.

**Figura 17.** Empleos generados en los diferentes tipos de energías



Fuente: Tomado de la página web de la Agencia Internacional de Energía - <https://www.iea.org/>.

#### 4.4 Demanda de minerales para la seguridad alimentaria

La situación actual de la población colombiana en materia de acceso a alimentos no es inmune a factores derivados del contexto internacional. El impacto del cambio climático y las situaciones de crisis económica influyen en la disponibilidad y precio de los alimentos. Así mismo, la producción agrícola y pecuaria en nuestro país presenta una alta dependencia de insumos y fertilizantes importados. Sumado a lo anterior,

<sup>21</sup> <https://www.oecd.org/coronavirus/en/data-insights/minerals-critical-to-the-energy-transition>

<sup>22</sup> McKinsey. How a post-pandemic stimulus can both create jobs and help the climate

las tensiones comerciales y las condiciones financieras derivadas de la crisis ruso - ucraniana, pusieron en mayor evidencia la vulnerabilidad de Colombia en materia de la cadena de abastecimiento de fertilizantes.

Entre otros, la roca fosfórica, los minerales de potasio, el azufre y magnesio son algunos de los principales insumos para la fabricación de fertilizantes, por lo cual, su disponibilidad y precio impactan directamente en la estructura de costos de producción de los alimentos en nuestro país.

A continuación, se incluye información de los principales minerales relacionados:

### **Magnesio**

En el año 2010, el Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS<sup>23</sup> realizó un estudio para reconocimiento y muestreo litológico para **potasio y magnesio** en Colombia, en 53 sectores propuestos por dicha entidad en varias zonas del país, ubicadas en la región Andina, la Costa Atlántica y la región del Piedemonte Llanero. El trabajo estuvo enfocado hacia las rocas y minerales fuente de potasio y magnesio, tales como dolomías, calizas (magnesianas/dolomíticas), magnesitas y minerales de origen evaporítico (sal y yeso) a los cuales podrían estar asociadas las sales de potasio (potasa). En este estudio se identifican áreas de interés en los departamentos de Antioquia, Huila y Cundinamarca.

En el contexto nacional, de acuerdo con estudios del Servicio Geológico Colombiano, las áreas identificadas con potencial para explotación de minerales de magnesio se localizan en la Cordillera Oriental de Colombia (Huila y Cundinamarca).

La explotación colombiana de magnesio (magnesita) se orientó, desde el año 2014, a su exportación a países de la región, principalmente a Ecuador y Brasil (2018). Para el periodo 2014 - 2016 se reportan importaciones de magnesita provenientes, entre otros países, de Alemania, Países Bajos, China, Estados Unidos y Guatemala <sup>24</sup>. En 2015, el país exportó minerales de magnesio, principalmente a Venezuela (75%) y Ecuador (23%). Para 2016, la explotación de minerales de magnesio en Colombia fue de 1.190 Ton., en tanto que para 2019 había crecido un 78% con respecto al año 2018, pero en 2020 se contrajo en un 42% frente al año 2019<sup>25</sup>. Sin embargo, en el corto plazo se prevé un incremento en la demanda de este mineral, ante el aumento del área cultivada en Colombia.

### **Potasio**

La mayor parte (95%) del potasio explotado en el mundo como recurso mineral se utiliza como fertilizante en agricultura (potasa), ya sea directamente como potasio o mezclado con otros nutrientes esenciales, como nitrógeno y fósforo. Varias sales de potasio son utilizadas para la obtención de distintos productos industriales.

---

<sup>23</sup> Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS. Reconocimiento y muestreo litológico para potasio y magnesio en Colombia, Contrato 453 -2010 Informe final, 2011. Piragua Alarcón, Alexander y colaboradores. En : <https://catalogo.sgc.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=48892>

<sup>24</sup> Fuente: Sistema de Información Minero colombiano SIMCO En: <https://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Paginas/magnesio.aspx>

<sup>25</sup> UPME Aspectos metodológicos para actualizar y seleccionar los minerales estratégicos en Colombia. Abril 2021

La producción mundial de potasa se estimó en casi 66,2 millones de toneladas en el año 2020 y se estima que el mercado global crecerá, de 66,8 Mt en 2018, a 96,3 Mt en 2035, lo que representa un crecimiento aproximado de 2,2% promedio año en el horizonte de análisis.<sup>26</sup>

Canadá es el mayor productor de potasa del mundo y representa el 31,6% del total mundial. Junto con Rusia, Bielorrusia y China, representaron el 80% de la producción global en 2020. Las reservas mundiales de este mineral se estiman en más de 3.600 millones de toneladas (equivalente de óxido de potasio), siendo Canadá el país que posee las mayores reservas, con aproximadamente 1.000 millones de toneladas, seguido de Bielorrusia con 750 millones de toneladas y el tercer lugar corresponde a Rusia, con cerca de 600 millones de toneladas. Se espera que la demanda mundial crezca hasta los 13,2 millones de toneladas en 2035, frente a los 11,4 millones de toneladas de 2017. Se proyecta que la demanda de fertilizantes se verá impulsada en el corto plazo, por la necesidad de alimentar a una población mundial en crecimiento, lo que exigirá mayores tasas de aplicación de potasio para aumentar el rendimiento de los cultivos. China, Brasil y los Estados Unidos serán los mercados más importantes y en los tres se registrará un aumento hacia 2035.<sup>27</sup>

### **Roca Fosfórica**

El Servicio Geológico de los Estados Unidos estimó en el año 2017 que las reservas de roca fosfórica económicamente extraíbles en todo el mundo eran de 68 mil millones de toneladas. Este recurso mineral se encuentra presente en más de 50 países, 12 de los cuales abastecen el 95% de la producción total de fosfatos. Los primeros productores, China, Estados Unidos, Marruecos y Sahara Occidental concentran alrededor del 70% de la producción mundial. En lo referente a las reservas probadas, Marruecos representa casi el 50% del total global, en tanto los recursos de Argelia, Estados Unidos, China y Finlandia abarcan cerca del 20% de los recursos mundiales.

En el año 2019, la producción mundial de fosfatos ascendió a 240 millones de toneladas, frente a los 249 millones producidos en el año 2018. El sector de fertilizantes dominó el mercado de rocas fosfáticas en el año 2019, al crecer a una tasa de 6,6%, para su uso principalmente en la producción de fertilizantes.

Se prevé que el tamaño del mercado de roca fosfórica muestre un crecimiento importante los próximos 5 años, impulsado por su uso cada vez mayor en la producción de fertilizantes fosfatados y en aplicaciones de alimentación animal y productos químicos industriales, donde Asia Pacífico y América Latina lideran la expansión por sus necesidades para agricultura, en razón del crecimiento económico y de la población.<sup>28</sup>

En nuestro país, según datos del Servicio Geológico Colombiano - SGC, los yacimientos de fosforitas provienen de arenitas fosfáticas que se encuentran localizadas a lo largo de la cordillera oriental de Los Andes, contenidas en secuencias de origen marino de edad cretácica, pertenecientes a la Formación La Luna y los Grupos Olini y Guadalupe. El contenido de  $P_2O_5$  de estas arenitas varía entre el 20% y el 30% y se ha identificado que los principales depósitos se localizan en los departamentos de Santander, Boyacá, Huila, Tolima, Cundinamarca y Norte de Santander. Las capas minerales van desde unos cuantos centímetros hasta 5 metros de ancho, con una ley de entre 5% y 31% de  $P_2O_5$ . Colombia es el cuarto

---

<sup>26</sup> UPME. Aspectos metodológicos para actualizar y seleccionar los minerales estratégicos en Colombia. Abril 2021

<sup>27</sup> Fuente: Caracterización y análisis del mercado internacional de minerales en el corto, mediano y largo plazo con vigencia al año 2035. CRU 2018 En:

<http://bdigital.upme.gov.co/bitstream/handle/001/1333/1%20Metodolog%c3%ada.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<sup>28</sup> UPME. Aspectos metodológicos para actualizar y seleccionar los minerales estratégicos en Colombia. Abril 2021

productor de roca fosfórica en Latinoamérica, con un volumen explotado de 51.106 toneladas en el año 2021.

**Tabla 2.** Explotación de roca fosfórica por departamento 2020-2021

Departamento	Municipio	2020 (Ton)	2021 (Ton)
Boyacá	Sogamoso	22.947	16.299
	Tota	43	-
Huila	Aipe	19.669	19.428
Norte de Santander	Sardinata	14.187	15.379
<b>TOTAL</b>		<b>56.846</b>	<b>51.106</b>

Fuente: Agencia Nacional de Minería, datos al 31 de enero 2023.

## Azufre

El azufre es uno de los principales minerales industriales y está asociado a rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas, así como también a combustibles fósiles. Tiene una diversidad de usos en diferentes industrias, entre los cuales sobresalen los fertilizantes, medicinas, productos plásticos y sintéticos, refinera de petróleo y carbón, explosivos y pinturas. En Colombia, las principales manifestaciones de azufre están relacionadas con la actividad volcánica del Terciario Cuaternario, especialmente en los departamentos de Tolima, Cauca y Nariño. Otras manifestaciones están asociadas a rocas sedimentarias cretáceas localizadas en el departamento de Cundinamarca.<sup>29</sup>

La extracción de azufre en Colombia para el período 2000 a 2011 correspondió a un promedio anual de 95.540 toneladas, cifras que posteriormente se redujeron de la siguiente forma: 2012, 63.790 ton; 2013, 23.763 ton; 2014, 9.342 ton, donde la mayor parte se explota en el departamento del Cauca. Para los años subsiguientes no se reporta explotación del mineral. De otro lado, para el período 2015 a 2021, se reporta la importación promedio anual de 19.105 ton de azufre (posición arancelaria 2503000000), siendo los principales países de origen India, Estados Unidos, Brasil, Rusia, Corea y Trinidad y Tobago.<sup>30</sup>

## 4.5 Demanda de minerales para el desarrollo industrial y de la infraestructura pública

### 4.5.1 Infraestructura de transporte

El sector minero ha sido fundamental para el desarrollo de la infraestructura del sistema de transporte del país, aportando los materiales y minerales necesarios en el proceso de construcción de la red vial primaria, secundaria y de vías terciarias, fundamentales para garantizar el transporte de alimentos cultivados en los campos hasta los centros de consumo, así como la conectividad terrestre con los grandes puertos ubicados en el caribe y pacífico colombiano. Colombia ha venido avanzando en la consolidación de políticas públicas enfocadas a garantizar que los proyectos de infraestructura se articulen con las políticas de mitigación de cambio climático y de esta forma asegurar que los nuevos proyectos de obras civiles sean ambientalmente sostenibles, conforme con los lineamientos establecidos en el CONPES 4060 “Política para el Desarrollo de Proyectos de Infraestructura de Transporte Sostenible: Quinta Generación de Concesiones”, así como en

<sup>29</sup> Fuente: Recursos minerales de Colombia: Azufre / Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (INGEOMINAS), Armando Murcia Leal. 1986. En <https://catalogo.sgc.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=12282>

<sup>30</sup> Fuente: UPME. Sistema de Información Minero Colombiano SIMCO. <https://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Paginas/azufre.aspx>

el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS aplicables al sector de infraestructura (ODS 9 industria, innovación e infraestructura, ODS 13 acción por el clima, etc.)

No obstante, aún se presentan cuellos de botella que deben ser resueltos con el fin de avanzar en la consolidación de un sistema de transporte terrestre que dinamice en primera instancia el comercio interno colombiano y se consoliden los procesos de logística y conectividad con el resto del mundo. Es importante mencionar que en estudios como el elaborado por el Foro Económico Mundial, donde se comparó la calidad de la infraestructura vial de 141 países mediante el índice de Competitividad Global 2019<sup>31</sup>, Colombia ocupó el puesto 104, lo cual plantea la necesidad de mejorar nuestra competitividad avanzando en el desarrollo de la infraestructura de transporte que asegure la conectividad del país.

En Colombia existen aproximadamente 205.000<sup>32</sup> km de vías, de las cuales, el 18% cuentan con pavimento y el 82% disponen de tierra firme o afirmado. De este total se ha identificado que el 69% corresponden a vías terciarias, con unos 142.000 km, de los cuales el 75% presentan deterioro en su estructura, situación que llega a generar retrasos en los tiempos de desplazamiento entre los centros de producción agrícola a los centros de comercio. Adicionalmente, otras regiones del país que, si bien cuentan con un desarrollo de infraestructura vial, registran permanentes congestiones en sus vías troncales ocasionando pasos restringidos, aumentos en los tiempos de viaje y de esta forma afectando directamente el incremento de los costos de operación.<sup>33</sup>

El Ministerio de Transporte, en su informe “Transporte en Cifras 2020”, señaló que el 9% (17.896 Km)<sup>34</sup> de las vías del país corresponden a la red primaria<sup>35</sup>, 22% (45.137 km) a la red vial secundaria y el 69% (142.284 km) son vías terciarias. No obstante, Colombia aún presenta un porcentaje de infraestructura vial que debe ser intervenida como, por ejemplo, las vías primarias operadas por el INVÍAS ya que, de 11.644,4 km identificados, existe un 19% sin pavimentación y, del total pavimentado, este reporte señala que el 46,49% se encuentra entre “regular” a “muy malo”.

En cuanto al sistema férreo, el país dispone aproximadamente de 3.533 km de vías; sin embargo, no todo el sistema se encuentra operativo, contando con aproximadamente 1.804 km en estado activo, frente a lo cual es importante resaltar que, a pesar de esta situación, el 16% de la carga transportada en el año 2020 fue a través de este modo de transporte. En cuanto al sistema de aeropuertos, aeródromos y pistas de aterrizaje, se cuenta con 823 pistas<sup>36</sup>; 48 aeropuertos son administrados por la Aeronáutica Civil - Aerocivil y 16 por la ANI.

Frente a lo anteriormente expuesto, el Gobierno nacional deberá establecer los mecanismos que garanticen el acceso y la disponibilidad de los minerales requeridos para atender la demanda interna de materiales usados en el mantenimiento y/o construcción de nueva infraestructura de transporte.

---

<sup>31</sup> <https://www.weforum.org/reports/how-to-end-a-decade-of-lost-productivity-growth>

<sup>32</sup> Transporte en cifras 2020, Ministerio de Transporte, tomado de <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/9443/transporte-en-cifras/>

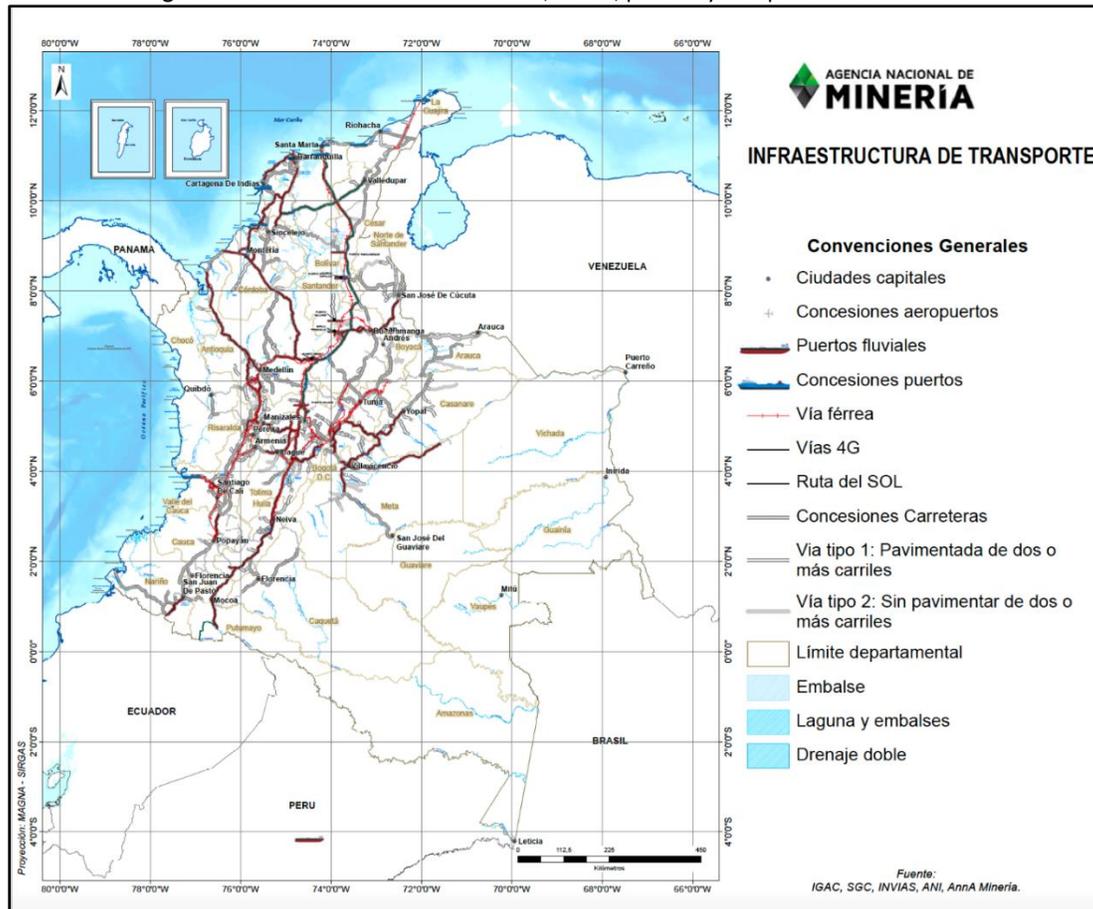
<sup>33</sup> Documento Conpes 4010 de 2020, Declaración de importancia estratégica del compromiso por Colombia: Programa vías la legalidad y la reactivación Visión 2030

<sup>34</sup> Tomado de <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/2-principal/57-estado-de-la-red-vial>

<sup>35</sup> En cuanto a la red primaria a cargo de la nación, el 62% (11.087 Km) son administrados por el Instituto Nacional de Vías - INVÍAS y el 38% (6.809 Km) son administrados por la Agencia Nacional de Infraestructura - ANI bajo contratos de concesión. La red secundaria se encuentra en su totalidad bajo administración departamental y de los 142.284 km de red terciaria, 71% (100.748 Km) son administrados por municipios, 10% (3.959 Km) se encuentran bajo administración departamental y el 19% (27.577 Km) a cargo de la nación es administrado por el INVÍAS

<sup>36</sup> Tomado de <https://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/servicio-de-informacion-aeronautica-ais/aerodromos>

**Figura 18.** Sistema de infraestructura vial, férrea, puertos y aeropuertos de Colombia



Fuente: IGAC, SGC, INVIAS, ANI y Anna Minería<sup>37</sup>.

#### 4.5.2 Infraestructura vial y construcción

El desarrollo del sector de infraestructura dependerá en gran medida de la disponibilidad de minerales para la fabricación de materiales, equipos, herramientas y suministros; en este sentido, se requiere incorporar a los criterios de selección de minerales estratégicos para el sector de infraestructura, el histórico de cantidades anuales que son demandadas por el sector industrial para la transformación de minerales en la fabricación de materiales y herramientas para la construcción. De esta forma, se puede garantizar el desarrollo de infraestructura civil y mecánica estratégica para el país.

La demanda de minerales para la construcción de infraestructura a nivel mundial, como es el caso del acero, ha presentado una tendencia creciente en su demanda durante la última década, de acuerdo con la Asociación Mundial del Acero<sup>38</sup>, institución que señaló que el consumo mundial de acero acabado aumentó un 4,5 % en el año 2021 y prevé un crecimiento del 2,2 % para el año 2022, lo anterior, como resultado de políticas de los gobiernos para dinamizar la economía post pandemia. Adicionalmente, de

<sup>37</sup> Anna Minería - 21 de noviembre de 2022, SGC mapa metalogénico 2020, ANI - 18 de junio de 2021, IGAC- 22 de diciembre de 2017

<sup>38</sup> Tomado de <https://www.pmi.spglobal.com/Public/Home/PressRelease/f93b1a273ae6424fb24001c8a12e927f>

acuerdo con lo señalado en el Informe de Gestión 2021 de la empresa Acerías Paz del Río, la demanda en Colombia durante el año 2021 se incrementó en un 29%<sup>39</sup>

Entre los minerales estratégicos para la producción de acero se requiere el hierro y el carbón metalúrgico. De acuerdo con los informes del *U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries*<sup>40</sup> se estima que los recursos mundiales de hierro superan los 800.000 millones de toneladas de mineral crudo, que contienen más de 230.000 millones de toneladas de hierro. En este punto es importante señalar que, para la fabricación del acero, se emplean distintos minerales en su proceso de producción, ya que se requieren distintas aleaciones que dependerán de las necesidades del producto.

Las aleaciones más empleadas en la producción del acero conllevan la adición de níquel, manganeso, aluminio, cobre, cromo, zinc, titanio, tungsteno, vanadio, metales que le confieren al acero determinadas características físico químicas, de acuerdo con los requerimientos de los productos demandados.

### **Metales más usados en metalurgia para la producción del acero**

**Hierro:** Es el principal metal utilizado en la industria siderúrgica, que en aleación con el carbono se emplea para la producción del acero. Adicionalmente, debido a su buena resistencia, tenacidad, ductilidad y un bajo costo, se convierte en el metal más usado a nivel global, participando aproximadamente en el 90% de la producción mundial de metales. De acuerdo con el informe del Banco Mundial<sup>41</sup>, China representa el 60% de la producción mundial de hierro y el 50% de acero; sin embargo, el 65,79% de las reservas mundiales de este mineral se encuentran concentradas en cuatro países (Australia 28,42%, Rusia 13,16%, China 12,11% y Brasil 12,11%).

### **Aleaciones para la producción de acero<sup>42 43</sup>**

**Aluminio:** Es el material más usado del mundo después del acero, por su alta resistencia a la corrosión, su buena conducción de la electricidad y del calor, su fácil mecanización y bajo precio.

**Cobre:** Es el tercer metal más utilizado del mundo, por su buena conducción de la electricidad (es muy usado en cables eléctricos) y su capacidad de formar aleaciones, como el bronce y el latón.

**Cromo:** Es un metal muy usado como aditivo principal del acero inoxidable por sus propiedades anticorrosivas, añade dureza al acero, así como mayor tenacidad y resistencia al desgaste.

**Manganeso:** Se usa en aleación con acero inoxidable para prevenir la oxidación y la corrosión, a bajo costo, y también con el aluminio, para hacerlo más resistente a la corrosión. El acero al manganeso se ha utilizado en la industria minera durante muchos años: mezcladoras de cemento, trituradoras de rocas, huellas de

<sup>39</sup> Informe Anual 2021 Paz del Río, [http://www.pazdelrio.com.co/es-es/Accionistas/relacion-con-los-inversionistas/Documents/2022/3\\_Informe\\_de\\_Gestion\\_PazdelR%C3%ADo\\_2021.pdf](http://www.pazdelrio.com.co/es-es/Accionistas/relacion-con-los-inversionistas/Documents/2022/3_Informe_de_Gestion_PazdelR%C3%ADo_2021.pdf)

<sup>40</sup> *U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2022*, tomado de <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022.pdf>

<sup>41</sup> *The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future June 2017*. Tomado de <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28312/117581-WP-P159838-PUBLIC-ClimateSmartMiningJuly.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<sup>42</sup> *U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey*, Tomado de <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022.pdf>

<sup>43</sup> <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28312/117581-WP-P159838-PUBLIC-ClimateSmartMiningJuly.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

orugas para tractores, elevadores y cucharones de pala, así como en la industria ferroviaria (interruptores y cruces) y ambientes de alto impacto. Si bien el acero al manganeso garantiza el desgaste y las propiedades de endurecimiento del trabajo, no es magnético, lo que lo hace ideal para su uso en conjuntos de transformadores eléctricos y para imanes de elevación industriales.

**Níquel:** Es un metal de aleación muy importante que encuentra aplicación en muchas fundiciones y aceros, se usa especialmente en aleaciones con hierro para fabricar aceros austeníticos con lo cual se aumenta la fuerza y la dureza del acero y también aumenta su resistencia a la corrosión. Estas propiedades lo hacen ideal para la confección de utensilios culinarios, como sartenes, ollas o cubiertos, y también por su potente resistencia mecánica que permite una mejor higiene en la utilización de recipientes a presión.

**Titanio:** Se trata de un material usado como aleación del hierro y del aluminio, entre otros, en aplicaciones donde se requiere su ligereza y resistencia (ingeniería aeroespacial, militar e industrial, industria petroquímica, automoción, medicina, etc.), y se puede permitir su alto precio, determinado por una extracción y transformación costosas que impiden su producción en masa.

**Tungsteno:** El acero de tungsteno es un tipo de aleación de metal hecha de una combinación de tungsteno y hierro. La adición de tungsteno a la aleación le da mayor dureza y resistencia al calor, lo que permite que los equipos hechos de acero de tungsteno mantengan un alto rendimiento y resistan el desgaste a altas temperaturas. El acero de tungsteno se valora por sus usos industriales como acero para herramientas y se usa comúnmente en herramientas industriales y maquinaria utilizada para trabajar otros metales, como matrices y herramientas de corte.

**Vanadio:** Este mineral aumenta la fuerza del acero, así como su tenacidad y su resistencia a los golpes. También tiene una resistencia mayor a la corrosión que el acero al carbono. El contenido de vanadio en el acero generalmente no supera el 0,5%<sup>44</sup> (excepto acero para herramientas de alta velocidad), que se usa ampliamente en acero estructural aleado, acero para resortes, acero para cojinetes, acero para herramientas de aleación, acero para herramientas de alta velocidad, acero resistente al calor, acero resistente al hidrógeno y acero para baja temperatura.

**Zinc:** Es muy utilizado como aleación del cobre y del latón, y en procesos de zincado, también llamado electrozincado, en el que se adhiere una capa de zinc al acero para protegerlo contra la corrosión al estar en contacto con el aire y la humedad; de igual forma, es utilizado en procesos de galvanizado de hierro.

### **Materiales de construcción**

La demanda del mercado interno para abastecer las obras civiles en los últimos años ha presentado un incremento sostenido en los requerimientos de materiales para la construcción de infraestructura y vivienda. De acuerdo con el Boletín Técnico Estadísticas de Cemento Gris (ECG) agosto 2022, elaborado por el DANE<sup>45</sup>, el cual ha presentado resultados de la demanda interna de cemento gris para el período agosto 2019 - 2022, se identificó un crecimiento trianual de 5,8% y particularmente para el período septiembre de 2020 - agosto de 2021, la producción de cemento fue de 13,59 millones de toneladas, en comparación al período septiembre de 2021 - agosto de 2022, donde alcanzó las 14,45 millones de toneladas, representando un incremento del 7%.

---

<sup>44</sup> <https://lkalloy.com/es/what-is-the-effect-of-vanadium-in-steel/>

<sup>45</sup> [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/cemento\\_gris/Bol\\_ECG\\_ago22.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/cemento_gris/Bol_ECG_ago22.pdf)

**Cemento:** La industria del cemento consume grandes cantidades de minerales industriales; el cemento más común es el Portland, el cual se obtiene por calcinación de una mezcla de materiales carbonatados y arcillas, lo que da lugar al producto llamado Clinker, al que se le añade yeso como regulador del fraguado. La mezcla de Clinker y yeso, además de otros posibles aditivos, se pulveriza en un molino de bolas hasta obtener la granulometría comercial. Con la adición de arena y grava se obtiene mortero y hormigón necesarios para la construcción de estructuras civiles.

Por otra parte, se encuentran materiales como las mezclas asfálticas, las cuales son uno de los principales insumos utilizados en el subsector de obras civiles, especialmente en la construcción de vías. De acuerdo con el informe Boletín Técnico Indicador de Mezcla Asfáltica (IMA)<sup>46</sup> para el periodo enero - agosto 2022, se registró una producción mensual que varía entre los 255.270 m<sup>3</sup> a 314.464 m<sup>3</sup>. En cuanto a la producción de gravas, se ha pasado de producir 9,04 millones de toneladas (Mton)<sup>47</sup> en 2012, a picos de producción como los alcanzados en el año 2013, con 18,56 millones de toneladas y 2019 con 13,82 Mton, evidenciando el crecimiento y dinamismo de este sector.

**Asfaltos:** En Colombia, para la construcción de vías tanto principales como secundarias y terciarias, es frecuente el uso de pavimentos flexibles, compuestos generalmente por una capa de rodadura y una base asfáltica que contiene la mezcla de agregados pétreos de río o canteras, asfalto y si es necesario aditivos, sometidos a temperaturas entre los 150 y 180 grados centígrados para fabricación.

#### 4.5.3 Minerales para la infraestructura eléctrica

En relación con el sector eléctrico, se requerirá disponer de minerales como el cobre y el aluminio, que acompañados con el acero son prioritarios para la fabricación de infraestructura como torres, transformadores, alambres y cables, que conectarán los sistemas de generación fotovoltaicos y eólicos fundamentales en la transición energética.

#### 4.5.4 Minerales para la industria

Por otra parte, los minerales industriales constituyen uno de los grandes grupos en que se suele clasificar la actividad minera, junto con los minerales metálicos y sustancias energéticas. Son además la materia prima utilizada por multitud de industrias y la base de innumerables productos de consumo cotidiano. Por ejemplo, se consideran minerales industriales las arenas silíceas destinadas a la fabricación de vidrio, la caliza explotada para fabricación de cal y de cemento y productos refractarios como la magnesita.

Por otra parte, se cuenta con otros minerales como es el caso del oro, el cual es un metal maleable con una baja reactividad química, resistente al deterioro y un excelente y extraordinario conductor de larga duración, cuyas propiedades físicas como la altísima resistencia a la corrosión, su ductilidad o capacidad de deformarse sin romperse lo hacen idóneo para su utilización en instrumentos electrónicos. Al respecto, se ha identificado que la electrónica es uno de los sectores con mayor demanda global de este mineral durante el año 2021<sup>48</sup>, con unas 330,1 toneladas, tendencia que se ha mantenido incluso al primer trimestre de 2022, donde alcanzó las 84 toneladas.

---

<sup>46</sup> [https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/mezcla\\_asfatica/Bol\\_IMA\\_ago22.pdf](https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/mezcla_asfatica/Bol_IMA_ago22.pdf)

<sup>47</sup> Cifras base del informe preparado para la plataforma MAPA REGALÍAS DNP con corte al 31 de enero de 2023

<sup>48</sup> *Gold Demand Trends Q1 2022*, <https://www.gold.org/goldhub/research/gold-demand-trends/gold-demand-trends-q1-2022/17142>

Entre los principales usos del oro destacan la industria de semiconductores y de telefonía móvil que fabrica aproximadamente 100 millones de teléfonos móviles cada año y requieren pequeñas partículas de oro como parte de repuestos y componentes indispensables para el funcionamiento de los aparatos electrónicos.

Finalmente, es importante destacar el caso del magnesio, donde el creciente número de aplicaciones automotrices y aeroespaciales, junto con el aumento de la demanda de aleaciones de magnesio en la industria, responsables del fortalecimiento del mercado de magnesio metálico, siendo este un sustituto del aluminio y el zinc en algunos usos industriales, permiten prever el incremento en la demanda de este mineral. En este sentido, proyecciones de CRU indican que se espera que la demanda mundial de magnesio crezca hasta los 13,2 millones de toneladas en 2035, frente a los 11,4 millones de toneladas en 2017<sup>49</sup>, En 2020, la explotación mundial estimada de magnesio ascendió a 10 millones de toneladas, un 11% menos que el valor registrado durante 2019.

#### 4.6 Minerales para el autoabastecimiento

Este lineamiento busca focalizar esfuerzos en la generación de conocimiento geológico minero para identificar el potencial existente en el territorio nacional para minerales que hoy día no son producidos en el país, presentan importaciones significativas o arrojan una balanza comercial deficitaria, entendida como un mayor volumen de importaciones respecto de las exportaciones realizadas en el mismo período.

**Tabla 3.** Exportaciones, Importaciones y Balanza Comercial 2021 según CIU Rev. 4

Exportaciones, Importaciones y Balanza Comercial 2021 según CIU Rev. 4					
CIU	Descripción	Importaciones		Exportaciones	Balanza
		USD Millones FOB	Toneladas métricas	USD Millones FOB	USD Millones FOB
<b>B</b>	<b>Sector minero (sin petróleo y gas)</b>	<b>87,94</b>	<b>884.193,76</b>	<b>4.590,00</b>	<b>4.502,06</b>
<b>05</b>	<b>Extracción de carbón de piedra y lignito</b>	<b>0,27</b>	<b>821</b>	<b>4.380,50</b>	<b>4.380,24</b>
051	Extracción de hulla (carbón de piedra)	0,19	572	4.380,49	4.380,30
052	Extracción de carbón lignito	0,08	249	0,02	- 0,06
<b>07</b>	<b>Extracción de minerales metalíferos</b>	<b>10,75</b>	<b>48.345,05</b>	<b>162,18</b>	<b>151,43</b>
071	Extracción de minerales de hierro	0,04	24,77	0,00	- 0,04
072	Extracción de minerales metalíferos no ferrosos	10,71	48.320,28	162,18	151,46
<b>08</b>	<b>Extracción de otras minas y canteras</b>	<b>76,92</b>	<b>835.027,90</b>	<b>47,32</b>	<b>- 29,60</b>
081	Extracción de piedra, arena, arcillas, cal, yeso, caolín, bentonitas y similares	29,47	538.103,16	8,59	- 20,88
082	Extracción de esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas	0,09	43,12	20,93	20,84
089	Extracción de otros minerales no metálicos n.c.p.	47,35	296.881,62	17,80	- 29,56

Fuente: Construcción propia a partir de datos DANE sobre importaciones del año 2021. N.C.P.: No Clasificado Previamente.

<sup>49</sup> Caracterización y análisis del mercado internacional de minerales en el corto, mediano y largo plazo con vigencia al año 2035. CRU 2018 En: <http://bdigital.upme.gov.co/bitstream/handle/001/1333/1%20Metodolog%c3%ada.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

En la tabla 3 se muestra la balanza comercial de minerales para Colombia del año 2021, encontrando que se importa más carbón lignito, minerales de hierro, piedra, arena, arcillas, cal, yeso, caolín, bentonitas y similares, y otros minerales no metálicos n.c.p., que los que se exportan, evidenciando el posible déficit en la explotación nacional de dichos minerales; se destaca la importación de más de 48.000 toneladas de minerales metalíferos no ferrosos y cerca de 540.000 toneladas de minerales relacionados con materiales para construcción y otros minerales no metálicos durante 2021.

Ahora bien, a partir de la información publicada por el DANE en la Cuenta Satélite de Minería, es posible identificar con mayor detalle la actividad minera relacionada con la extracción de: hulla (carbón), minerales de hierro, oro y otros metales preciosos, piedra, arena, arcillas comunes, yeso y anhidrita, arcillas de uso industrial, caliza, caolín y bentonitas, esmeraldas, piedras preciosas y semipreciosas, minerales como la roca fosfórica para la fabricación de abonos y productos químicos, halita (sal) y otros minerales no metálicos N.C.P.

En la siguiente tabla se relacionan los minerales incluidos en la Cuenta Satélite de Minería del DANE, con datos provisionales para el año 2020, los cuales se encuentran actualizados al 6 de julio de 2022:

**Tabla 4.** Cuenta Satélite Minería 2020<sup>P</sup> - Balance Oferta Utilización

<b>Cuenta Satélite Minería 2020<sup>P</sup> - Balance Oferta Utilización</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Cantidad Explotada</b>	<b>Importaciones</b>	<b>Consumo Intermedio</b>	<b>Exportaciones</b>
Carbón coquizable o metalúrgico	Tonelada	6.896.424	-	5.200.670	1.695.754
Carbón térmico	Tonelada	54.168.573	78.807	2.346.963	51.900.417
Minerales de hierro	Tonelada	786.559	-	786.559	-
Minerales de oro y sus concentrados	Kilogramo	48.497	-	541	48.002
Minerales de plata y sus concentrados	Kilogramo	22.691	-	3.669	19.022
Minerales de platino y sus concentrados	Kilogramo	414	-	-	414
Minerales de níquel y sus concentrados	Tonelada	36.094	-	-	36.094
Minerales de cobre y sus concentrados	Tonelada	40.465	-	-	40.465
Bauxita, minerales de cromo, estaño, manganeso, niobio, tantalio, vanadio o circonio, volframio (tungsteno y sus concentrados) y sus concentrados	Tonelada	19.911	42.417	51.982	10.346
Mármol y travertino en bruto (para construcción)	Metros cúbicos	147.009	3.009	148.898	-
Arenas y gravas silíceas, arcilla común (cerámicas, ferruginosas y misceláneas) y piedra pómez	Tonelada	2.460.526	1.473	2.471.347	-
Asfalto natural o asfaltita	Tonelada	623.517	-	617.409	-
Arenas, gravas y cantos rodados, caolín y arcillas industriales	Tonelada	35.876.426	-	35.876.426	-
Roca fosfática (en bruto), o fosforita sin moler	Tonelada	82.190	-	85.268	-

Cuenta Satélite Minería 2020 <sup>P</sup> - Balance Oferta Utilización					
Descripción	Unidad de Medida	Cantidad Explotada	Importaciones	Consumo Intermedio	Exportaciones
Salmueras y sus sales, agua de mar	Tonelada	359.559	-	359.559	-
Roca o piedra caliza en bruto (para construcción)	Tonelada	17.353.865	-	17.353.865	-
Esmeraldas sin tallar	Quilates	74.392	-	1.605	72.788
Magnesita (o giobertita) de carbonato de magnesio natural, mica en bruto (incluso en laminas), talco pulverizado y dolomita	Tonelada	155.251	-	141.727	-
Feldespatos	Tonelada	134.846	2.120	136.657	650
Yeso Natural	Tonelada	225.779	579.223	804.277	726

Fuente: Construcción propia a partir de datos DANE sobre la Cuenta Satélite de Minería del año 2020. P: Datos provisionales actualizados al 06/07/2022.

En los datos del año 2020 relacionados con la Cuenta Satélite de Minería incluidos en la tabla 4, se destaca la importación de 579.223 toneladas de yeso natural, 78.820 toneladas de carbón térmico (a pesar de que Colombia es el principal productor de carbón en América Latina), 42.417 toneladas de bauxita, minerales de cromo, estaño, manganeso, niobio, tantalio, vanadio o circonio, wolframio (tungsteno y sus concentrados), además de 3.009 metros cúbicos de mármol y travertino en bruto (para construcción), 2.120 toneladas de feldespatos y 1.473 toneladas de arenas y gravas silíceas, arcilla común (cerámicas, ferruginosas y misceláneas) y piedra pómez; importaciones necesarias para complementar la demanda interna de dichos minerales (consumo intermedio).

Las importaciones de yeso, bauxita (aluminio) y elementos de tierras raras resultan significativas para que se adelanten programas de conocimiento geocientífico con miras a caracterizar y evaluar su potencial en el territorio nacional. Por el contrario, las cantidades importadas para mármol y travertino, feldespatos y arenas, no resultan ser significativas.

#### 4.7 Minerales para promover la asociatividad

Este lineamiento busca identificar los minerales que, en el marco de una economía baja en carbono y focalizada en acelerar la transición energética, disponen de las condiciones necesarias para promover y consolidar esquemas asociativos que permitan un aprovechamiento racional de los recursos mineros de propiedad del Estado y el mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades mineras.

La minería artesanal y de pequeña escala (MAPE) ha sido practicada por comunidades a lo largo y ancho del territorio nacional desde la época prehispánica. Esta labor ha sido reconocida tanto por su tradición, como por su amplia contribución a las economías locales y regionales. La minería de subsistencia tiene lugar en 28 departamentos y en ella se ocupan alrededor de 113.000 personas, de las cuales, el 51% son mujeres<sup>50</sup>. En 2021, cerca del 58% del oro explotado en Colombia provino de la MAPE.

<sup>50</sup> Con cifras de las plataformas Genesis y RUCOM a 2021.

Históricamente y pese a la importancia de la MAPE, en Colombia se ha presentado una problemática social en las zonas mineras por la existencia de un alto número de explotadores mineros informales que ejercen su actividad como medio para proveer su sustento y el de sus familias.

Son varios los intentos<sup>51</sup> que ha efectuado el gobierno nacional para legalizar y regularizar la actividad de los mineros tradicionales y brindarles asistencia técnica para que desarrollen una explotación técnica, segura y ambientalmente responsable; sin embargo, persiste la problemática de informalidad, ejercicio de explotación de minerales de propiedad estatal sin contar con título minero, alta accidentalidad y falta de seguridad social e ingresos dignos para el personal.

Se considera que el fomento de dinámicas asociativas en las comunidades que practican la MAPE puede contribuir a darle solución a esta problemática, toda vez que la asociatividad fomenta la generación de relaciones sociales entre las personas, contribuye a fortalecer el tejido social y el sentido de pertenencia a una comunidad.

Es por ello que se considera que la asociatividad puede constituir el mejor camino para que los mineros tradicionales puedan superar sus limitaciones individuales y logren aunar esfuerzos con el acompañamiento del Estado y, de ser necesario, con el apadrinamiento y asociación de inversionistas privados que, bajo condiciones previamente establecidas por la autoridad minera nacional, adelanten con las comunidades mineras proyectos viables y sostenibles en el tiempo, que efectivamente permitan el aprovechamiento de los recursos minerales de forma técnica, segura y con responsabilidad social y ambiental.

La asociatividad entonces se considera un criterio que permitirá fortalecer la actividad minera en algunas regiones del país, por las potencialidades que tiene para sacar de la pobreza a los mineros de subsistencia y a los pequeños explotadores, con beneficios para el Estado en cuanto a formalización de la actividad, reducción de accidentes mineros, reducción del impacto ambiental, transparencia en la actividad minera del país y los recaudos de regalías, y finalmente, diferenciación del pequeño minero tradicional de las organizaciones al margen de la ley que utilizan la actividad minera como una fuente de recursos.

Establecer algunos minerales estratégicos para incrementar su conocimiento geológico científico en el país, permitirá a la Agencia Nacional de Minería como autoridad minera nacional y concedente, estructurar áreas de reserva estratégicas mineras para la formalización y áreas estratégicas mineras, bien sea dirigidas sólo a asociaciones de mineros tradicionales, bajo estrictos controles de verificación, o asociaciones de mineros tradicionales e inversionistas privados que conjuntamente decidan ofertar por un área determinada para adelantar un proyecto minero de pequeña o mediana minería.

En la siguiente Tabla se muestran los minerales para los cuales la autoridad minera nacional ha delimitado y declarado un mayor número de Áreas de Reserva Especial - ARE a favor de mineros tradicionales o asociaciones de mineros:

---

<sup>51</sup> Ley 141 de 1994 (Artículo 58 - Programa Social de Legalización Minera); Ley 685 de 2001 (Artículo 165 – Programa de Legalización de Minería de Hecho; Artículo 31 - Áreas de Reserva Especial). Recientemente se expidió la Ley 2250 del 11 de julio de 2022 que constituye un nuevo ejercicio para la legalización y formalización minera que el país va a implementar.

**Tabla 5.** Áreas de reserva especial - ARE declaradas

<b>Mineral</b>	<b>Número de ARE declaradas</b>
Oro o metales preciosos	49
Arena y gravas	38
Materiales de construcción	23

Fuente: AnnA Minería, 27/10/2022.

Teniendo en cuenta lo anterior, se observa que en el subsector de materiales de construcción y oro y minerales asociados se encuentra la mayor parte de los mineros tradicionales que han sido beneficiarios de áreas de reserva especial (Artículo 31 del Código de Minas) por haber acreditado su tradicionalidad. Adicionalmente, en el caso del oro se registra un alto volumen de mineros de subsistencia (barequeros), que desarrollan su actividad de forma tradicional en las corrientes de agua o con materiales desechados por empresas mineras organizadas y titulares de derechos mineros.

Estos minerales hacen parte de los minerales identificados como estratégicos para el desarrollo industrial del país o de la infraestructura, y adicionalmente se constituyen en minerales que serían estratégicos para que Colombia promueva, desarrolle y fortalezca esquemas asociativos en el sector minero, e implemente áreas de reserva estratégicas mineras orientadas exclusivamente al fortalecimiento de comunidades mineras asociadas.

Por otra parte, Colombia es líder mundial en la explotación de esmeraldas y si bien no se han declarado áreas de reserva especial a favor de mineros tradicionales de esmeraldas, es alto el volumen de mineros de subsistencia (barequeros) que desarrollan su actividad de forma tradicional, principalmente en los cauces donde las compañías mineras organizadas descargan colas de sus procesos de beneficio. Por lo tanto, la esmeralda también se constituye en un mineral que sería estratégico para promover la creación de esquemas asociativos y la implementación de proyectos mineros en áreas de reserva estratégicas mineras orientadas exclusivamente al fortalecimiento de comunidades mineras asociadas.

## 5. Prospectivas de demanda mundial

En este apartado se presenta información relativa a las prospectivas de demanda a nivel mundial, según los minerales agrupados por los diferentes criterios analizados en este documento y las fuentes que se indican a pie de página en cada caso, con el fin de complementar la información analizada en el numeral 3 sobre Contexto Internacional:

**Tabla 6.** Prospectivas de demanda mundial

Criterio	Mineral	Prospectivas de demanda mundial
<p><b>Transición energética y nuevas tecnologías</b></p> <p>IAE (2020): “(..) un esfuerzo concertado para alcanzar los objetivos del Acuerdo de París (estabilización del clima en “un Aumento de la temperatura global muy por debajo de 2°C”, significaría que se cuadruplican los requerimientos de los minerales necesarios para las tecnologías de energía limpia para el año 2040 (...).”</p> <p>En un escenario de impulso climático, la demanda de minerales para su uso en vehículos eléctricos y baterías para almacenamiento tiene mayor fuerza, creciendo al menos treinta veces hasta 2040.</p> <p>En: <i>The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions</i></p>	Litio	<p>Banco Mundial (2017)<sup>52</sup>:</p> <p>Para las tecnologías de almacenamiento de energía en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de litio de 1.150%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> <li>• 4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de litio 100%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul>
		<p>Agencia Internacional de Energía (2020):<sup>53</sup></p> <p>En un escenario de impulso climático el litio ve el crecimiento más rápido, con un crecimiento de la demanda de 42 veces en el Escenario de Desarrollo Sostenible, hasta 2040.</p>
	Cobre	<p>Banco Mundial (2017):<sup>54</sup></p> <p>Para la fabricación de Turbinas eólicas en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de cobre de 255%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> <li>• 4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de cobre de 155%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul> <p>Para la fabricación de celdas fotovoltaicas solares en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de cobre de 300%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> <li>• 4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de cobre de 165%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul>
		<p>Agencia Internacional de Energía (2020):<sup>55</sup></p>

<sup>52</sup> Banco Mundial (2017). *The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future*.

<sup>53</sup> Agencia Internacional de Energía (2020). *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*

<sup>54</sup> Banco Mundial (2017). Op. cit.

<sup>55</sup> Agencia Internacional de Energía (2020), Op. cit.

Criterio	Mineral	Prospectivas de demanda mundial
		<p>La expansión de las redes eléctricas implica que la demanda de cobre para las líneas eléctricas se duplica con creces hasta el 2040</p> <p>Banco Mundial (2020)<sup>56</sup>:</p> <p>213% (IRENA - Agencia Internacional de Energías Renovables) 103% (IAE - Agencia Internacional de Energía; escenario de desarrollo sostenible del 2%)</p>
	Níquel	<p>Banco Mundial (2017)<sup>57</sup>:</p> <p>Para la fabricación de Turbinas eólicas en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de níquel de 240%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> <li>• 4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de níquel de 155%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul> <p>Para la fabricación de celdas fotovoltaicas solares en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de níquel de 300%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> <li>• 4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de níquel de 155%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul> <p>Para las tecnologías de almacenamiento de energía en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de níquel de 1.150%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> <li>• 4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de níquel de 100%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul>
	Cobalto	Banco Mundial (2017) <sup>60</sup> :
		<p>Agencia Internacional de Energía (2020)<sup>58</sup>:</p> <p>En un escenario de impulso climático para el grafito se proyecta un crecimiento de la demanda de alrededor de 19 veces en el Escenario de Desarrollo Sostenible hasta 2040.</p>
		<p>Banco Mundial (2020)<sup>59</sup>:</p> <p>76 % (IRENA - Agencia Internacional de Energías Renovables) 60% (IAE - Agencia Internacional de Energía; escenario de desarrollo sostenible del 2%)</p>

<sup>56</sup> Banco Mundial (2020), *Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition*

<sup>57</sup> Banco Mundial (2017). Op. cit.

<sup>58</sup> Agencia Internacional de Energía (2020), Op. cit.

<sup>59</sup> Banco Mundial (2020). Op. cit.

<sup>60</sup> Banco Mundial (2017). Op. cit.

Criterio	Mineral	Prospectivas de demanda mundial
		<p>Para las tecnologías de almacenamiento de energía en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de cobalto de 1.150%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> <li>• 4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de cobalto de 100%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul>
	Grafito	<p>Agencia Internacional de Energía (2020)<sup>61</sup>:</p> <p>En un escenario de impulso climático para el cobalto se proyecta un crecimiento de la demanda de alrededor de 21 veces en el Escenario de Desarrollo Sostenible hasta 2040.</p> <p>Agencia Internacional de Energía (2021)<sup>62</sup>:</p> <p>En un escenario de impulso climático para el grafito se proyecta un crecimiento de la demanda de alrededor de 25 veces en el Escenario de Desarrollo Sostenible hasta 2040.</p>
	Uranio (& otros minerales radioactivos)	<p>International Atomic Energy Agency - Nuclear Energy Agency - OECD (2020)<sup>63</sup>:</p> <p>Se espera que la capacidad de producción de uranio al año 2040 (considerando centros prospectivos) disminuya un 10,3% respecto de las predicciones del año 2025, de 81.610 ton U/año a 73.175 ton U/año.</p> <p>Las estimaciones para 2040 muestran una caída dramática en la capacidad de producción a partir del año 2035, debido al agotamiento de los recursos locales (RAR e ir), pero también por el impacto de un período prolongado de bajos precios de mercado del uranio que afectan los planes de largo plazo para ampliar la capacidad de producción.</p> <p>Se proyecta que los siguientes países aumentarán su capacidad de producción al año 2040: Australia (4535), Nigeria (3300), Namibia (2600), Brasil (1300), Sudáfrica (1000), India (340) y China (300). (incremento en capacidad de producción de U al año 2040, respecto de capacidad instalada prevista para el año 2025).</p>
	Tierras raras	<p>Banco Mundial (2017)<sup>64</sup>:</p> <p>Para la fabricación de Turbinas eólicas en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de tierras raras de 240%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> <li>• 4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de tierras raras de 155%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul>

<sup>61</sup> Agencia Internacional de Energía (2020), Op. cit.

<sup>62</sup> Agencia Internacional de Energía (2021), *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*

<sup>63</sup> International Atomic Energy Agency - Nuclear Energy Agency - OECD (2020), *Uranium 2020: Resources, Production and Demand*

<sup>64</sup> Banco Mundial (2017), Op. cit.

Criterio	Mineral	Prospectivas de demanda mundial
		Agencia Internacional de Energía (2020) <sup>65</sup> :  La demanda de elementos de tierras raras puede ser de 3 a 7 veces mayor que la del año 2020
	Zinc	Banco Mundial (2017) <sup>66</sup> : Para la fabricación de Turbinas eólicas en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de zinc de 245%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> <li>• 4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de zinc de 155%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul> Para la fabricación de celdas fotovoltaicas solares en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de zinc de 300%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> <li>• 4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de zinc de 155%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul>
		Banco Mundial (2020) <sup>67</sup> :  231% (IRENA - Agencia Internacional de Energías Renovables) 80% (IAE - Agencia Internacional de Energía; escenario de desarrollo sostenible del 2%)
	Molibdeno	Banco Mundial (2017) <sup>68</sup> : Para la fabricación de Turbinas eólicas en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de molibdeno de 240%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> <li>• 4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de molibdeno de 155%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul> Para la fabricación de celdas fotovoltaicas solares en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de molibdeno de 315%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> <li>• 4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de molibdeno de 165%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul>
		Banco Mundial (2020) <sup>69</sup> :

<sup>65</sup> Agencia Internacional de Energía (2020), Op. cit.

<sup>66</sup> Banco Mundial (2017), Op. cit.

<sup>67</sup> Banco Mundial (2020), Op. cit.

<sup>68</sup> Banco Mundial (2017, Op. cit.)

<sup>69</sup> Banco Mundial (2020), Op. cit.

Criterio	Mineral	Prospectivas de demanda mundial
		119% (IRENA - Agencia Internacional de Energías Renovables) 65% (IAE - Agencia Internacional de Energía; escenario de desarrollo sostenible del 2%)
	Coltán (Niobio & Tantalio)	WATARI, Takuma; NANSAI Keisuke y NAKAJIMA, Kenichi. <sup>70</sup>  Históricamente se han producido unas 1.800 ton/año de tantalio y se proyecta de acuerdo con los datos de perspectivas de demanda global analizados por el autor, un incremento en la producción para todos los usos y para tecnologías bajas en carbono; para estas últimas se estima una producción al año 2050 de hasta 3.000 ton/año
	Metales del Grupo del Platino (Platino, Paladio, Rutenio)	WATARI, Takuma; NANSAI Keisuke y NAKAJIMA, Kenichi. <sup>71</sup>  Son considerados metales críticos para su uso en las tecnologías bajas en carbono.  Históricamente se han producido unas 250 ton/año y se proyecta de acuerdo con los datos de perspectivas de demanda global analizados por el autor, un incremento en la producción para todos los usos y para tecnologías bajas en carbono; para estas últimas se estima una producción al año 2050 de hasta 1.300 ton/año
Seguridad Alimentaria	Fosfatos	<i>Grand View Research (2021). Phosphate Rock Market Size, Share &amp; Trends Analysis Report By Application (Fertilizers, Food &amp; Feed Additives, Industrial), By Region (North America, Europe, APAC, South America, MEA), And Segment Forecasts, 2022 - 2030</i> <sup>72</sup>  Proyecta un crecimiento en la demanda de roca fosfórica del 26,2%, pasando de 211 millones de toneladas en el año 2022, a 266,4 millones de toneladas en el año 2030.
	Azufre	Mordor Intelligence (2020) <sup>73</sup> :  El tamaño del mercado de azufre se estimó en alrededor de 64 500 kilo toneladas en 2021, y se espera que el mercado registre una Tasa de Crecimiento Anual Compuesto -CAGR por sus siglas en inglés, de más del 5% durante el período de pronóstico (2022-2027).  <ul style="list-style-type: none"> <li>• A corto plazo, los principales factores que impulsan el crecimiento del mercado del azufre son la creciente demanda del sector de fabricación de fertilizantes y el uso cada vez mayor de azufre para la vulcanización del caucho.</li> <li>• Por otro lado, se espera que las estrictas regulaciones ambientales con respecto a las emisiones obstaculicen el crecimiento del mercado.</li> <li>• Se espera que el uso de azufre en el hormigón de polímero de cemento actúe como una oportunidad en el futuro.</li> </ul>

<sup>70</sup> WATARI, Takuma; NANSAI Keisuke y NAKAJIMA, Kenichi. En: *Resources, Conservation and Recycling* (2020). Volumen 155. Abril de 2020. *Review of critical metal dynamics to 2050 for 48 elements*

<sup>71</sup> Íbidem

<sup>72</sup> *Grand View Research (2021). Phosphate Rock Market Size, Share & Trends Analysis Report by Application (Fertilizers, Food & Feed Additives, Industrial), By Region (North America, Europe, APAC, South America, MEA), And Segment Forecasts, 2022 – 2030.* En: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/phosphate-rock-market>

<sup>73</sup> Mordor Intelligence (2020). Mercado de azufre: crecimiento, tendencias, impacto de Covid-19 y pronósticos (2022 - 2027). En: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/sulfur-market>

Criterio	Mineral	Prospectivas de demanda mundial
Desarrollo Industrial y de la Infraestructura pública	Hierro	<p>Banco Mundial (2017)<sup>74</sup>: Para la fabricación de Turbinas eólicas en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de hierro de 240%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> <li>• 4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de hierro de 150%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul> <p>Para la fabricación de celdas fotovoltaicas solares en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de hierro de 300%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> <li>• 4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de hierro de 155%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul> <p>Para las tecnologías de almacenamiento de energía en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de hierro de 1.150%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> <li>• 4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de hierro de 100%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul>
	Bauxita (Aluminio)	<p>Banco Mundial (2020)<sup>75</sup>: 219% (IRENA - Agencia Internacional de Energías Renovables) 80% (IAE - Agencia Internacional de Energía; escenario de desarrollo sostenible del 2%)</p> <p>Banco Mundial (2017)<sup>76</sup>: Para la fabricación de Turbinas eólicas en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de bauxita de 245%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> <li>• 4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de bauxita de 155%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul> <p>Para la fabricación de celdas fotovoltaicas solares en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de bauxita de 305%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> </ul>

<sup>74</sup> Banco Mundial (2017), Op. cit.

<sup>75</sup> Banco Mundial (2020), Op. cit.

<sup>76</sup> Banco Mundial (2017), Op. cit.

Criterio	Mineral	Prospectivas de demanda mundial
		<ul style="list-style-type: none"> <li>4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de bauxita de 165%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul> <p>Para las tecnologías de almacenamiento de energía en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de bauxita de 1.150%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> <li>4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de bauxita de 100% en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul> <p>Banco Mundial (2020)<sup>77</sup>:</p> <p>322% (IRENA - Agencia Internacional de Energías Renovables) 120% (IAE - Agencia Internacional de Energía; escenario de desarrollo sostenible del 2%)</p>
	Carbón metalúrgico	<p>World Economic Forum (2015)<sup>78</sup>:</p> <p>Se proyecta un incremento en la demanda de carbón metalúrgico para la producción de acero de 350 millones de toneladas adicionales respecto de la registrada en el año 2020 (1.100 Mt).</p> <p>Buckley, Tim. <i>Institute for Energy Economics and Financial Analysis</i> (diciembre de 2020).<sup>79</sup></p> <p>“Salimos de 2020 con una lista creciente de los mayores fabricantes de acero del mundo que ahora se han comprometido con los objetivos de cero emisiones netas para 2050. Nippon Steel y POSCO añaden importancia global al liderazgo anterior mostrado por ArcelorMittal (n.º 1 del mundo), ThyssenKrupp de Alemania, Voestalpine de Austria y el consorcio SSAB/LKAB/Vattenfall de Suecia que busca HYBRIT.</p> <p>Todos estos fabricantes de acero hacen referencia a dos caminos tecnológicos hacia el único objetivo de cero emisiones, que son:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Evitar la producción de CO2 mediante el uso de hidrógeno verde, y</li> <li>2. El almacenamiento o uso de CO2 producido en la fabricación de acero (captura, uso y almacenamiento de carbono, o CCUS).</li> </ol> <p>Actualización de IEEFA: Es probable que el declive del carbón coquizable siga el camino de la desaparición progresiva del carbón térmico</p> <p>Agencia Internacional de Energía (2021)<sup>80</sup>:</p>

<sup>77</sup> Banco Mundial (2020), Op. cit.

<sup>78</sup> World Economic Forum (2015). *Mining & Metals in a Sustainable World 2050*

<sup>79</sup> Buckley, Tim. *Institute for Energy Economics and Financial Analysis* (diciembre de 2020). Actualización de IEEFA: Es probable que el declive del carbón coquizable siga el camino de la desaparición progresiva del carbón térmico

En: <https://ieefa.org/resources/ieefa-update-coking-coals-decline-likely-follow-path-thermal-coals-progressive-demise>

<sup>80</sup> Agencia Internacional de Energía (2021). *Coal. World metallurgical coal consumption and production*

Criterio	Mineral	Prospectivas de demanda mundial
		Proyecta una producción y demanda de carbón metalúrgico al año 2050 de 1.100 millones de ton, ligeramente inferior a la registrada en el año 2020.
	Manganeso	<p>Banco Mundial (2017)<sup>81</sup>: Para la fabricación de Turbinas eólicas en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de manganeso de 240%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> <li>• 4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de manganeso de 155%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul> <p>Para las tecnologías de almacenamiento de energía en escenarios de calentamiento global durante el siglo XXI de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 grados: se proyecta un incremento en la demanda de manganeso de 1.150%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados; y</li> <li>• 4 grados: se proyecta un incremento en la demanda de manganeso de 100%, en comparación con la demanda en el escenario de 6 grados centígrados</li> </ul>
	Materiales de construcción	OECD (2018) <sup>82</sup> . Proyecta un incremento sustancial y progresivo en la demanda de arena, gravas y rocas trituradas, hasta alcanzar 55.000 millones de ton en el año 2060.
	Arenas síliceas (Silicio)	WATARI, Takuma; NANSAI Keisuke y NAKAJIMA, Kenichi <sup>83</sup> . La producción histórica de silicio ha sido de unas 7.600 ton/año, y se espera que la demanda al año 2050 se incremente para todos los usos, hasta unas 12.500 ton/año; se espera que la demanda de silicio para ese año para su uso en tecnologías de bajo carbono se ubique en unas 2.400 ton/año.
	Titanio	Banco Mundial (2020) <sup>84</sup> : 40% (IRENA - Agencia Internacional de Energías Renovables) 38% (IAE - Agencia Internacional de Energía; escenario de desarrollo sostenible del 2%)
	Caliza	OECD. Proyecta un incremento en la demanda de calizas desde 6.000 millones de ton en 2011 hasta alcanzar 14.000 millones de ton en el año 2060.
Promoción de la Asociatividad	Materiales de construcción	OECD (2018) <sup>85</sup> . Proyecta un incremento sustancial y progresivo en la demanda de arena, gravas y rocas trituradas hasta alcanzar 55.000 millones de ton en el año 2060.

Fuente: Construcción propia a partir de las fuentes consultadas.

<sup>81</sup> Banco Mundial (2017), Op. cit.

<sup>82</sup> OECD (2018). *Global Material Resources: Outlook to 2060 Economic drivers and environmental consequences*.

<sup>83</sup> WATARI, Takuma; NANSAI Keisuke y NAKAJIMA, Kenichi, Op. cit.

<sup>84</sup> Banco Mundial (2020), Op. cit.

<sup>85</sup> OECD (2018), Op. cit.

En este contexto, es importante considerar el caso del carbón térmico, el cual, pese a su representatividad en cuanto al PIB minero y otras consideraciones de tipo económico, a mediano y largo plazo no será un energético competitivo y que se prevé que en los próximos años su demanda se reducirá en las economías avanzadas, a medida que las energías renovables vayan aumentando participación en la generación energética<sup>86</sup>. Ello supone un desincentivo al desarrollo de nuevos proyectos para este mineral, si se tiene en cuenta el período del ciclo minero.

---

<sup>86</sup> IEA (2022) *The world's coal consumption is set to reach a new high in 2022 as the energy crisis shakes markets*, tomado de <https://www.iea.org/news/the-world-s-coal-consumption-is-set-to-reach-a-new-high-in-2022-as-the-energy-crisis-shakes-markets>

## 6. Disponibilidad de los minerales identificados preliminarmente respecto de los títulos mineros vigentes y su explotación en Colombia

En la Tabla 7 se encuentra relacionado el número de títulos mineros vigentes al 30 de septiembre de 2022 y el área otorgada para cada uno de los minerales identificados en el presente documento como listado preliminar, así como el número de títulos mineros que cuentan con Programa de Trabajos y Obras - PTO e instrumento ambiental aprobado, los cuales permiten que el titular minero desarrolle labores de explotación minera:

**Tabla 7.** Títulos mineros vigentes y explotación 2021<sup>P</sup> de los minerales identificados preliminarmente

Minerales identificados preliminarmente							
	Mineral	Títulos Mineros	Área (Hectáreas)	PTO/PTI Aprobado	Instrumento Ambiental Aprobado	Explotación 2021	Unidad de Medida
Transición Energética & Nuevas Tecnologías	Cobalto	746	605.340	74	65	0	
	Cobre	1.043	1.016.506	87	70	9.194	Toneladas
	Cromo	751	609.129	74	65	0 2019: 60	Toneladas
	Grafito	752	611.486	75	66	0 2019: 135	Toneladas
	Litio	745	605.197	74	65	0	
	Molibdeno	939	968.129	76	69	0	
	Niobio (Coltán)	2	147	1	0	0 2020: 94	Kilogramos
	Níquel	784	643.586	87	71	38.300	Toneladas
	Oro	2.108	2.006.666	281	205	55,32	Toneladas
	Platino	1.184	1.372.858	84	74	617,87	Kilogramos
	Tantalo (Coltán)	750	612.907	76	66	0 2020: 75	Kilogramos
	Tierras Raras	745	605.197	74	65	0	
	Uranio	753	607.780	74	65	0	
Zinc	960	1.012.078	76	69	0 2022 Q1: 37	Toneladas	
Seguridad Alimentaria	Azufre	745	605.197	74	65	0 2014: 9.342	Toneladas
	Magnesita (Magnesio)	759	613.213	76	67	0 2020: 1.077	Toneladas
	Potasio	745	605.197	74	65	0	
	Roca Fosfática (Fosfatos)	788	619.562	98	83	51.106	Toneladas
Desarrollo industrial y de la Infraestructura	Arenas y Gravas Silíceas	1.745	831.703	280	281	138.851	Metros Cúbicos
	Bauxita (Aluminio)	747	604.976	74	65	3.200	Toneladas
	Caliza	1.286	747.348	415	332	21,19	Millones de Ton.
	Carbón Metalúrgico	1.622	1.001.296	604	467	1,15 Coque: 4,03	Millones de Ton.
	Hierro	784	643.586	87	71	749.890	Toneladas
	Manganeso	757	606.838	77	66	0 2019: 389	Toneladas
	Titanio	753	613.152	76	66	0	
Vanadio	745	606.620	75	65	0		

Fuente: Construcción propia a partir de datos AnnA Minería al 30/09/2022 y datos sobre explotación de minerales. P: Datos provisionales al 31 de enero de 2023 del Grupo de Regalías y Contraprestaciones Económicas de la ANM.

Como puede observarse en la tabla anterior, la información sobre titulación se complementa con los datos sobre explotación minera del año 2021, indicando el último año y la cantidad reportada para aquellos minerales sobre los cuales no se registró explotación durante el año 2021.

Es preciso considerar que, al 31 de enero de 2023, no se ha reportado explotación en el país de los minerales cobalto, litio, molibdeno, elementos de tierras raras, uranio, titanio, vanadio y potasio; sin embargo, se encuentran incluidos dentro de los minerales autorizados en los títulos mineros vigentes que incluyen todos los minerales, principalmente. La explotación de carbón metalúrgico corresponde a la reportada para exportación durante el año 2021; se incluye la información sobre coque exportado durante el período por ser un producto con valor agregado elaborado a partir del carbón metalúrgico.

### 6.1 Explotación e importación en Colombia de los minerales identificados preliminarmente

En la Tabla 8 se relaciona la explotación minera del año 2021 y la cantidad importada en Colombia para cada uno de los minerales listados acorde con las subpartidas arancelarias identificadas y listadas en la tabla, sin considerar las importaciones relacionadas con manufacturas o productos con mayor valor agregado. A partir de ello es posible identificar la inexistencia o explotación insuficiente en el país de algunos minerales como Aluminio (Bauxita), Cromo, Grafito, Cobalto, Litio, Molibdeno, Niobio, Tantalio, Zinc, Azufre, Magnesio, Potasio, Roca Fosfórica, Manganeso, Titanio y Vanadio.

**Tabla 8.** Explotación e importaciones año 2021<sup>P</sup> de los minerales identificados

Minerales identificados preliminarmente					
	Mineral	Explotación 2021	Importación 2021	Unidad de Medida	Subpartida Arancelaria Importación
Transición Energética & Nuevas Tecnologías	Cobalto	0	51	Toneladas	8105200000
	Cobre	9.194	80	Toneladas	7403190000
	Cromo	0 2019: 60	764	Toneladas	2610000000
	Grafito	0 2019: 135	632	Toneladas	2504100000
			331		2504900000
	Litio	0	47	Toneladas	2825200000
			6		2836910000
	Molibdeno	0	0,25	Kilogramos	8102100000
	Niobio (Coltán)	0 2020: 94	11	Kilogramos	7202930000 Ferroniobio
	Níquel	38.300	104	Toneladas	7502100000
	Oro	55,32	0,00007	Toneladas	7108120000
			0,02000		2616901000
	Platino	617,87	178	Kilogramos	7110110000
			12		7110210000 Paladio
	Tantalio (Coltán)	0 2020: 75	0,31	Kilogramos	8103200000
Tierras Raras	0	0		2805300000	
Uranio	0	0		2844100000	
Zinc	0 2022Q1: 37	10.330	Toneladas	7901110000	
		6.893		7901120000	

Minerales identificados preliminarmente					
	Mineral	Explotación 2021	Importación 2021	Unidad de Medida	Subpartida Arancelaria Importación
Seguridad Alimentaria	Azufre	0 2014: 9.342	9.425	Toneladas	2503000000
	Magnesita (Magnesio)	0 2020: 1.077	229	Toneladas	8104110000
	Potasio	0	5.041	Toneladas	2815200000
	Roca Fosfática (Fosfatos)	51.106	58.158	Toneladas	2510200000
Desarrollo industrial y de la Infraestructura	Arenas y Gravas Silíceas	138.851	(9280 Ton)	Metros Cúbicos	2505100000
	Bauxita (Aluminio)	3.200	16.601	Toneladas	2606000000
	Caliza	21,19	0,056	Millones de Toneladas	6802920000
	Carbón Metalúrgico	1,15 Coque: 4,03	(2 Kg)	Millones de Toneladas	270112090
	Hierro	749.890	3	Toneladas	7206900000
			3		7203100000
			24		7201100000
	Manganeso	0 2019: 389	2	Toneladas	8111001100
			46		8111009000
	Titanio	0	2	Toneladas	8108200000
Vanadio	0	3,38	Kilogramos	2615900000	
		29,42		2825300000	

Fuente: Construcción propia a partir de datos DANE y DIAN (SIEX) sobre importaciones del año 2021. P: Datos provisionales ANM al 31/01/2023.

## 6.2 Depósitos, prospectos y ocurrencias minerales vs estudios de minerales estratégicos en Colombia.

### 6.2.1 Minerales Estratégicos de la Resolución 18 0102 de 2012

El Ministerio de Minas y Energía (MME), mediante la Resolución 18 0102 de enero 30 del 2012, determinó los siguientes diez (10) grupos minerales de interés estratégico para el país: Minerales asociados, derivados o concentrados de Oro (Au), Platino (Pt), Cobre (Cu), Uranio (U), Hierro (Fe), Fosfatos (P), Potasio (K), Magnesio (Mg), Coltán (Niobio (Nb) - Tantalio (Ta)) y Carbón metalúrgico y térmico.

El único elemento o compuesto químico de la lista de minerales estratégicos declarados bajo la Resolución 18 0102 del 2012 que no se encuentra entre los depósitos, prospectos y ocurrencias minerales localizados en el MMC (2020), es el Potasio (K). Los restantes nueve (9) minerales tienen presencia documentada en dicho mapa.

Sin embargo, en Colombia se tienen registros de sales de Potasio (K) en un área ubicada en la Mesa de los Santos, Departamento de Santander, de acuerdo con el estudio denominado “Áreas con Potencial Mineral para Definir Áreas de Reserva Estratégica del Estado” (Bernal L.E., et al. 2012). El anterior estudio fue realizado por el SGC como base preliminar para la definición de los minerales estratégicos de la Resolución 18 0102.

### 6.2.2 Minerales Estratégicos del estudio de la UPME de 2019

Los resultados finales de la matriz de criticidad adaptada para la actualización de los minerales estratégicos de Colombia, obtenidos por la UPME (2019) en las conclusiones de la encuesta a expertos mineros sobre la importancia nacional e internacional de los minerales y su disponibilidad, establece dieciséis (16) minerales críticos: Oro (Au), Carbón térmico y metalúrgico, Esmeralda, Níquel (Ni), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Roca Fosfórica, Arenas Silíceas, Plata (Ag), Platino (PGE), Manganeso (Mn), Aluminio (Al), Potasio (K), Zinc (Zn) y Cromo (Cr).

Los únicos minerales, resultado de la prueba piloto de la UPME (2019), que no se encuentran entre los depósitos, prospectos y ocurrencias minerales localizados en el MMC (2020), son dos (2): Arenas Silíceas y Potasio (K); esto no significa que no se encuentren en el país, solo que, para los alcances y documentación recopilada en dicho trabajo, no se presentaron. Los restantes catorce (14) elementos y compuestos minerales tienen presencia documentada en el MMC<sup>87</sup> (2020).

---

<sup>87</sup> El módulo de metalogía de EXPLORA 2.0 consta de más de 7.000 registros de depósitos, ocurrencia, prospectos, etc.; usando 2.954 registros en la salida gráfica, priorizando oro, metales base y minerales energéticos.

## 7. Identificación de posibles minerales estratégicos según los criterios analizados

Como se indicó en la introducción, del análisis plasmado en los anteriores numerales es posible identificar un grupo de minerales que serían el punto de partida para la actualización de los minerales de interés estratégico para Colombia. En tal sentido, la siguiente tabla presenta este grupo de minerales y un comparativo respecto de los países analizados, en los cuales, tales minerales son considerados críticos según las razones particulares de cada país:

**Tabla 9.** Minerales identificados para Colombia vs. Minerales críticos establecidos para algunos países del mundo

Mineral identificado preliminarmente	Criterio aplicado para Colombia	Estratégico o crítico en:						
		EE.UU	Canadá	Unión Europea	Australia	India	Brasil	Japón
Litio	Transición energética y nuevas tecnologías	X	X	X	X	X		X
Cobre			X				X	
Níquel		X	X				X	X
Cobalto		X	X	X	X	X	X	X
Grafito		X	X	X	X	X	X	
Uranio (& otros minerales radioactivos)				X			X	
Tierras raras		X	X	X	X	X	X	X
Zinc		X	X					
Molibdeno			X			X	X	X
Coltán (Niobio & Tantalio)		X	X	X	X	X	X	X
Oro y minerales asociados							X	
Metales del Grupo Platino (Platino, Paladio, Rutenio)		X	X	X	X		X	X
Hierro							X	
Manganeso		X	X		X		X	
Carbón metalúrgico				X				
Fosfatos	Seguridad alimentaria			X		X	X	
Magnesio		X	X	X	X			
Potasio			X			X	X	
Azufre							X	
Hierro	Desarrollo industrial y de la infraestructura pública						X	
Bauxita (Aluminio)		X	X	X			X	
Carbón metalúrgico				X				
Manganeso		X	X		X		X	
Materiales de construcción								
Arenas silíceas – Silicio				X	X	X	X	
Titanio		X	X	X	X	X	X	X
Vanadio		X	X	X	X	X	X	X
Tungsteno		X	X	X	X	X	X	X
Caliza						X		

Mineral identificado preliminarmente	Criterio aplicado para Colombia	Estratégico o crítico en:						
		EE.UU	Canadá	Unión Europea	Australia	India	Brasil	Japón
Yeso	Minerales para el autoabastecimiento					X		
Bauxita (aluminio)		X	X	X			X	
Tierras raras		X	X	X	X	X	X	X
Materiales de construcción	Promoción de la asociatividad							
Oro y minerales asociados							X	
Esmeraldas								

Fuente: Construcción propia a partir de datos incluidos en la tabla 1.

## Conclusiones

Colombia es un país privilegiado en cuanto a la disponibilidad de una amplia variedad de minerales, muchos de los cuales resultan estratégicos para aportar al desarrollo industrial asociado a las nuevas tecnologías, la transición energética y el desarrollo de la infraestructura que requiere el país; sin embargo, es necesario ampliar y profundizar el conocimiento del potencial disponible e implementar políticas que favorezcan su aprovechamiento con la implementación de buenas prácticas técnicas, sociales y ambientales, como aporte al logro de una matriz energética nacional que esté compuesta en su mayoría por fuentes no convencionales consideradas limpias.

A pesar de que en los últimos 10 años se ha registrado explotación de más de 50 variedades de minerales en Colombia, actualmente se importan diferentes minerales relacionados con variadas actividades económicas que tienen lugar en el país, principalmente industria, infraestructura y producción de alimentos. Lo anterior, al no contar con explotación local de algunos minerales, no ser suficiente la cantidad explotada en el país (como es el caso de la roca fosfórica y la bauxita (aluminio)), o por no contar con plantas de procesamiento para los concentrados polimetálicos que son producidos en el país, concentrados que, según información de compañías mineras que realizan actividades de exploración y explotación, podrían contener entre otros minerales: cobre, metales preciosos, plomo y zinc, según la ubicación de cada uno de los proyectos. Estos minerales a su vez se encuentran incluidos en el Atlas Geoquímico de Colombia 2020 del Servicio Geológico Colombiano, con información de su concentración en sedimentos, además de incluir información sobre metales base como: cobalto, molibdeno y magnesio, entre otros.

Con la propuesta de criterios para la actualización de los minerales estratégicos, se busca priorizar y focalizar la inversión en el conocimiento geocientífico de esos minerales, los cuales se relacionan con la transición energética, la soberanía en el suministro, la seguridad alimentaria, el desarrollo de la infraestructura e industria necesarios para soportar la generación de energía a partir de fuentes más limpias y la búsqueda de asociatividad entre los mineros tradicionales, para que ellos contribuyan a la economía formal de la actividad minera en Colombia.

El listado preliminar de 28 minerales estratégicos resultante de aplicar los lineamientos identificados a lo largo del presente documento, es el siguiente:

**Tabla 10.** Listado preliminar de minerales estratégicos

Mineral identificado preliminarmente	¿Establecido como mineral estratégico en la Resolución MME 180102 de 2012?
Litio	NO
Cobre	SI
Níquel	NO
Cobalto	NO
Grafito	NO
Uranio (& otros minerales radioactivos)	SI
Tierras raras	NO

Mineral identificado preliminarmente	¿Establecido como mineral estratégico en la Resolución MME 180102 de 2012?
Zinc	NO
Molibdeno	NO
Coltán (Niobio & Tantalio)	SI
Oro y minerales asociados	SI
Metales del Grupo del Platino (Platino, Paladio, Rutenio)	SI
Hierro	SI
Manganeso	NO
Carbón metalúrgico	SI
Fosfatos	SI
Magnesio	SI
Potasio	SI
Azufre	NO
Bauxita (Aluminio)	NO
Materiales de construcción	NO
Arenas silíceas – Silicio	NO
Titanio	NO
Vanadio	NO
Tungsteno	NO
Caliza	NO
Yeso	NO
Esmeraldas	NO

Fuente: Construcción propia a partir de datos incluidos en la tabla 9.

## Recomendaciones

Se recomienda al Consejo Directivo de la Agencia Nacional de Minería, como instancia encargada de definir los lineamientos que deben emplearse por parte de la autoridad minera nacional para actualizar el listado de los minerales que resultan estratégicos para el país, tomar en consideración los siguientes lineamientos:

1. Soberanía del Estado colombiano sobre los recursos minerales de propiedad estatal
2. Existencia de ambientes geológicos favorables y priorización de la investigación
3. Demanda de minerales para la transición energética
4. Demanda de minerales para la seguridad alimentaria
5. Demanda de minerales para el desarrollo industrial y de la infraestructura pública
6. Minerales para el autoabastecimiento
7. Minerales para promover la asociatividad

Igualmente, se recomienda incluir, como parte de la metodología que se establezca para la aplicación de los lineamientos anteriores, la consulta estructurada a expertos externos.

Finalmente, se sugiere que los anteriores lineamientos y el listado de minerales estratégicos resultantes de su aplicación, sea revisado y, de ser necesario, actualizado en un período no menor a tres (3) años.

## Referencias bibliográficas

- Agencia Internacional De Energía (2020). *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*
- Agencia Internacional De Energía (2021). *Coal. World metallurgical coal consumption and production.*
- Agencia Nacional de Minería. Sistema Integral de Gestión Minera – AnnA Minería.
- Agencia Nacional de Minería, 2021. Explotación Nacional de Minerales 2019 y 2020. En: <http://www.anm.gov.co/?q=regalias-contraprestaciones-economica>
- Banco Mundial (2017). *The Growing Role of Minerals and Metals for a Low Carbon Future.*
- Banco Mundial (2020). *Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition*
- Bernal L.E., Celada C.M., Mora B.M, Suárez C., Jiménez C., Castellanos F., Terraza R., Gómez E., Rincón M., Monroy W., Alvarado S., Sánchez C., García A., Moreno G., Gloria Prieto G. (2012). Áreas con Potencial Mineral para Definir Áreas de Reserva Estratégica del Estado. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- Buckley, Tim. *Institute for Energy Economics and Financial Analysis* (diciembre de 2020). En: <https://ieefa.org/resources/ieefa-update-coking-coals-decline-likely-follow-path-thermal-coals-progressive-demise>
- Comisión Europea. *Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs*. En: [https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials_en)
- Comisión Interministerial de Análisis de Proyectos Estratégicos Minerales (CTAPME). Resolución No. 2 de 2022. En: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-avanca-na-implementacao-da-politica-pro-minerais-estrategicos/Resoluon02SGM.pdf>
- CRU UPME (2018), Caracterización y análisis del mercado internacional de minerales en el corto, mediano y largo plazo con vigencia al año 2035. En: <http://bdigital.upme.gov.co/bitstream/handle/001/1333/1%20Metodolog%c3%ada.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística -DANE. En: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-internacional/importaciones/importaciones-historicos>
- Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales –DIAN. En: <https://www.dian.gov.co/dian/cifras/Paginas/EstadisticasComEx.aspxhttp://bdigital.upme.gov.co/bitstream/handle/001/1333/1%20Metodolog%c3%ada.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. 2019. El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019. Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía. Roma, FAO. En: <https://www.fao.org/3/ca5162es/ca5162es.pdf>
- Gobierno de Australia. *Critical Minerals at Geoscience Australia*. En: <https://www.ga.gov.au/scientific-topics/minerals/critical-minerals>
- Gobierno de Canadá. *Critical Minerals Strategy Discussion Paper*. En: <https://www.canada.ca/en/campaign/critical-minerals-in-canada/canada-critical-minerals-strategy-discussion-paper.html>
- Gómez, J. & Montes, N.E., compiladores. 2020. Atlas Geológico de Colombia 2020. Escala 1:500 000. Servicio Geológico Colombiano En: <https://www2.sgc.gov.co/sgc/mapas/Paginas/AtlasGeoquimico.aspx>
- *Grand View Research (2021). Phosphate Rock Market Size, Share & Trends Analysis Report By Application (Fertilizers, Food & Feed Additives, Industrial), By Region (North America, Europe, APAC, South America, MEA), And Segment Forecasts, 2022 - 2030*

- Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS. Reconocimiento y muestreo litológico para potasio y magnesio en Colombia, Contrato 453 -2010 Informe final, 2011. Piragua Alarcón, Alexander y colaboradores. En : <https://catalogo.sgc.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=48892>
- INGEOMINAS. Recursos minerales de Colombia: Azufre / Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras (INGEOMINAS), Armando Murcia Leal. 1986. En <https://catalogo.sgc.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=12282>
- *International Atomic Energy Agency - Nuclear Energy Agency – OECD (2020). Uranium 2020: Resources, Production and Demand.*
- *International Energy Agency. Final List of Critical Minerals 2022.* En: <https://www.iea.org/policies/15271-final-list-of-critical-minerals-2022>
- López, J.A., Leal, H., Luengas, C.S., Velásquez, L.E., Celada, C.M., Sepúlveda, M.J., Prieto, D.A., Gómez, M., Hart, C.J.R. (2018). Mapa Metalogénico de Colombia. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- Mordor Intelligence (2020). Mercado de azufre: crecimiento, tendencias, impacto de covid-19 y pronósticos (2022 - 2027). En: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/sulfur-market>
- Natural Resources Canadá. En: <https://www.nrcan.gc.ca/our-natural-resources/minerals-mining/critical-minerals/23414>
- Nakano, Jane. CSIS Energy Security and Climate Change Program. En: <https://www.csis.org/analysis/geopolitics-critical-minerals-supply-chains>
- OECD (2018). *Global Material Resources: Outlook to 2060 Economic drivers and environmental consequences.*
- Organización de Naciones Unidas, Objetivos de Desarrollo Sostenible. En: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (2022). Estado actual de la prospección de fosfatos en Colombia (Documento en construcción).
- Sepúlveda, J., Celada, C. M., Leal-Mejía, H., Murillo, H., Rodríguez, A., Gómez, M., Prieto, D., Jiménez, C. Rache, A. y Hart, C. (2020). Mapa Metalogénico de Colombia 2020. Memoria Explicativa. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.
- UPME. Sistema de Información Minero Colombiano SIMCO. En: <https://www1.upme.gov.co/simco>
- UPME. Minerales estratégicos. Diciembre de 2019
- U.S. Geological Survey. *Methodology and Technical Input for the 2021 Review and Revision of the U.S. Critical Minerals List.* En: <https://pubs.usgs.gov/of/2021/1045/ofr20211045.pdf>
- Vaibhav Gupta, Tirtha Biswas, and Karthik Ganesan y Department of Science & Technology, Government of India. *Critical Non-Fuel Mineral Resources for India's Manufacturing Sector: A Vision for 2030.* En: <https://www.ceew.in/publications/critical-non-fuel-mineral-resources-indias-manufacturing-sector>
- Watari, Takuma; Nansai Keisuke y Nakajima, Kenichi. En: *Resources, Conservation and Recycling (2020)*. Volumen 155. Abril de 2020. *Review of critical metal dynamics to 2050 for 48 elements*
- World Economic Forum (2015). *Mining & Metals in a Sustainable World 2050*