

# MINERALES ESTRATÉGICOS

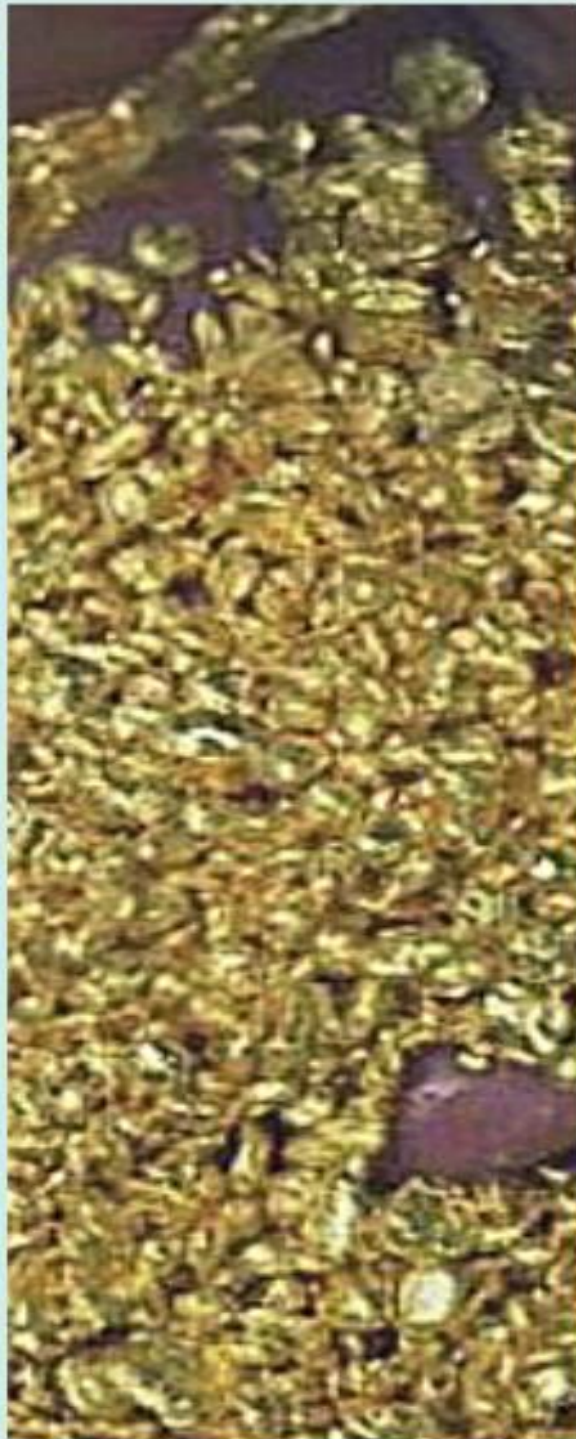
METODOLOGÍA PARA ACTUALIZAR Y SELECCIONAR LOS  
MINERALES ESTRATÉGICOS EN COLOMBIA





# MINERALES ESTRATÉGICOS

## METODOLOGÍA APLICADA



SEGUNDA EDICIÓN

*Ministerio de Minas y Energía  
Unidad de Planeación Minero Energética  
Agencia Nacional de Minería  
Servicio Geológico Colombiano*



# TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	4
1. La importancia de identificar los minerales estratégicos en el país.....	5
2. La necesidad de actualizar periódicamente los minerales estratégicos.....	6
3. Principales metodologías aplicadas para la selección de minerales estratégicos o críticos.....	8
4. Metodología para la selección de minerales estratégicos.....	9
5. Procedimiento para seleccionar o actualizar minerales estratégicos.....	10
6. La matriz de criticidad adaptada para la selección de minerales estratégicos.....	12
7. Estructura de la matriz de criticidad adaptada.....	8
Bibliografía.....	14
Anexo A. Aplicación de la metodología para la selección de minerales estratégicos .....	15
Anexo B. Análisis internacionales de minerales (preselección objetiva de minerales).....	36
Anexo C. Análisis nacional de minerales (preselección objetiva de minerales).....	39
Anexo D. Análisis de mercado de los minerales estratégicos Resolución 180102.....	41
Anexo E. Antecedentes sobre los minerales estratégicos en Colombia.....	62

## INTRODUCCIÓN

Como consecuencia de la dinámica del mercado internacional de minerales y de los nuevos requerimientos de minerales para la industria del país, acompañado de la importancia del aprovechamiento de los recursos mineros para la economía nacional, es necesario que el país actualice los minerales estratégicos.

En este documento, se hace un análisis sobre las experiencias de identificación de minerales estratégicos en el país, de la importancia a nivel global y nacional de establecer estos minerales, de la necesidad que Colombia actualice los minerales estratégicos establecidos mediante la resolución 180102 de 2012, se plantean las razones por las cuales se deben actualizar dichos minerales y se documenta la propuesta de metodología para la selección de minerales estratégicos para Colombia.

## 1. LA IMPORTANCIA DE IDENTIFICAR LOS MINERALES ESTRATÉGICOS EN EL PAÍS

Los países con potencial geológico o con explotación de diferentes tipos de minerales deben desarrollar una política pública para el desarrollo sostenible de sus recursos. La eficiencia en la aplicación de dicha política radica en el direccionamiento hacia a un grupo de minerales específicos que el país o región consideren importantes, desde el punto de vista del abastecimiento a la industria interna o los aportes a la economía nacional o su incidencia en la industria militar.

La identificación de los minerales estratégicos o críticos a nivel internacional tiene como finalidad la generación de política pública, dependiendo de la visión estratégica de los países o regiones. La minería es fundamental en el desarrollo socioeconómico de Colombia, razón por la cual es absolutamente necesario que el país identifique sus minerales estratégicos, aumentando la posibilidad de inversión en el desarrollo de proyectos mineros, generando un impacto positivo en las condiciones socioeconómicas de la población y desarrollo del país.

En términos generales, a nivel global los minerales estratégicos son importantes porque suplen la demanda de materiales para diferentes fines principalmente tecnológicos y de avance de las sociedades, y dado que estos se pueden hallar en un país o región determinada, el aprovechamiento de los mismos genera una ganancia para todos los actores del mercado que lo demandan.

Específicamente para Colombia, la identificación de minerales estratégicos es insumo para la toma de decisiones en política pública y planeación del sector:

**Ministerio de Minas y Energía:** Diseñar la política para el aprovechamiento de los recursos minerales en el corto, mediano y largo plazo, acorde con el comportamiento de los mercados internacionales y necesidades del país.

**Agencia Nacional de Minería:** Soportar el proceso para la declaración de minerales estratégicos y la declaración de las Áreas de Reserva Estratégicas, así como para aumentar la posibilidad de inversión en el desarrollo de proyectos mineros, que generen impacto positivo en la economía y desarrollo del país.

**Servicio Geológico Colombiano:** Priorizar las investigaciones sobre el conocimiento geológico, con el fin de fomentar la exploración técnica y la explotación de recursos mineros.

**Unidad de Planeación Minero Energética:** Insumos para la planeación del sector.

## 2. LA NECESIDAD DE ACTUALIZAR PERIÓDICAMENTE LOS MINERALES ESTRATÉGICOS

Si bien la minería debe entenderse como un negocio global, su dinámica interna es relevante en la industria nacional, generando un equilibrio que garantice la estabilidad del negocio. Los cambios en los mercados internacionales de minerales hacen necesario mantenerse actualizado frente a la demanda y oferta de los mismos, a fin de captar la mayor parte de la inversión posible. Los mercados internacionales de materias primas casi nunca siguen una línea o tendencia linear, dependen de multitud de factores, no siempre comprensibles., incluso para las grandes empresas de consultoría.

Las tecnologías, la industria y el mercado mundial están en constante evolución, y el sector minero suministra materia prima para su desarrollo, por lo que se hace necesario proveer minerales en atención a las necesidades actuales y tendencias de consumo de la industria nacional y de los países que los demandan. Los avances de la ciencia, en especial nuevos aparatos tecnológicos, no sólo afectan la capacidad de obtener acceso a los recursos minerales, sino también las nuevas aplicaciones y sustitutos para los servicios que proporcionan los minerales.

La evolución en la tasa de descubrimiento de nuevos yacimientos de minerales, la producción mundial de minerales en los últimos años y el uso diferente y creciente de los recursos minerales, establecen desafíos significativos en términos de la necesidad de satisfacer la demanda futura con nuevos descubrimientos y el desarrollo de los recursos ya descubiertos, evidentemente con una visión ambiental, social y económicamente sostenible. Las perspectivas históricas sugieren que continuarán las diferencias entre la minería y los aspectos ambientales, de salud y de seguridad, los cuales serán factores importantes en la decisión de dónde se encontrarán las minas del futuro y de cómo van a ser operadas.

Por otro lado, es probable que la sustitución y reciclado jueguen cada vez más importantes funciones con destino a satisfacer la demanda mundial de minerales, razón por la cual es importante que en el análisis de escenarios de comportamiento de los mercados de los minerales y por su puesto en la identificación de minerales estratégicos, se incluya la economía circular.

Sin duda, son necesarios los estudios del comportamiento del mercado de minerales estratégicos en cada ciclo tecnológico en relación a los ciclos económicos e industriales, lo cual permitirá evaluar más exhaustivamente las tendencias del consumo de minerales en la economía mundial. La importancia de este análisis para la elaboración de un pensamiento estratégico y de políticas económicas y científico-tecnológicas es fundamental. Bruckmann M. (2012).

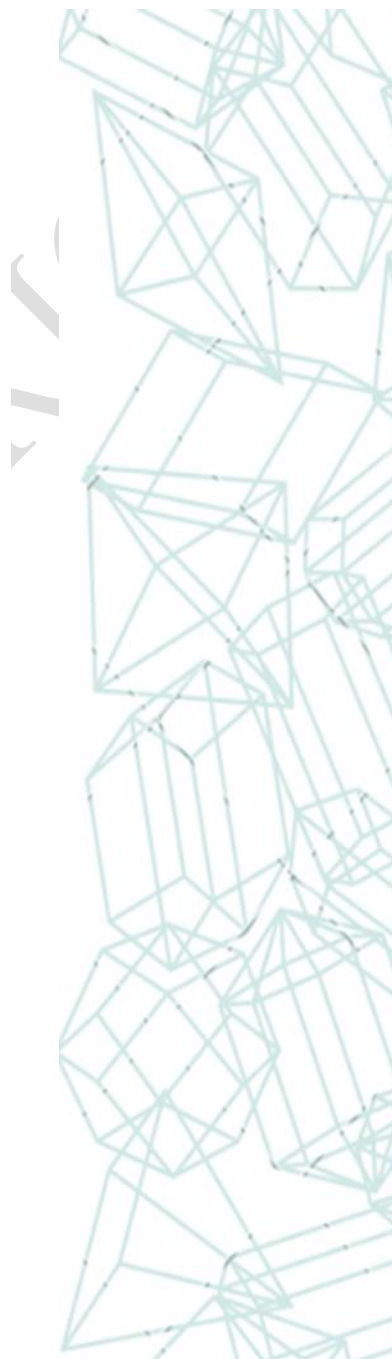
En Colombia, la Resolución 180102 del 30 de enero de 2012, definió como de interés estratégico para el país 11 minerales: oro, platino, cobre, minerales de fosfatos, minerales de potasio, minerales de magnesio, carbón metalúrgico y térmico, uranio, hierro y coltan.

Los análisis del comportamiento de los mercados nacional e internacional, señalan la necesidad de revisar los minerales estratégicos establecidos mediante la citada resolución, ya que las condiciones actuales de oferta y demanda, hacen que algunos de ellos no sean hoy tan importantes para el país (Estudios de mercados UPME - 2018).



De acuerdo al análisis de mercados internacionales de los minerales que hacen parte de la Resolución 180102, el oro, cobre, platino, potasio y roca fosfórica, continuaran siendo una gran oportunidad para el país en el corto, mediano y largo plazo, mientras que el carbón térmico, carbón metalúrgico, magnesio y el hierro, pueden no ser tan atractivos para el país a largo plazo, disminuyendo su potencialidad en el mercado y el uranio y coltan, presentan proyecciones de precios a la baja, y estable (respectivamente) con balances de mercados positivos, es decir que con la oferta de proyectos actuales y futuros será suficiente para el mercado de estos minerales.

Conscientes de la dinámica del mercado actual de los minerales, de los nuevos requerimientos de minerales para los avances tecnológicos y la transformación energética, de la importancia de la minería para abastecer y desarrollar la industria nacional y del mejoramiento del conocimiento geológico en el territorio nacional, se ha identificado la necesidad de actualizar los minerales del país, definidos mediante la Resolución No. 180120 de 2012.



PARA COME

### 3. PRINCIPALES METODOLOGÍAS APLICADAS PARA LA SELECCIÓN DE MINERALES ESTRATÉGICOS O CRÍTICOS

El concepto de minerales críticos a nivel internacional presenta similitud al concepto de minerales estratégicos en Colombia, razón por la cual la aplicabilidad de la metodología de matriz de criticidad para definir minerales estratégicos en Colombia, es posible siempre y cuando se realicen algunos ajustes que permitan su adaptación a las necesidades y características de los minerales y su aprovechamiento en el país. A nivel internacional existen básicamente dos (2) metodologías avaladas para definir minerales críticos para una región o un país: la estadounidense y de la comunidad europea. En ambos casos se utiliza una matriz que cruza las dos dimensiones de la criticidad de un mineral: la importancia de su empleo y su disponibilidad.

Según Lara R. (2016)<sup>1</sup>, en los Estados Unidos, fue creado un comité especializado para analizar los impactos económicos de los minerales, encargado además de la definición de minerales críticos. El Committee on Critical Mineral Impacts on the U.S. Economy que hace parte del National Research Council, define las dos dimensiones más importantes para establecer la criticidad de minerales: la importancia de uso, desde el concepto que algunos minerales no combustibles son más importantes en su uso que otros y su sustitución se convierte en concepto clave, puesto que el remplazo puede ser muy costoso o técnicamente dificultoso; y la disponibilidad, que parte del proceso minero y refleja un número de consideraciones a medio o largo plazo: geológicas, técnicas, ambientales, sociales, políticas y económicas. Paralelamente determina una matriz de criticidad (impacto en las restricciones de abastecimiento vs riesgo de abastecimiento), cuya metodología utiliza una escala relativa de 1 (bajo) a 4 (alto).

La Unión Europea cataloga a varios minerales como materias primas críticas (MPC). La European Commission (2014), considera estas materias primas fundamentales para la economía, el crecimiento y el empleo de la Unión Europea (UE), además de ser básicas para el mejoramiento de la calidad de vida y están condicionados por un alto riesgo de suministro. Estas materias primas no energéticas están intrínsecamente vinculadas a todas las industrias a lo largo de los niveles de las cadenas de abastecimiento, consecuentemente, son esenciales para la vida común, ya que gran cantidad de productos están fabricados con estos materiales. Las materias primas críticas son catalogadas mediante una gráfica en la que el eje horizontal representa la importancia económica, resultado de la evaluación de la proporción de materiales asociados a mega sectores industriales. Estas proporciones son combinadas con el valor agregado bruto (VAB) de los mega sectores al producto interno bruto (PIB) de la UE, y este total se compara de acuerdo con el PIB total del bloque económico. El eje vertical corresponde al riesgo de abastecimiento y está compuesto por tres factores: (1) índice de sustituibilidad, que mide la dificultad de sustituir el material calificado medido en todas las aplicaciones; (2) tasas de reciclaje fin-ciclo-de-vida, las cuales miden la proporción de metal y productos fabricados a partir de chatarra y otros productos que contengan metal con baja tasa de residuos, y (3) factores de concentración, que parten del índice Herfindahl-Hirschman, modificado con el indicador de gobernanza del World Governance Index (WGI). Por tanto, las materias primas situadas en el cuadrante derecho superior de la matriz de criticidad corresponden a críticas.



## 4. METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE MINERALES ESTRATÉGICOS

La metodología para la selección y evaluación de minerales estratégicos se compone de tres (3) fases, la primera fase consiste en la preselección de minerales estratégicos, la segunda fase consiste en la aplicación de la matriz de criticidad adaptada y la tercera fase de validación de resultados a través de un comité nacional de expertos.

**Fase uno: Preselección de minerales estratégicos:** se realiza una preselección de minerales estratégicos en el país, a partir del análisis del comportamiento de los mercados nacional e internacional de minerales:

1. **Análisis del mercado internacional de minerales.** se analiza la oferta, demanda, balance y precios internacionales de los principales commodities mineros o minerales, así como las proyecciones en el corto, mediano y largo plazo de dichas variables. A partir del análisis de dos (2) variables: i) Crecimiento de la demanda internacional del mineral ii). Tamaño del mercado internacional del mineral, se preseleccionan los minerales de mayor atractividad
2. **Análisis del mercado nacional de minerales.** Se analiza la oferta, demanda, precios y balances nacionales de los principales minerales con un aporte significativo a la economía nacional y a su utilización de la industria nacional. A partir del análisis de tres (3) variables i) Impacto en las rentas mineras y ii) Utilización en consumo intermedio. iii) utilización por sectores económicos, se preseleccionan los minerales de mayor importancia, según el mercado nacional.

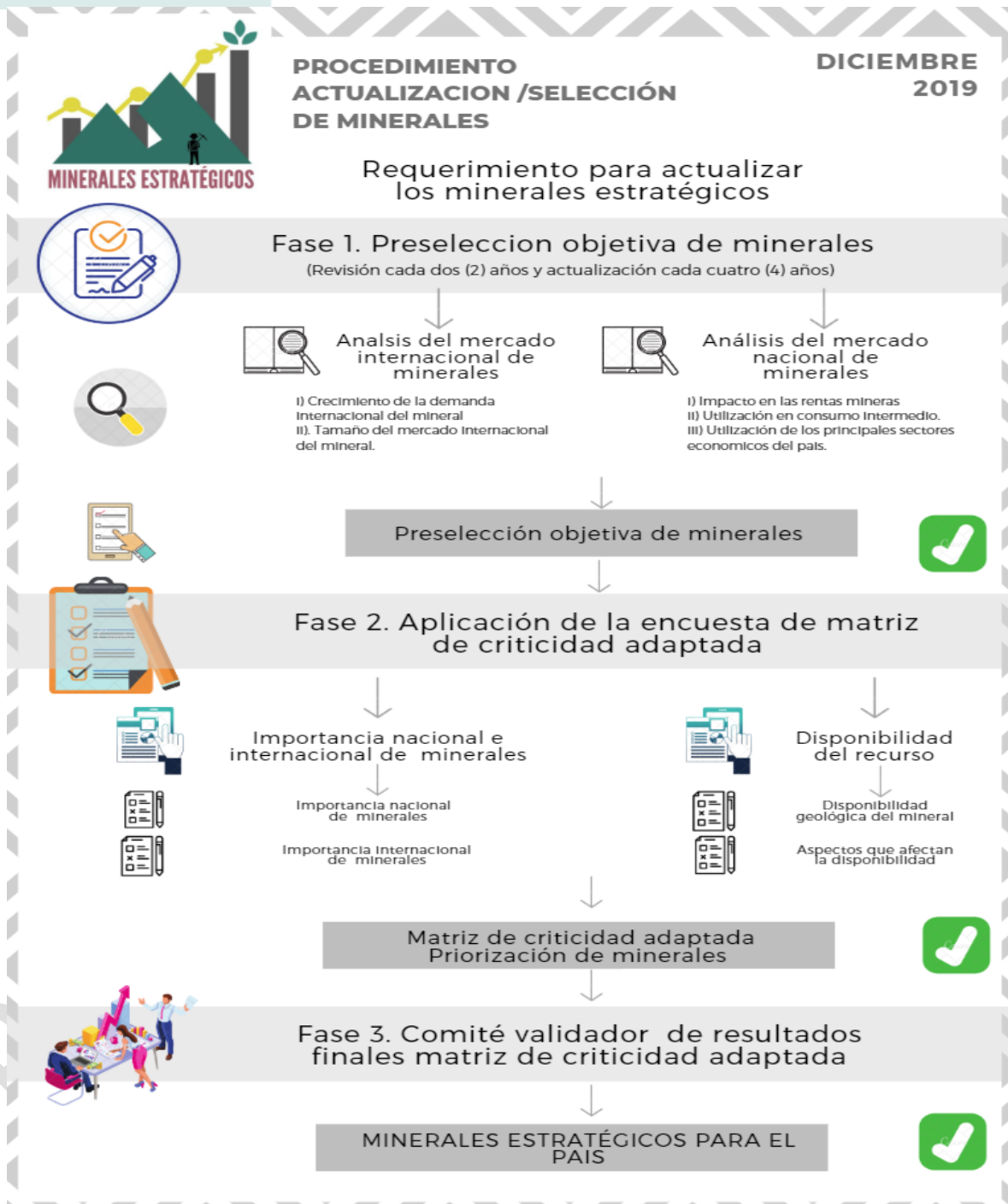
A partir de estos dos análisis se realiza una preselección de los minerales más importantes para el país, considerando el comportamiento del mercado nacional e internacional de minerales. En los Anexos B y C, se presenta de manera detallada el análisis y la forma en que son preseleccionados estos minerales.

**Fase dos: Aplicación de la matriz de criticidad adaptada:** Una vez preseleccionados los minerales, de acuerdo a su importancia en mercados nacionales e internacionales, se construye una matriz de criticidad adaptada del modelo norteamericano. La metodología se soporta en la aplicación de una encuesta de percepción a expertos mineros nacionales sobre cuatro indicadores: i) la importancia de los minerales a nivel ii) la importancia de los minerales en el mercado internacional; iii) la disponibilidad geológica y iv) los aspectos que dificultan la extracción y beneficio de los minerales a nivel nacional.

El análisis se realiza a partir de la aplicación de la Matriz de Criticidad, que es una matriz de filtro en la que en el eje vertical se evalúan las variables relacionadas con la importancia nacional e internacional de los minerales y en el eje horizontal, las variables relacionadas con la disponibilidad del recurso y aquellos que dificultan el desarrollo de la actividad minera. Más adelante (Capítulo 6), se detallan las variables e indicadores que propone la metodología.

**Fase tres: Validación de resultados a través de un comité nacional de expertos.** Los resultados de la aplicación de la encuesta de matriz de criticidad adaptada, se validan por un comité conformado por profesionales e investigadores expertos, altamente reconocidos y acreditados del sector minero. Con la opinión autorizada de los expertos, se analizan y validan los resultados de la aplicación de la matriz de criticidad, utilizada para identificar los minerales estratégicos en Colombia.

# 5. PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCIÓN DE MINERALES ESTRATÉGICOS

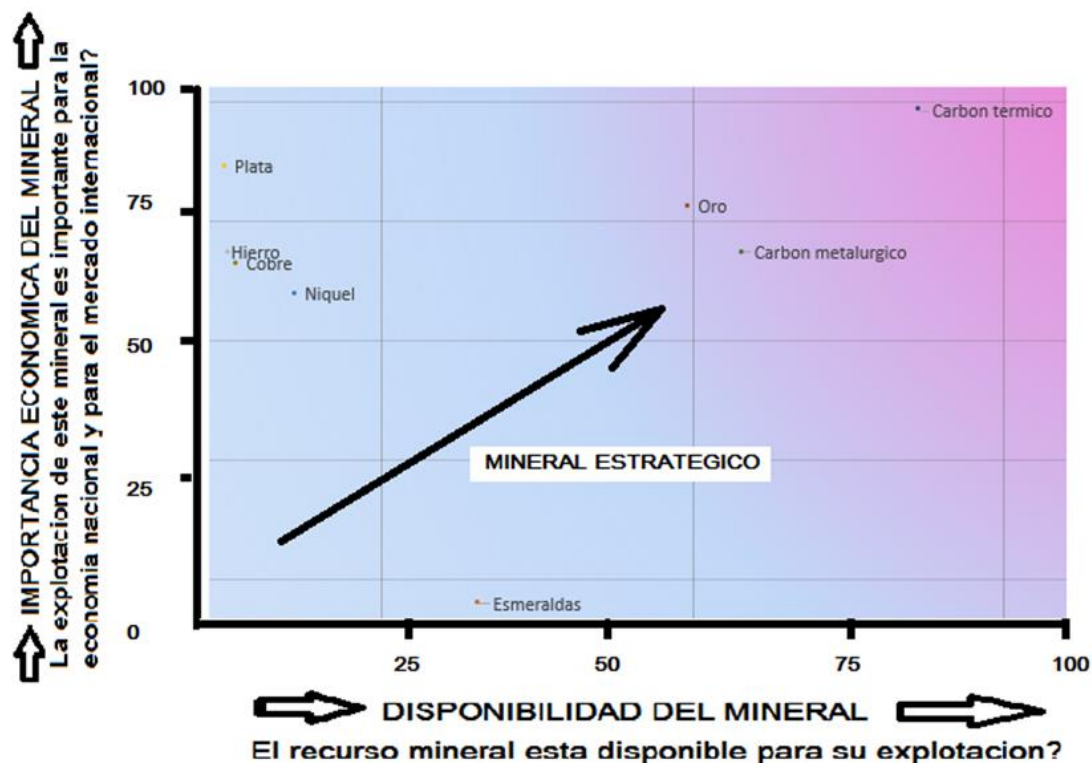




## 6. MATRIZ DE CRITICIDAD ADAPTADA PARA LA SELECCIÓN DE MINERALES ESTRATÉGICOS

La construcción de la matriz de criticidad adaptada para nuestro país, está definida por dos dimensiones de criticidad: la primera es la importancia del mineral a nivel nacional e internacional y la segunda instancia, es la disponibilidad del mineral, tanto desde el punto de vista geológico, explotación, así como otros aspectos que puedan afectar como son la técnicas, sociales y ambientales, políticos y económicas que también deben ser analizadas.

Se puede evaluar la criticidad de un mineral evaluando la importancia económica y su disponibilidad y situándolo en el gráfico. El grado de criticidad aumenta a medida que nos movemos lejos del origen, tal y como indica la flecha y el aumento en el sombreado. Regueiro y Barros (2014), Lara R.



LARA R. Critical Raw Materials and Economic Complexity in Latin America. Artículo de investigación. CENES ISSN 0120-3053 E-ISSN 2256-5779 Volumen 37 - Nº 65 enero - junio 2018. Págs. 15-51

Regueiro y Barros (2014) Minerales críticos en Europa: metodología para la evaluación de la criticidad de los minerales.

## 7. ESTRUCTURA DE LA MATRIZ DE CRITICIDAD ADAPTADA

### EJE VERTICAL:

**IMPORTANCIA NACIONAL E INTERNACIONAL DE LOS MINERALES**, es decir el valor del impacto de un determinado mineral basado en la economía nacional e internacional. La metodología utiliza una escala relativa del 0 (importancia baja) al 100 (importancia alta) para representar los diferentes grados de importancia del impacto. El concepto básico para situar un mineral en el eje vertical es la importancia del mismo en la economía, teniendo en cuenta los dos (2) indicadores:

1. **Importancia del mineral a nivel Nacional:** Impacto de posibles aumentos de producción del mineral en el comportamiento económico del país: En este indicador se analizará la importancia del mineral a nivel nacional con respecto a su impacto de la explotación de este mineral en el comportamiento económico, particularmente en el PIB nacional, en su impacto en su consumo nacional, el impacto en la generación de empleo y en la generación de cadenas productivas y desarrollo.
  - a). **Impacto en la economía nacional:** ¿la explotación de este mineral tiene un impacto en el PIB nacional?
  - b). **Impacto en el consumo nacional:** ¿es necesaria la explotación de este mineral para abastecer la demanda nacional?
  - c). **Generador de empleo:** ¿la explotación de este mineral puede ser un generador de empleo para el país?
  - d). **Producción nacional:** ¿el desarrollo de empresas mineras que exploten este mineral puede generar cadenas productivas para el país?
  - e). **Reúso de minerales:** ¿el reúso de este mineral a nivel nacional impacta en la oferta procedente de la extracción?
  
2. **Importancia del mineral a nivel internacional:** Con este indicador analizaremos el impacto de la producción del mineral en el mercado de minerales a nivel mundial. (donde 0 es muy bajo y 100 es muy alto).
  - a). **Crecimiento de la demanda internacional del mineral:** Con relación a otros minerales, cual considera usted que sea el crecimiento en la demanda internacional de este mineral en el mediano plazo?
  - b). **Índice de rentabilidad del mineral:** Con relación a otros minerales, cual considera usted que sea la rentabilidad de la explotación de este mineral?
  - c). **Reserva en años de consumo del mineral:** Con relación a otros minerales, cual considera usted que son las reservas en año de consumo para este mineral?
  - d). **Tamaño del mercado internacional del mineral:** Con relación a otros minerales, cuál considera usted que es el tamaño del mercado de este mineral?



### EJE HORIZONTAL:

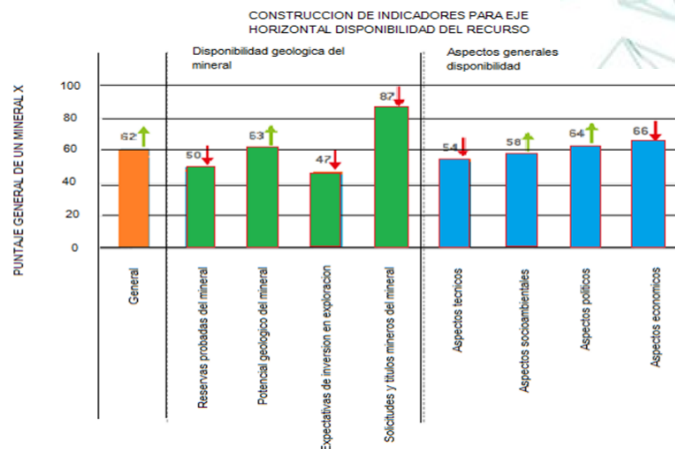
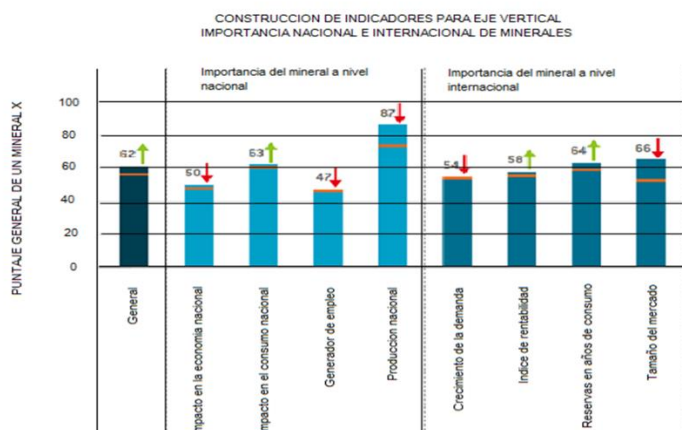
**DISPONIBILIDAD DEL RECURSO.** Este eje tiene en cuenta la disponibilidad geológica del mineral y algunos factores técnicos, sociales, ambientales, políticos y económicos que pueden afectar la extracción de este mineral. Cada pregunta asociada a los dos indicadores se debe responder en una escala de 0 a 100, donde 0 es calificación baja y 100 es calificación alta.

**1. Disponibilidad geológica del mineral:** Con este indicador se analizará la disponibilidad del geologica de este mineral en el país.

- a). **Potencial geológico del mineral:** el país cuenta con potencial geológico para este mineral?
- b). **Reservas probadas del mineral:** ¿existen recursos y/o reservas del mineral en el país?
- c). **Inversión en exploración:** se realiza inversión en exploración para este mineral en el país?
- d). **Solicitudes y títulos mineros:** ¿el país cuenta con solicitudes y títulos mineros para este mineral?

**2. Aspectos generales que afectan la disponibilidad:** Con este indicador analizaremos el Impacto que generan los aspectos asociados a la explotación del mineral que pueda afectar su disponibilidad.

- a). **Técnico:** ¿el país cuenta con el conocimiento y las capacidades técnicas/tecnológicas para explotar y/o beneficiar este mineral?
- b). **Social:** ¿Este mineral es explotado (o puede ser explotado) de un modo socialmente responsable?
- c). **Ambiental:** ¿Este mineral es explotado (o puede ser explotado) de un modo ambientalmente responsable?
- d). **Político:** ¿influye el Estado en la disponibilidad del recurso por medio de sus políticas y acciones?
- e). **Económico:** ¿en el país se puede explotar este mineral a un costo competitivo en el mercado?



## BIBLIOGRAFÍA

- INGEOMINAS 1995, Minerales estratégicos para el desarrollo de Colombia. [http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=11836&shelfbrowse\\_itemnumber=12498#shelfbrowser](http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=11836&shelfbrowse_itemnumber=12498#shelfbrowser)
- UPME, MME (1996). Estudio de infraestructura básica en minería. Tomado de <https://bdigital.upme.gov.co/bitstream/001/1103/1/upme%2095.PDF>
- COMPES 2898. Estrategias para el fortalecimiento del sector minero colombiano. Minminas DNP.
- informe técnico con fecha noviembre de 2011, denominado "Áreas con potencial mineral para definir áreas de reserva estratégica del estado"
- Tomado de ficha técnica de la resolución 180241 del 24 de febrero de 2012. [http://servicios.minminas.gov.co/minminas/kernel/usuario\\_externo\\_normatividad/form\\_consultar\\_normas\\_minas.jsp?parametro=2720&site=27](http://servicios.minminas.gov.co/minminas/kernel/usuario_externo_normatividad/form_consultar_normas_minas.jsp?parametro=2720&site=27)
- LARA R. Critical Raw Materials and Economic Complexity in Latin America. Artículo de investigación. CENES ISSN 0120-3053 E-ISSN 2256-5779 Volumen 37 - N° 65 enero - junio 2018. Págs. 15-51
- CRU UPME (2018), Mercado internacional de minerales. tomado de <http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Paginas/inter-principal-mercado-internacional.aspx>
- E&Y, JTBOID (2018). Mercado nacional de minerales. Tomado de <http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Paginas/nal-minerales-portadas.aspx>
- Regueiro y Barros (2014). Minerales críticos en Europa: metodología para la evaluación de la criticidad de los minerales.

PARA



## ANEXO A. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE MINERALES ESTRATÉGICOS

### FASE 1. PRESELECCION OBJETIVA DE MINERALES (Ver Anexos B y C):

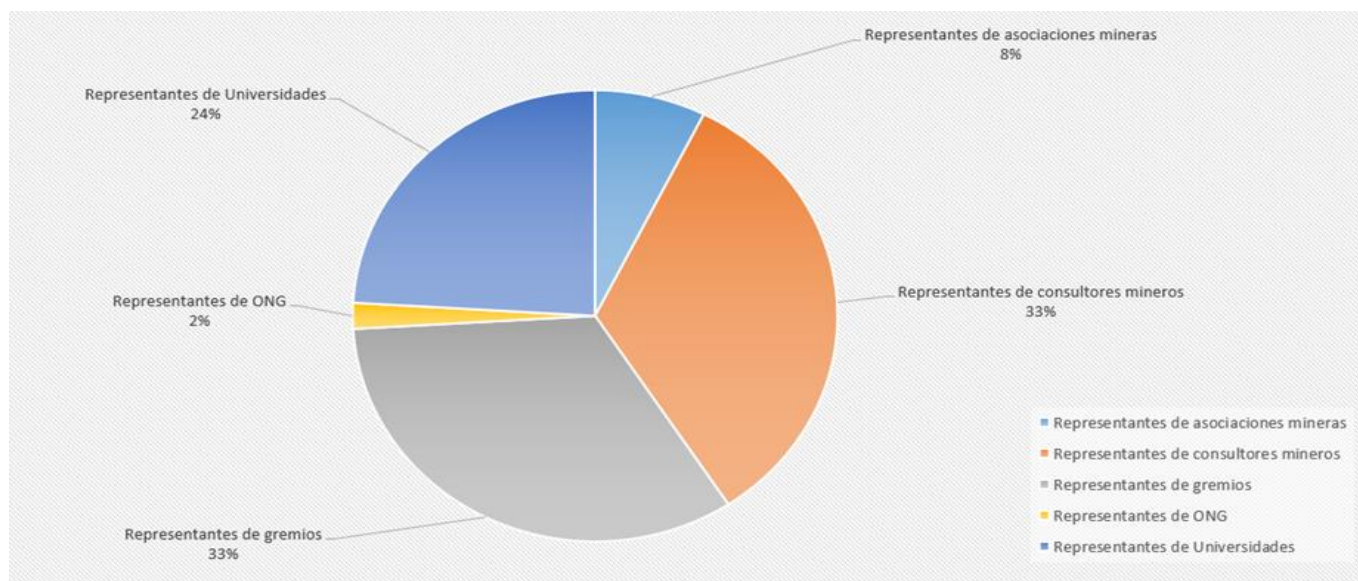
MERCADO INTERNACIONAL: Platino, Potasio, Arenas silíceas, Plata, Níquel, Roca fosfórica, Cinc, Oro, Aluminio, Cobre.

MERCADO NACIONAL: Estratégicos por su impacto en rentas mineras en su orden: Carbón térmico, Oro, Níquel, Carbón metalúrgico, Esmeraldas. Estratégicos por su utilización en consumo intermedio y déficit de producción en su orden: Manganeso, Aluminio, Cromo, Hierro y Arenas silíceas.

### FASE 2. APLICACIÓN DE MATRIZ DE CRITICIDAD ADAPTADA

#### RESULTADOS DE APLICACIÓN DE LA ENCUESTA

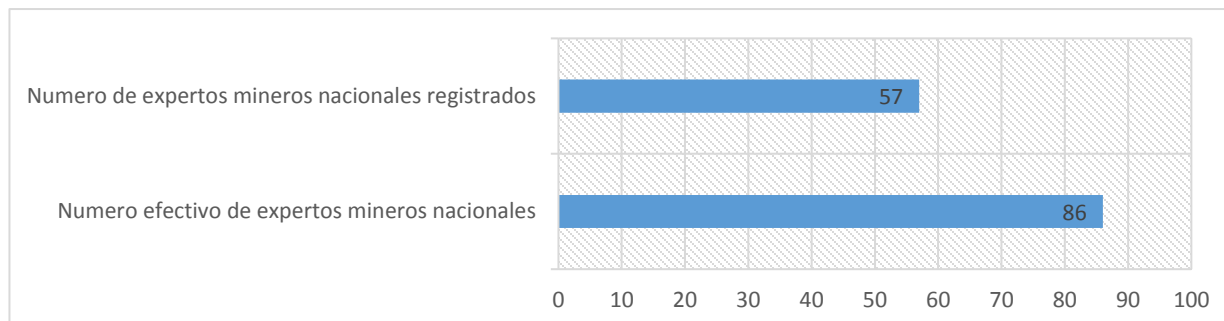
El día 17 de julio se extendió la invitación para llenar la encuesta matriz de criticidad adaptada a noventa y un (91) expertos mineros nacionales, seleccionados en mesa técnica sectorial, distribuidos de la siguiente manera:



Fuente propia

**Contactos efectivos:** el 94.6% (86) de los expertos mineros nacionales fue contactado efectivamente.

**Número de registros:** el 66% (57) de los expertos mineros nacionales se inscribieron en la página web de la encuesta.



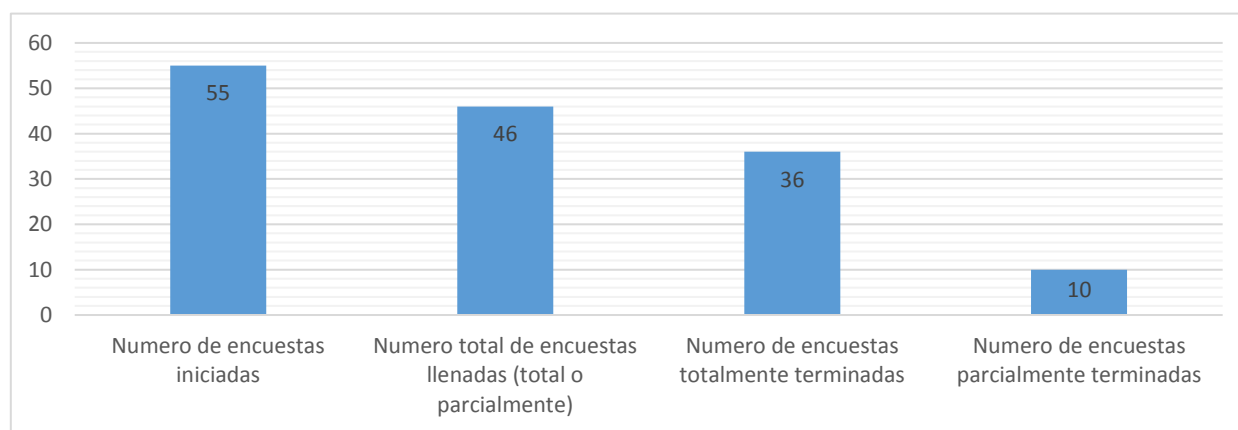
Fuente propia

**Numero de encuestas iniciadas:** el 64% (55) de los expertos mineros nacionales iniciaron la encuesta. Solamente dos (2) expertos mineros nacionales se registraron y no continuaron con la encuesta, otros nueve (9) mas no llenaron datos en la encuesta. Es decir que once (11) expertos que se inscribieron no participaron.

**Participación efectiva:** el 53,5% (46) de los expertos mineros nacionales invitados participaron efectivamente en la encuesta.

**Encuestas parcialmente terminadas:** el 11,6% (10) de los expertos mineros nacionales invitados llenaron parcialmente la encuesta.

**Encuestas totalmente terminadas:** el 41.8% (36) de los expertos mineros nacionales invitados llenaron totalmente la encuesta.



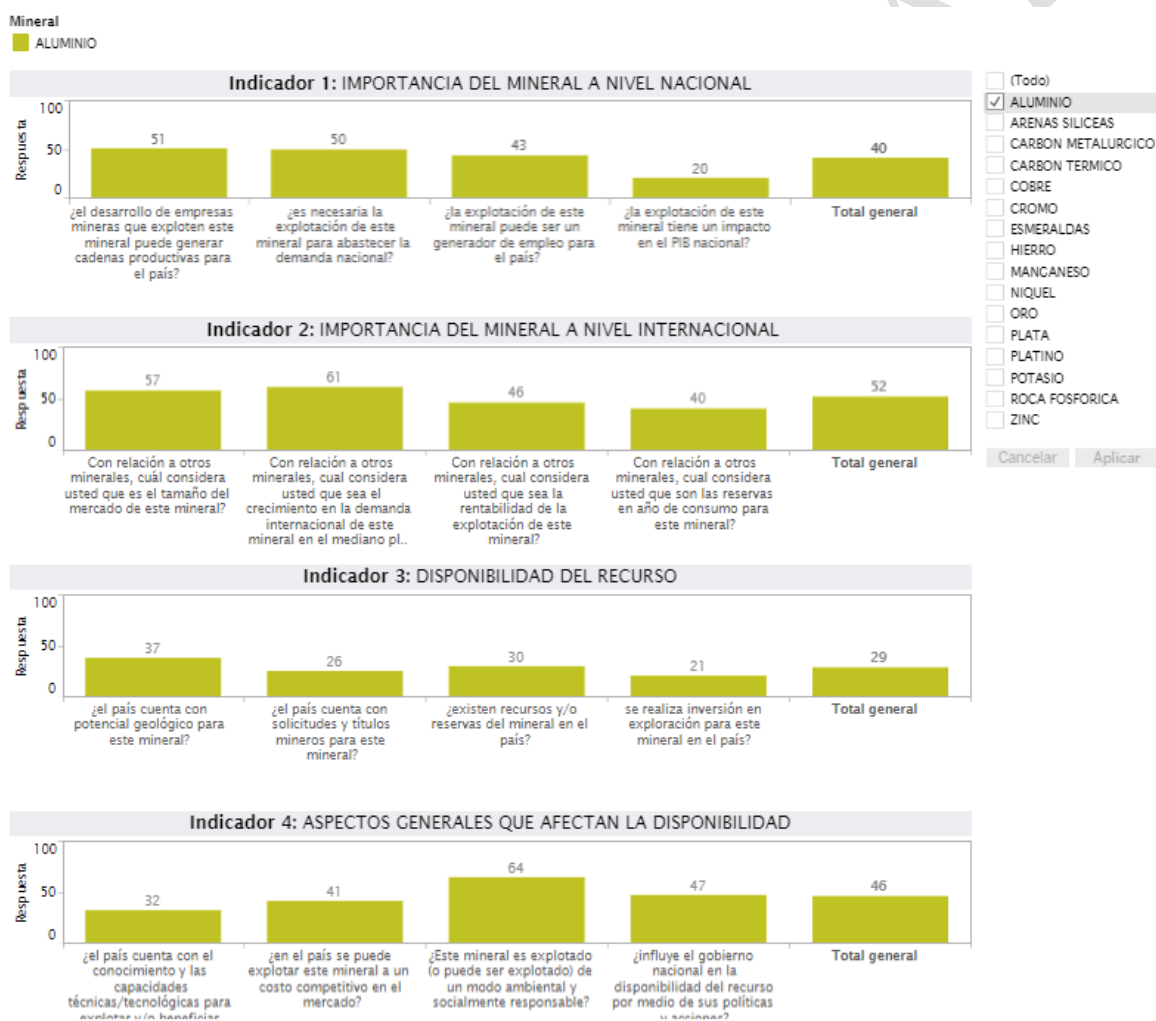
Fuente propia

## CONCLUSIONES SOBRE LA PARTICIPACION

- Resultados finales de la participación de los expertos mineros nacionales invitados, Total invitados efectivamente: 86

Número de registros	Encuestas iniciadas	Encuestas terminadas
57	55	36

## RESULTADOS FINALES DE LA ENCUESTA POR MINERAL E INDICADOR

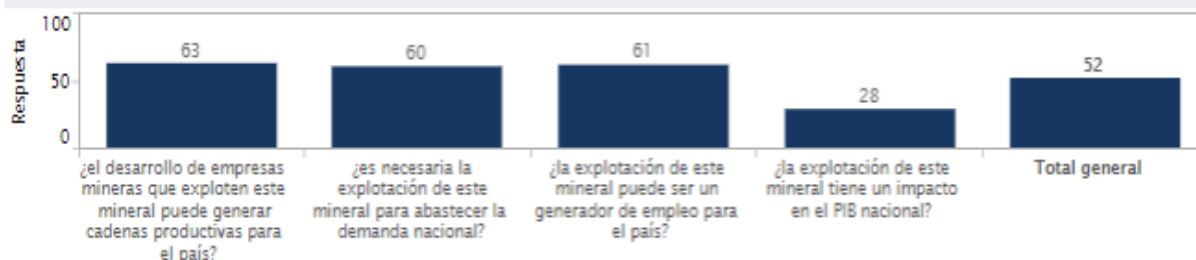




Mineral

ARENAS SILICEAS

### Indicador 1: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL NACIONAL



- (Todo)
- ALUMINIO
- ARENAS SILICEAS
- CARBON METALURGICO
- CARBON TERMICO
- COBRE
- CROMO
- ESMERALDAS
- HIERRO
- MANGANESO
- NIQUEL
- ORO
- PLATA
- PLATINO
- POTASIO
- ROCA FOSFORICA
- ZINC

Cancelar Aplicar

### Indicador 2: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL INTERNACIONAL



### Indicador 3: DISPONIBILIDAD DEL RECURSO



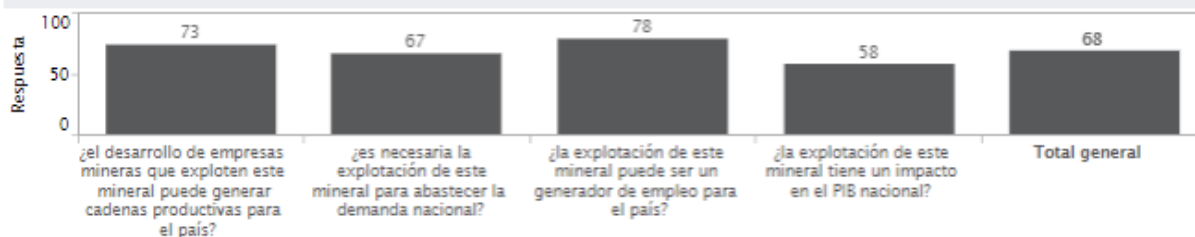
### Indicador 4: ASPECTOS GENERALES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD



**Mineral**

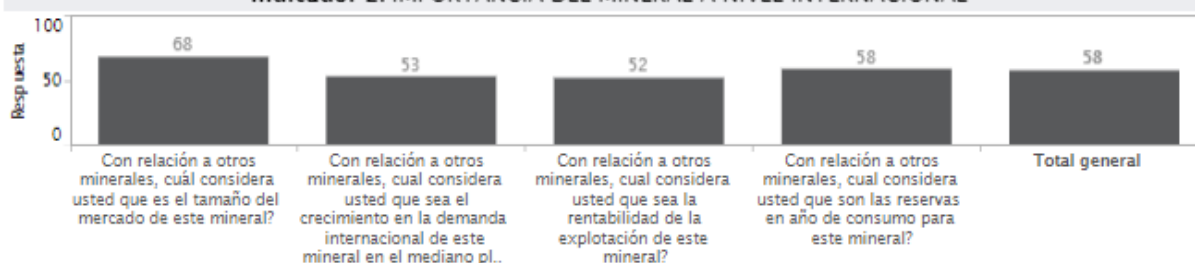
CARBON METALURGICO

**Indicador 1: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL NACIONAL**



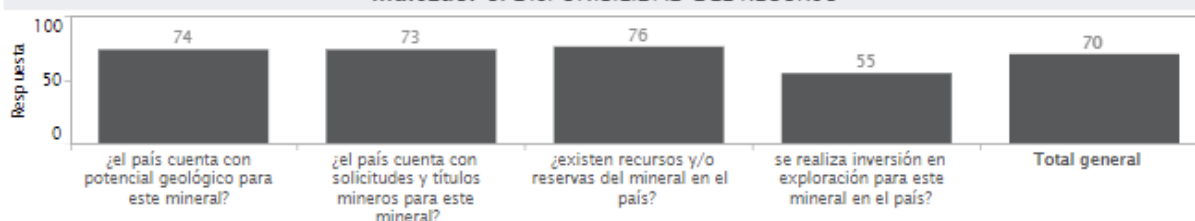
- (Todo)
- ALUMINIO
- ARENAS SILICEAS
- CARBON METALURGICO
- CARBON TERMICO
- COBRE
- CROMO
- ESMERALDAS
- HIERRO
- MANGANESO
- NIQUEL
- ORO
- PLATA
- PLATINO
- POTASIO
- ROCA FOSFORICA
- ZINC

**Indicador 2: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL INTERNACIONAL**

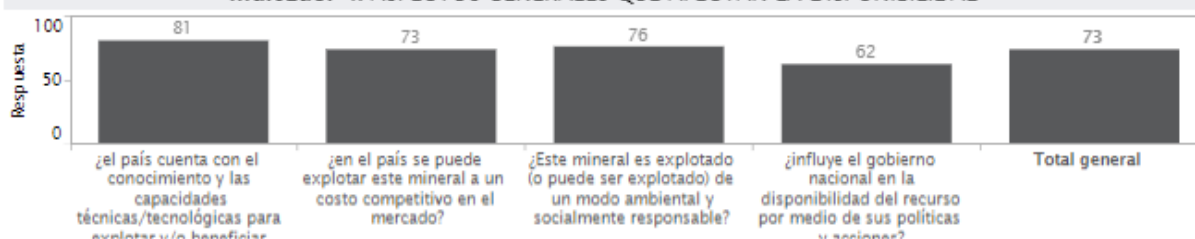


Cancelar Aplicar

**Indicador 3: DISPONIBILIDAD DEL RECURSO**



**Indicador 4: ASPECTOS GENERALES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD**

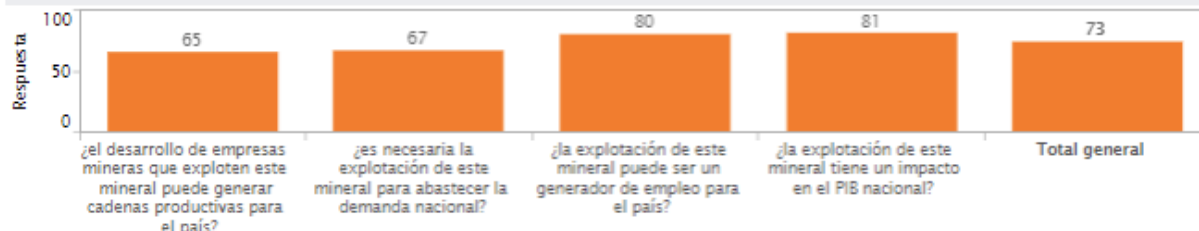


PAIS

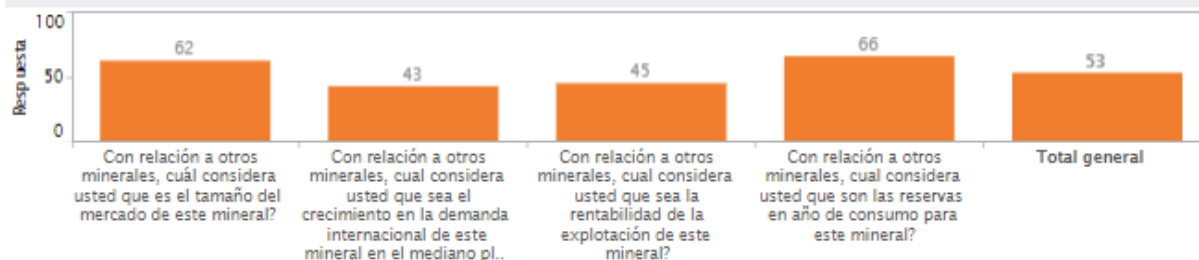
**Mineral**

■ CARBON TERMICO

### Indicador 1: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL NACIONAL



### Indicador 2: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL INTERNACIONAL



### Indicador 3: DISPONIBILIDAD DEL RECURSO



### Indicador 4: ASPECTOS GENERALES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD



- (Todo)
- ALUMINIO
- ARENAS SILICEAS
- CARBON METALURGICO
- CARBON TERMICO
- COBRE
- CROMO
- ESMERALDAS
- HIERRO
- MANGANESO
- NIQUEL
- ORO
- PLATA
- PLATINO
- POTASIO
- ROCA FOSFORICA
- ZINC

Cancelar Aplicar

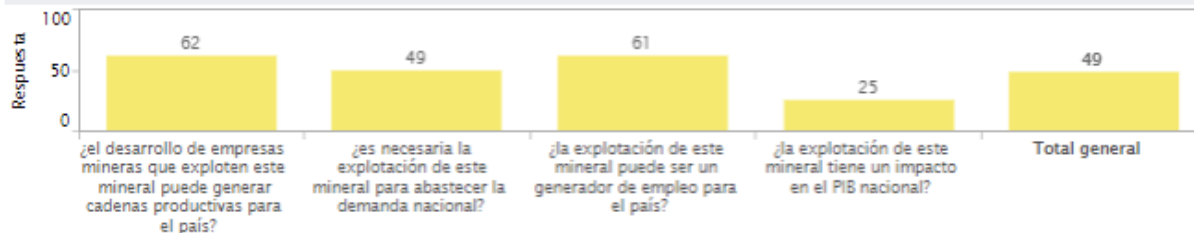
PH



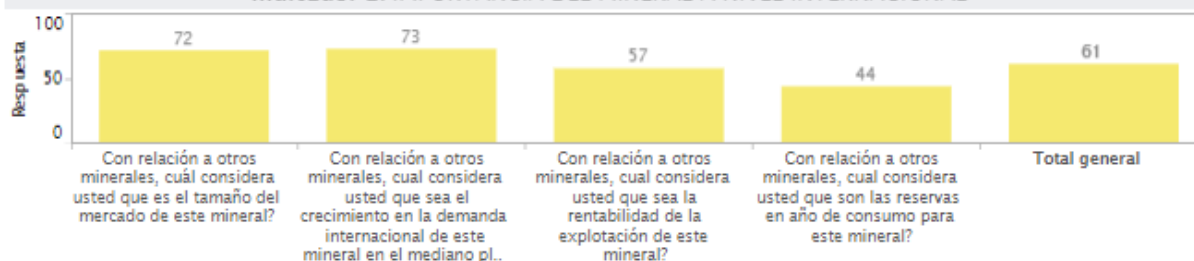
Mineral

COBRE

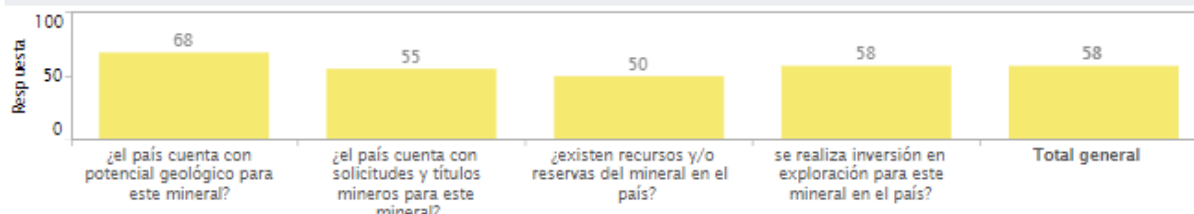
### Indicador 1: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL NACIONAL



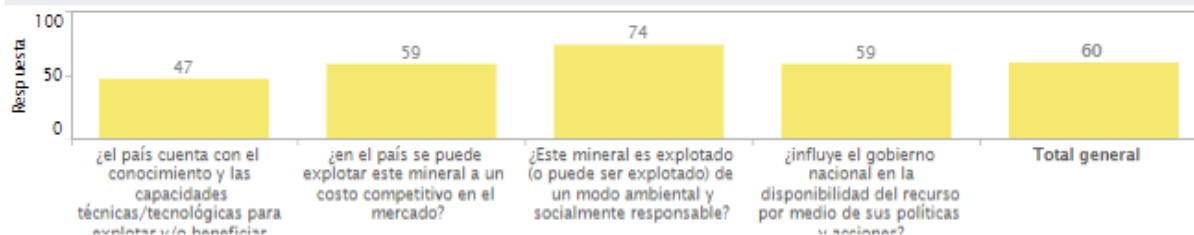
### Indicador 2: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL INTERNACIONAL



### Indicador 3: DISPONIBILIDAD DEL RECURSO



### Indicador 4: ASPECTOS GENERALES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD



- (Todo)
- ALUMINIO
- ARENAS SILICEAS
- CARBON METALURGICO
- CARBON TERMICO
- COBRE
- CROMO
- ESMERALDAS
- HIERRO
- MANGANESO
- NIQUEL
- ORO
- PLATA
- PLATINO
- POTASIO
- ROCA FOSFORICA
- ZINC

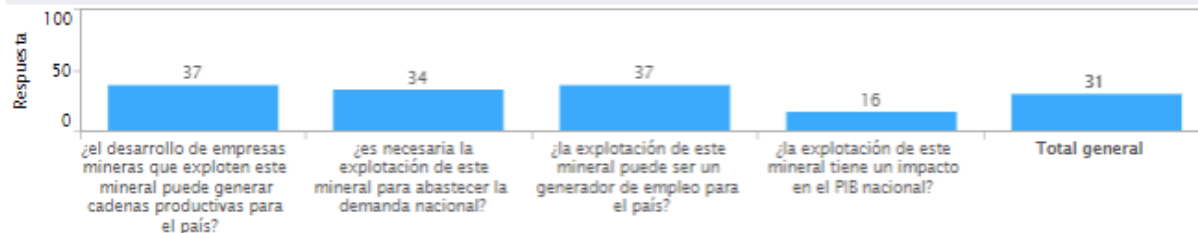
Cancelar Aplicar

PAIS

Mineral

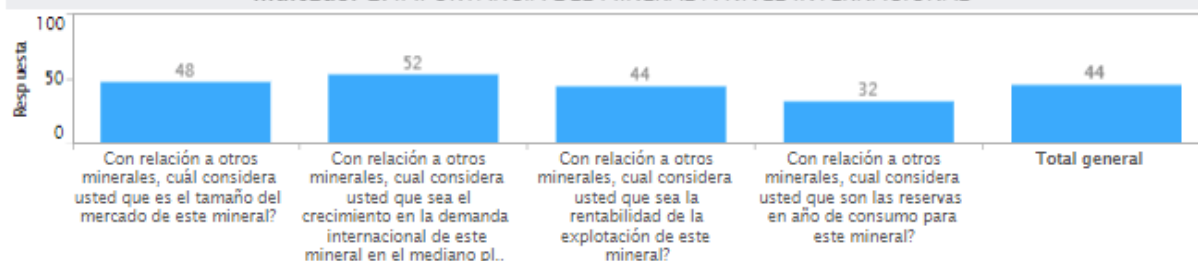
CROMO

### Indicador 1: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL NACIONAL



- (Todo)
- ALUMINIO
- ARENAS SILICEAS
- CARBON METALURGICO
- CARBON TERMICO
- COBRE
- CROMO
- ESMERALDAS
- HIERRO
- MANGANESO
- NIQUEL
- ORO
- PLATA
- PLATINO
- POTASIO
- ROCA FOSFORICA
- ZINC

### Indicador 2: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL INTERNACIONAL

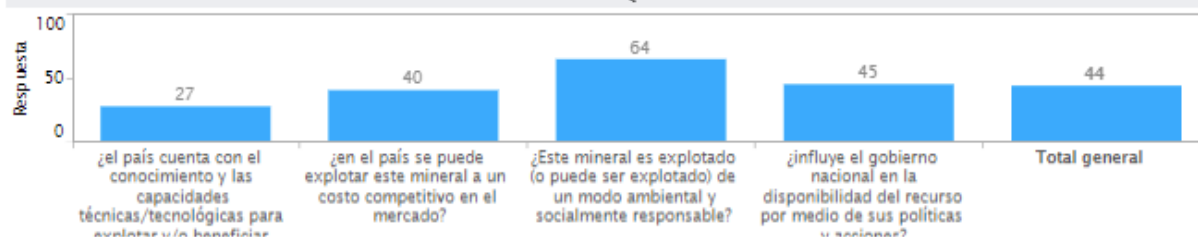


Cancelar Aplicar

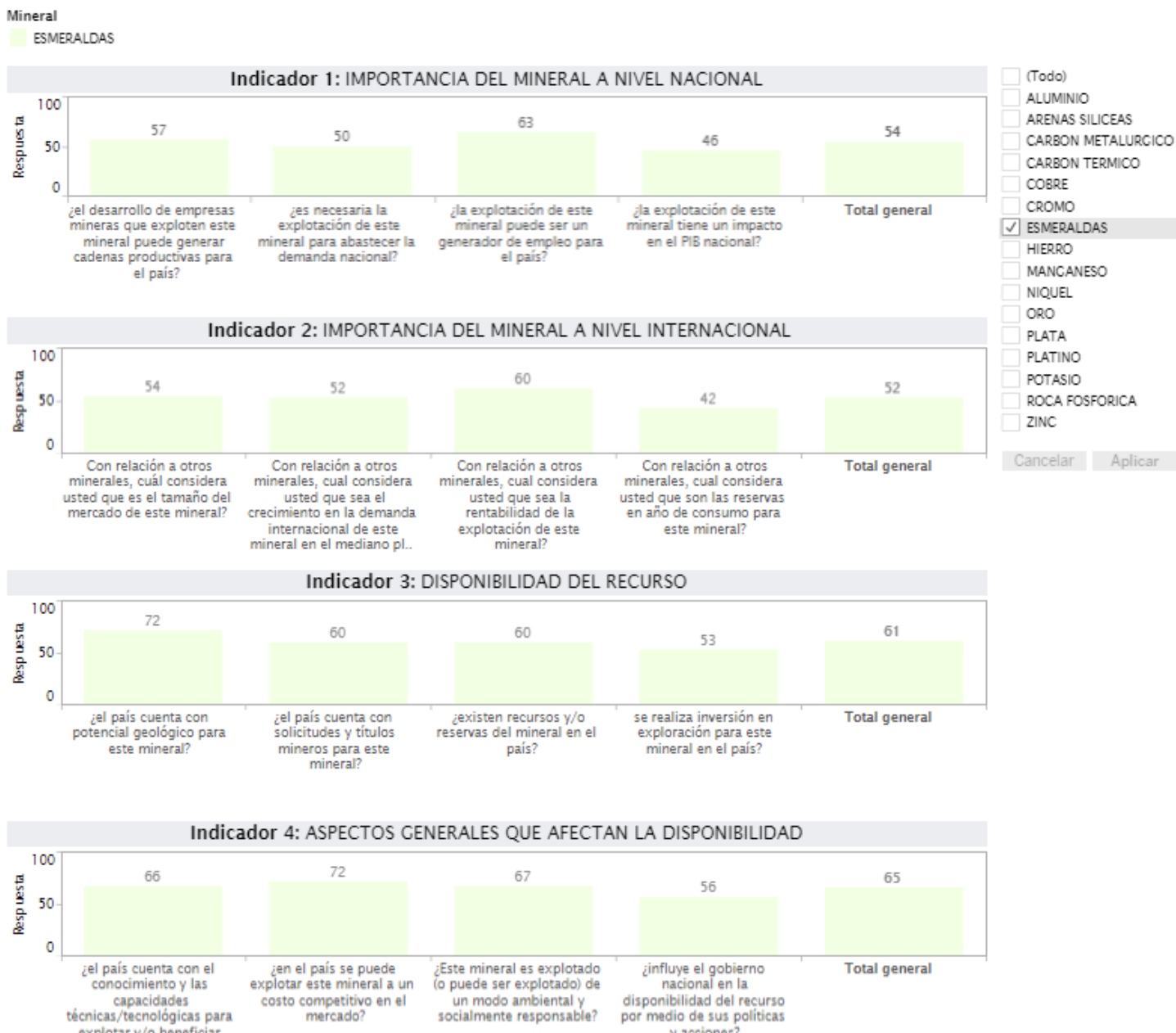
### Indicador 3: DISPONIBILIDAD DEL RECURSO



### Indicador 4: ASPECTOS GENERALES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD



PAIN

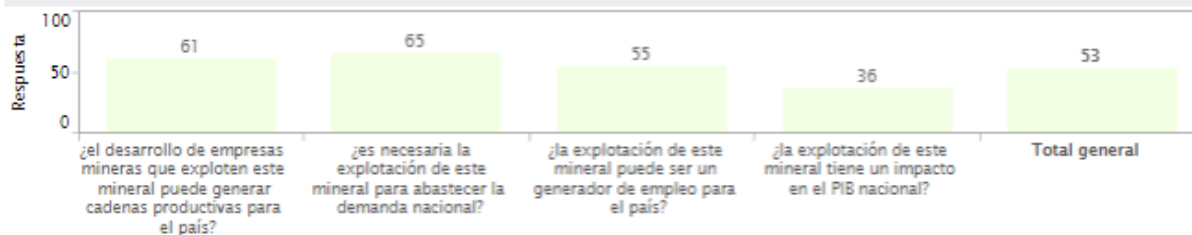


PAIS



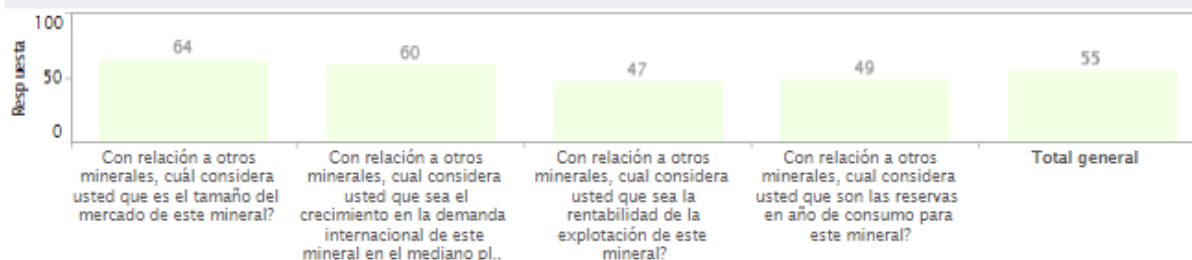
Mineral  
HIERRO

### Indicador 1: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL NACIONAL

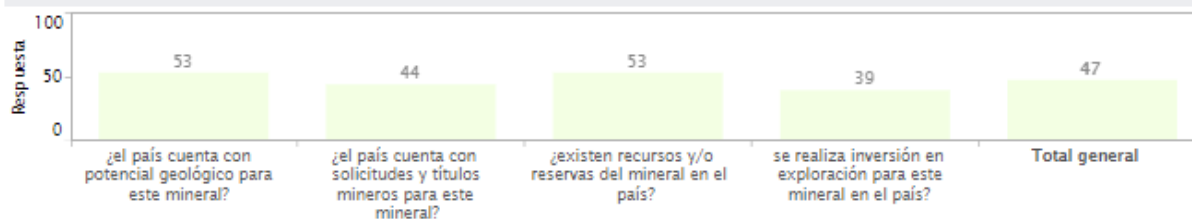


- (Todo)
- ALUMINIO
- ARENAS SILICEAS
- CARBON METALURGICO
- CARBON TERMICO
- COBRE
- CROMO
- ESMERALDAS
- HIERRO
- MANGANESO
- NIQUEL
- ORO
- PLATA
- PLATINO
- POTASIO
- ROCA FOSFORICA
- ZINC

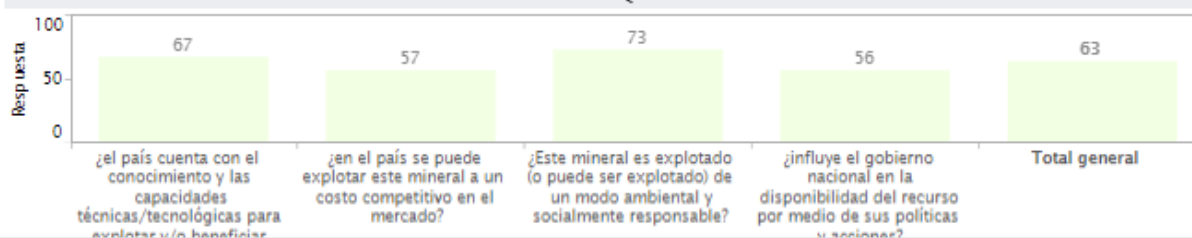
### Indicador 2: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL INTERNACIONAL



### Indicador 3: DISPONIBILIDAD DEL RECURSO



### Indicador 4: ASPECTOS GENERALES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD



Cancelar Aplicar

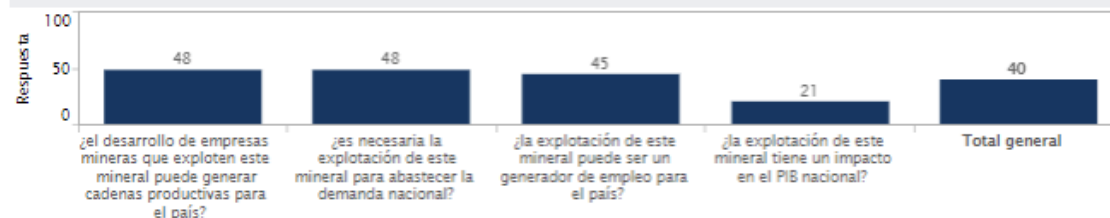
Mineral

MANGANESO

- (Todo)
- ALUMINIO
- ARENAS SILICEAS
- CARBON METALURGICO
- CARBON TERMICO
- COBRE
- CROMO
- ESMERALDAS
- HIERRO
- MANGANESO
- NIQUEL
- ORO
- PLATA
- PLATINO
- POTASIO
- ROCA FOSFORICA
- ZINC

Cancelar Aplicar

### Indicador 1: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL NACIONAL



### Indicador 2: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL INTERNACIONAL



### Indicador 3: DISPONIBILIDAD DEL RECURSO



### Indicador 4: ASPECTOS GENERALES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD

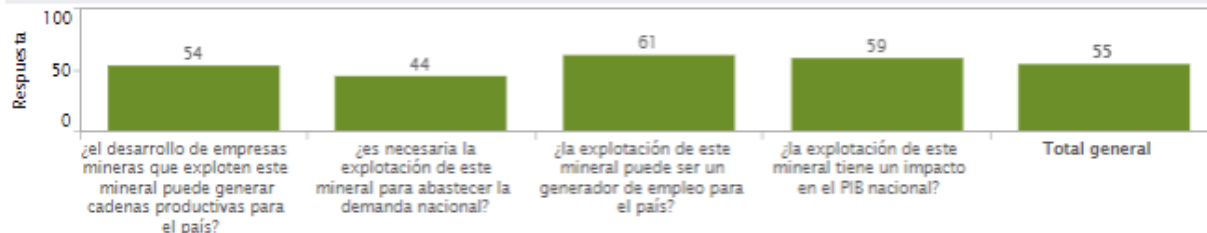


PARTE

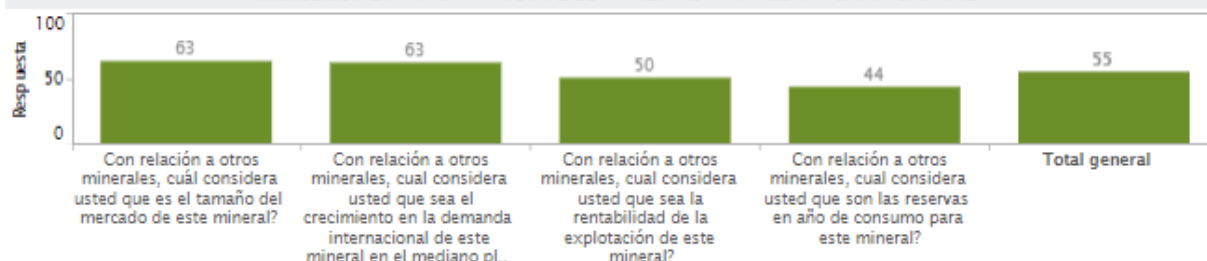
Mineral

■ NIQUEL

### Indicador 1: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL NACIONAL



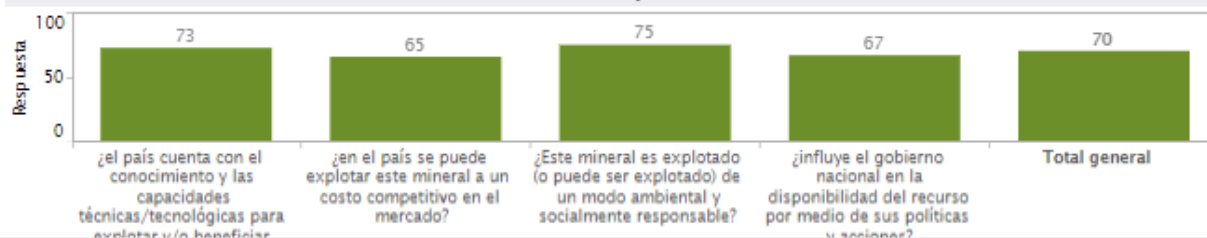
### Indicador 2: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL INTERNACIONAL



### Indicador 3: DISPONIBILIDAD DEL RECURSO



### Indicador 4: ASPECTOS GENERALES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD



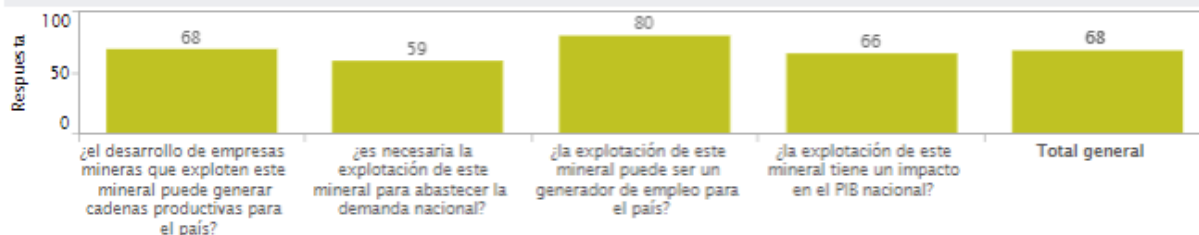
- (Todo)
- ALUMINIO
- ARENAS SILICEAS
- CARBON METALURGICO
- CARBON TERMICO
- COBRE
- CROMO
- ESMERALDAS
- HIERRO
- MANGANESO
- NIQUEL
- ORO
- PLATA
- PLATINO
- POTASIO
- ROCA FOSFORICA
- ZINC

Cancelar Aplicar



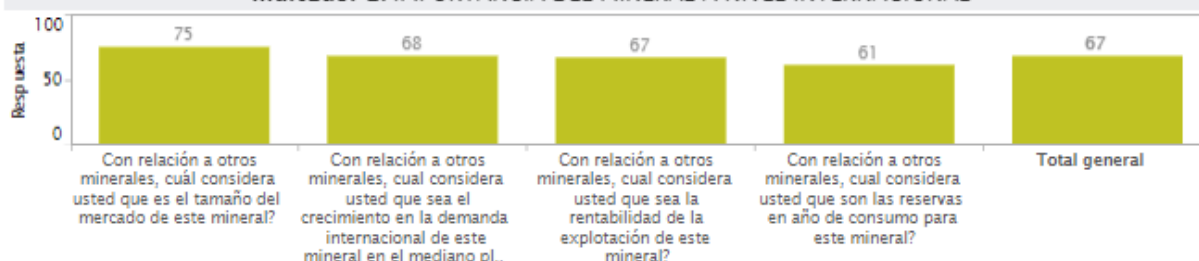
Mineral  
■ ORO

### Indicador 1: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL NACIONAL



- (Todo)
- ALUMINIO
- ARENAS SILICEAS
- CARBON METALURGICO
- CARBON TERMICO
- COBRE
- CROMO
- ESMERALDAS
- HIERRO
- MANGANESO
- NIQUEL
- ORO
- PLATA
- PLATINO
- POTASIO
- ROCA FOSFORICA
- ZINC

### Indicador 2: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL INTERNACIONAL

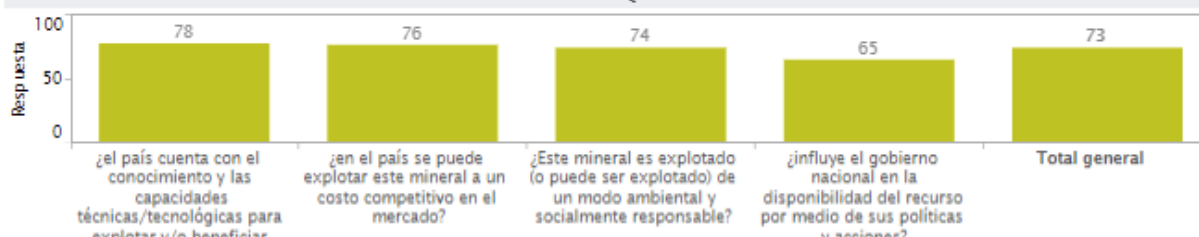


Cancelar Aplicar

### Indicador 3: DISPONIBILIDAD DEL RECURSO



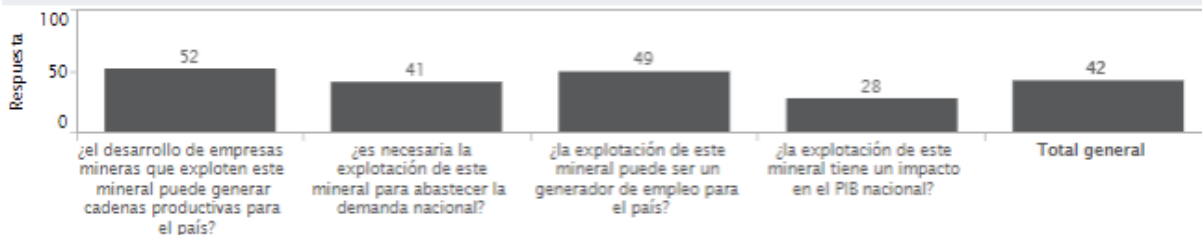
### Indicador 4: ASPECTOS GENERALES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD



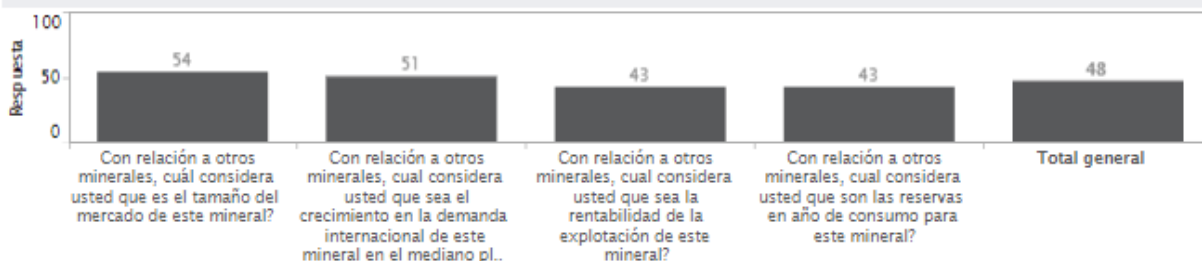
PAI

Mineral  
■ PLATA

### Indicador 1: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL NACIONAL



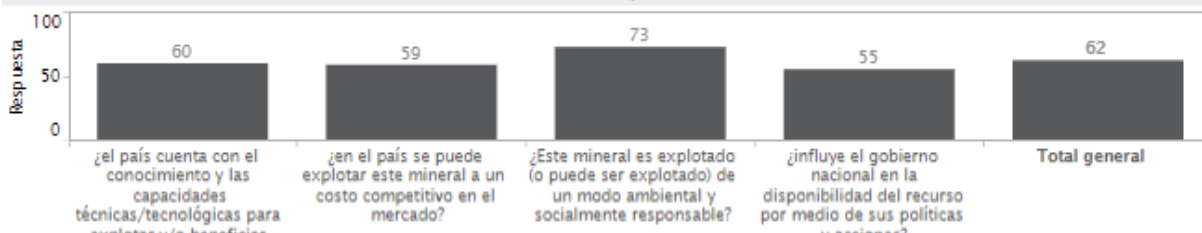
### Indicador 2: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL INTERNACIONAL



### Indicador 3: DISPONIBILIDAD DEL RECURSO



### Indicador 4: ASPECTOS GENERALES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD



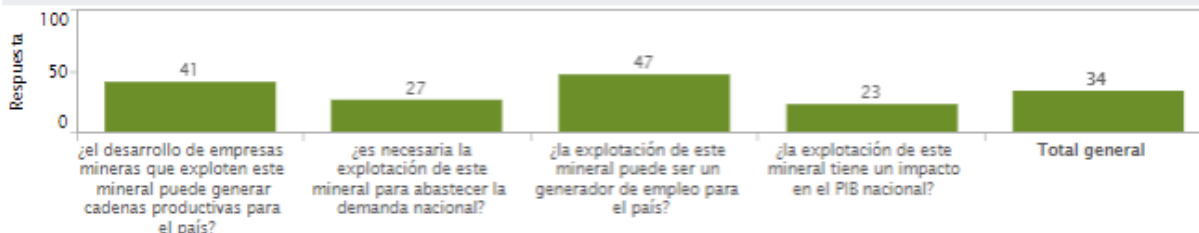
- (Todo)
- ALUMINIO
- ARENAS SILICEAS
- CARBON METALURGICO
- CARBON TERMICO
- COBRE
- CROMO
- ESMERALDAS
- HIERRO
- MANGANESO
- NIQUEL
- ORO
- PLATA
- PLATINO
- POTASIO
- ROCA FOSFORICA
- ZINC

Cancelar Aplicar

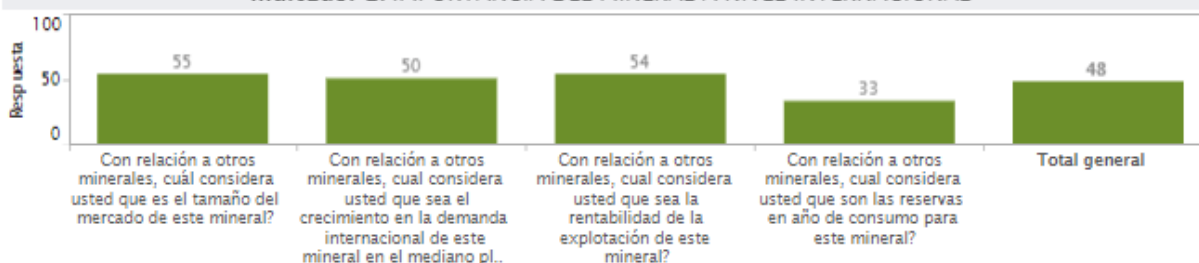
PAIN

Mineral  
■ PLATINO

### Indicador 1: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL NACIONAL



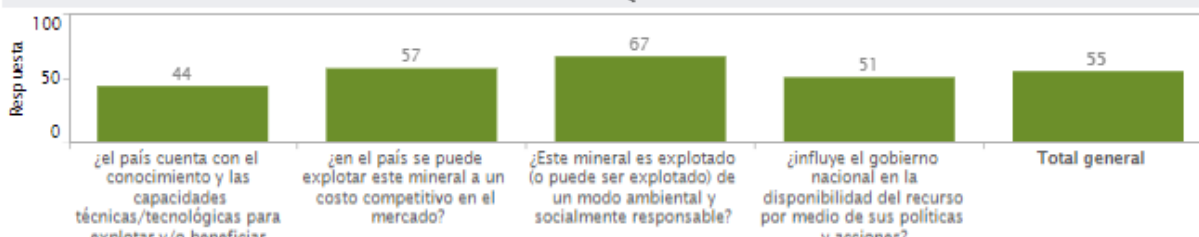
### Indicador 2: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL INTERNACIONAL



### Indicador 3: DISPONIBILIDAD DEL RECURSO



### Indicador 4: ASPECTOS GENERALES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD



- (Todo)
- ALUMINIO
- ARENAS SILICEAS
- CARBON METALURGICO
- CARBON TERMICO
- COBRE
- CROMO
- ESMERALDAS
- HIERRO
- MANGANESO
- NIQUEL
- ORO
- PLATA
- PLATINO
- POTASIO
- ROCA FOSFORICA
- ZINC

Cancelar Aplicar

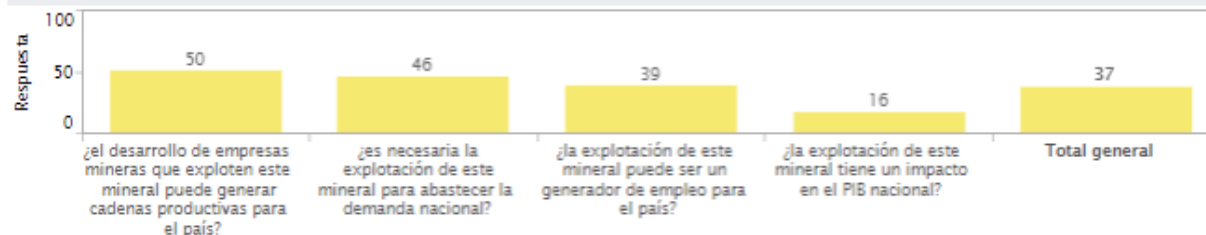
PAI



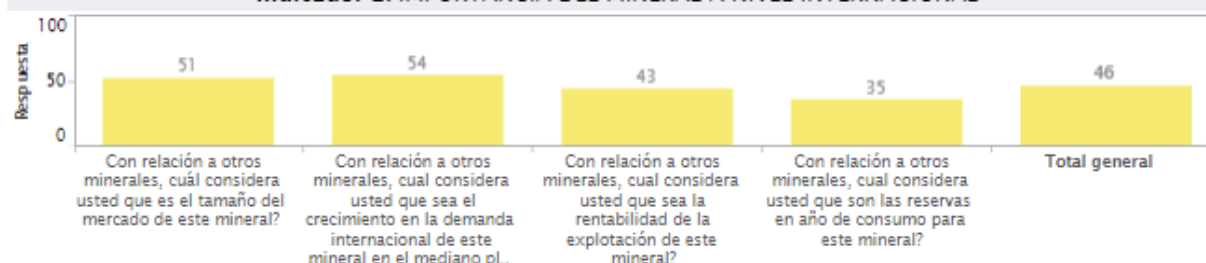
Mineral

■ POTASIO

### Indicador 1: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL NACIONAL



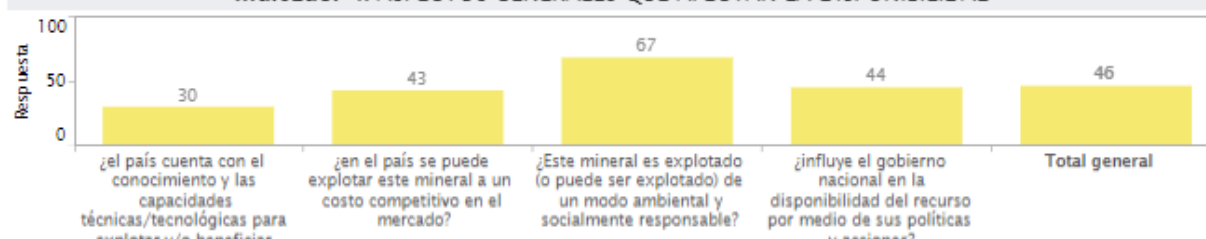
### Indicador 2: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL INTERNACIONAL



### Indicador 3: DISPONIBILIDAD DEL RECURSO



### Indicador 4: ASPECTOS GENERALES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD



- (Todo)
- ALUMINIO
- ARENAS SILICEAS
- CARBON METALURGICO
- CARBON TERMICO
- COBRE
- CROMO
- ESMERALDAS
- HIERRO
- MANGANESO
- NIQUEL
- ORO
- PLATA
- PLATINO
- POTASIO
- ROCA FOSFORICA
- ZINC

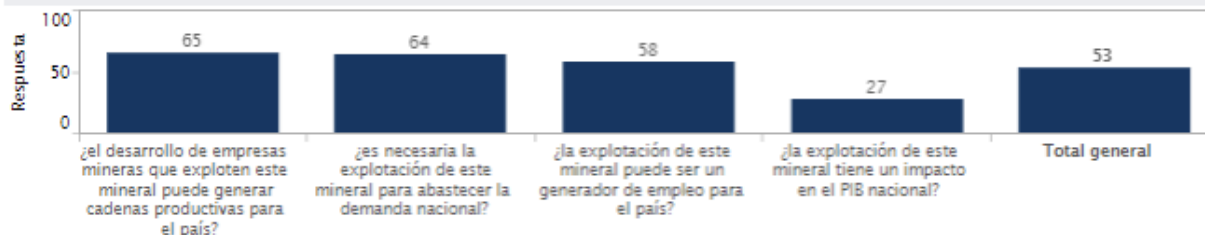
Cancelar Aplicar

PAI

Mineral

■ ROCA FOSFORICA

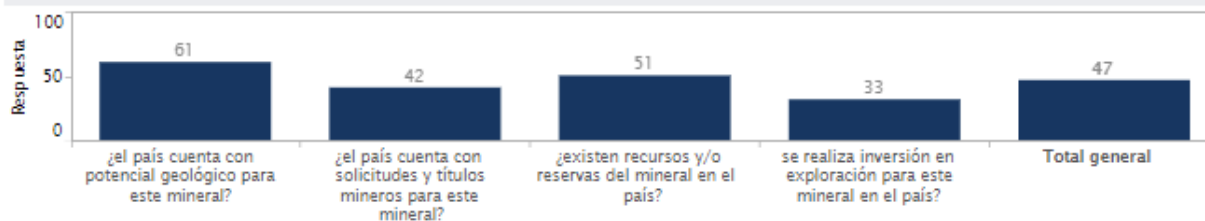
### Indicador 1: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL NACIONAL



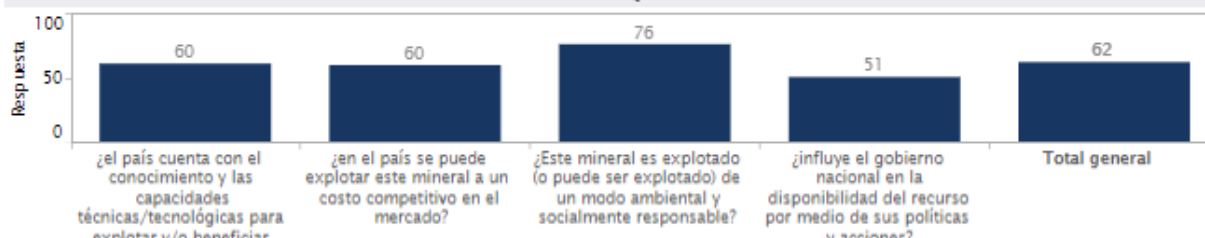
### Indicador 2: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL INTERNACIONAL



### Indicador 3: DISPONIBILIDAD DEL RECURSO



### Indicador 4: ASPECTOS GENERALES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD

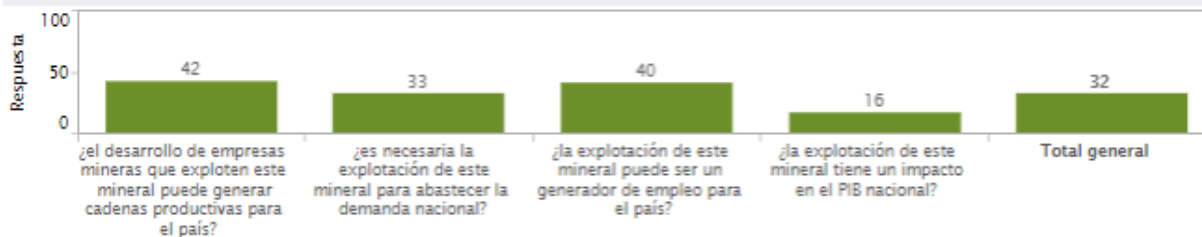


- (Todo)
- ALUMINIO
- ARENAS SILICEAS
- CARBON METALURGICO
- CARBON TERMICO
- COBRE
- CROMO
- ESMERALDAS
- HIERRO
- MANGANESO
- NIQUEL
- ORO
- PLATA
- PLATINO
- POTASIO
- ROCA FOSFORICA
- ZINC

Cancelar Aplicar

Mineral  
■ ZINC

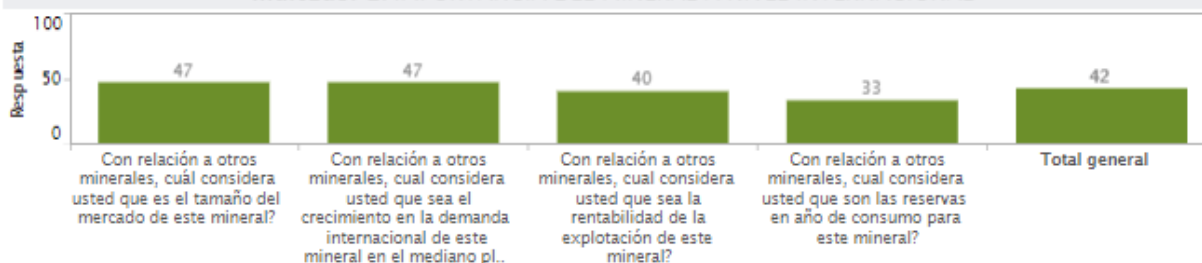
## Indicador 1: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL NACIONAL



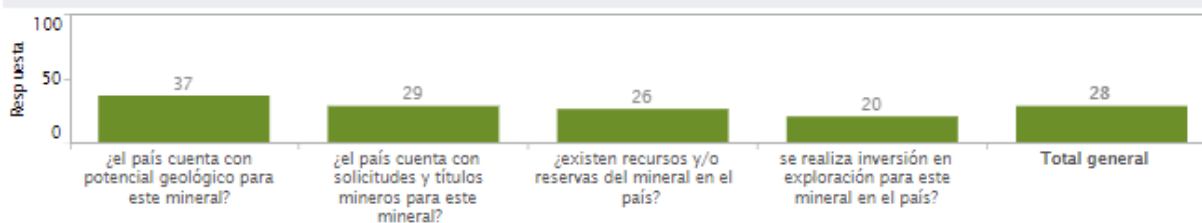
- (Todo)
- ALUMINIO
- ARENAS SILICEAS
- CARBON METALURGICO
- CARBON TERMICO
- COBRE
- CROMO
- ESMERALDAS
- HIERRO
- MANGANESO
- NIQUEL
- ORO
- PLATA
- PLATINO
- POTASIO
- ROCA FOSFORICA
- ZINC

Cancelar Aplicar

## Indicador 2: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL INTERNACIONAL



## Indicador 3: DISPONIBILIDAD DEL RECURSO



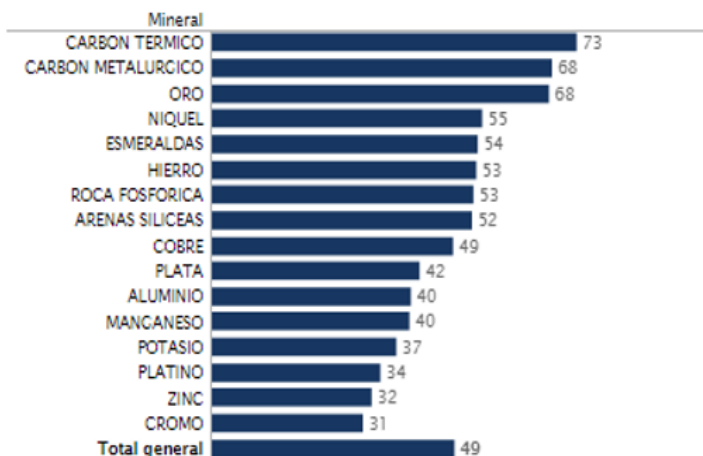
## Indicador 4: ASPECTOS GENERALES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD



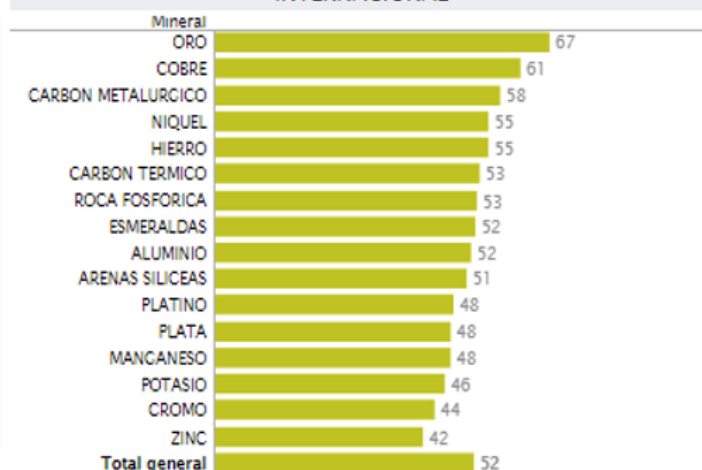


## RESULTADOS GENERALES DE LA ENCUESTA MATRIZ DE CRITICIDAD ADAPTADA

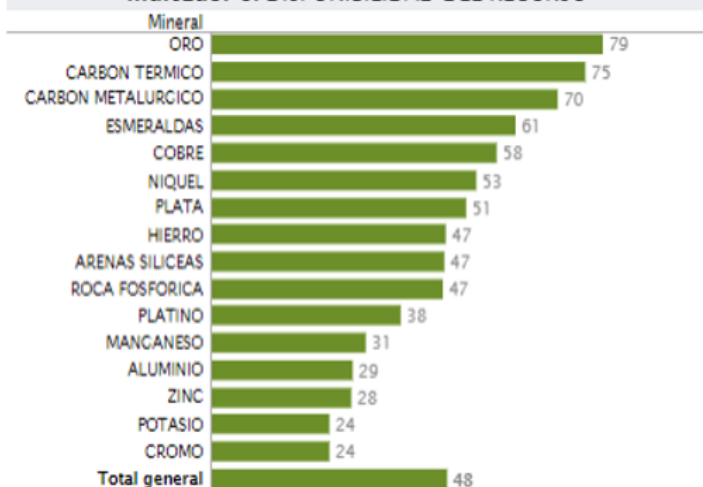
**Indicador 1: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL NACIONAL**



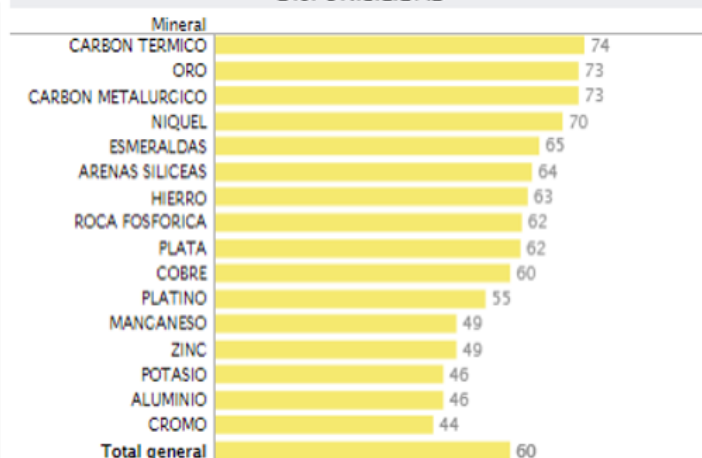
**Indicador 2: IMPORTANCIA DEL MINERAL A NIVEL INTERNACIONAL**



**Indicador 3: DISPONIBILIDAD DEL RECURSO**



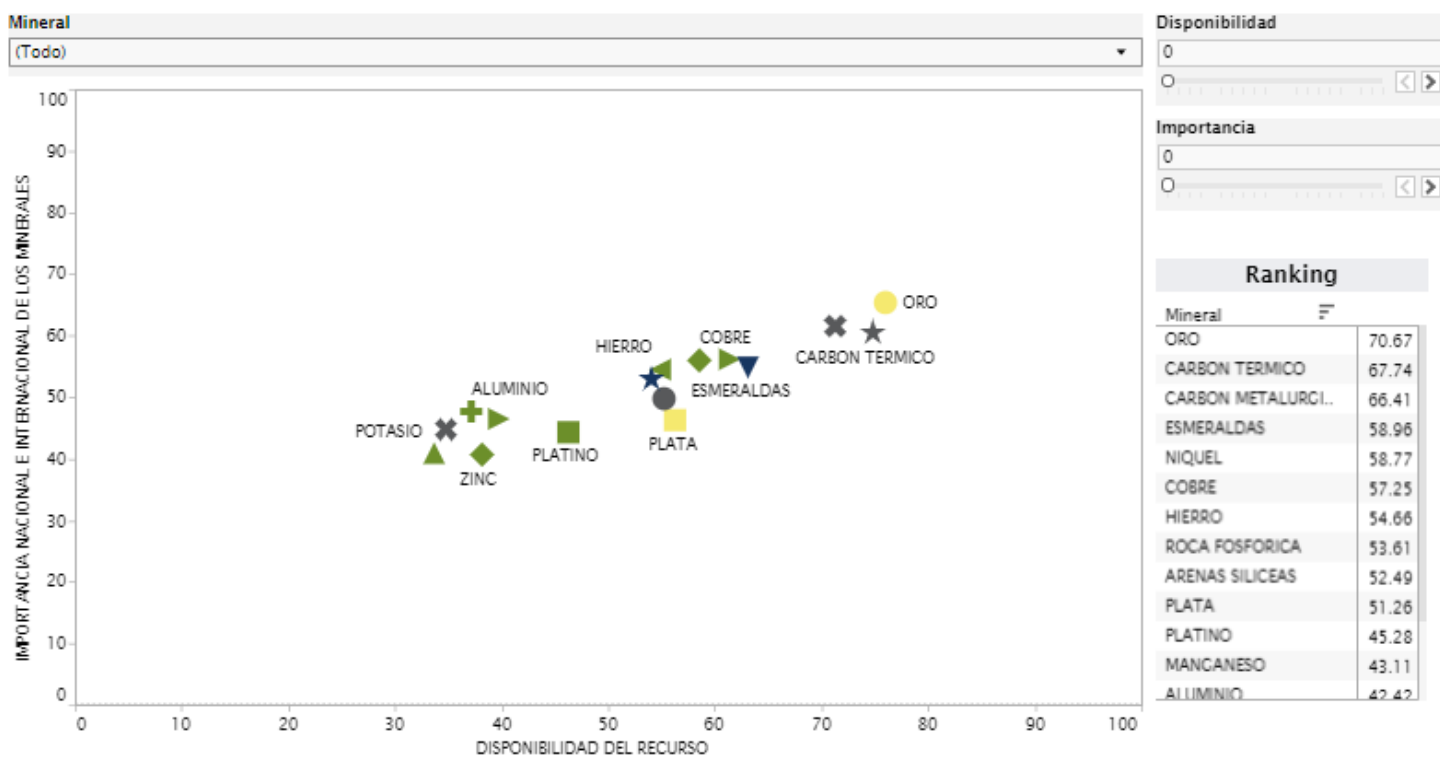
**Indicador 4: ASPECTOS GENERALES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD**



RESULTADOS FINALES CONSTRUCCION DE MATRIZ DE CRITICIDAD ADAPTADA

Matriz de criticidad adaptada para la selección de minerales estratégicos

Resultados finales de criticidad adaptada      Indicadores analizados



**Ranking**

Mineral	F
ORO	70.67
CARBON TERMICO	67.74
CARBON METALURGI..	66.41
ESMERALDAS	58.96
NIQUEL	58.77
COBRE	57.25
HIERRO	54.66
ROCA FOSFORICA	53.61
ARENAS SILICEAS	52.49
PLATA	51.26
PLATINO	45.28
MANGANESO	43.11
ALUMINIO	42.42

Fuente propia

Mineral	F
ORO	70.67
CARBON TERMICO	67.74
CARBON METALURGICO	66.41
ESMERALDAS	58.96
NIQUEL	58.77
COBRE	57.25
HIERRO	54.66
ROCA FOSFORICA	53.61
ARENAS SILICEAS	52.49
PLATA	51.26
PLATINO	45.28
MANGANESO	43.11
ALUMINIO	42.42
POTASIO	39.75
ZINC	39.42
CROMO	37.30

- Ranking matriz de criticidad adaptada:

## DETERMINACION DE LIMITES MATRIZ DE CRITICIDAD ADAPTADA

- Se consideran minerales estratégicos aquellos minerales cuya importancia nacional e internacional esté por encima de 50 puntos y su disponibilidad esté por encima de 50 puntos, el resultado es el siguiente:

## Matriz de criticidad adaptada para la selección de minerales estratégicos



Fuente propia



## ANEXO B. ANÁLISIS INTERNACIONAL DE MINERAL PRE SELECCIÓN OBJETIVA DE MINERALES (METODOLOGÍA)

Para la determinación de minerales estratégicos se hizo una segmentación del mercado minero (Aghdaie, 2015) considerando como nichos cada uno de los 27 minerales. Para dicha segmentación de mercado se consideraron básicamente dos variables de decisión.

- Crecimiento de la demanda (Lee, 2006)
- Tamaño de mercado (McDonald, 2012)

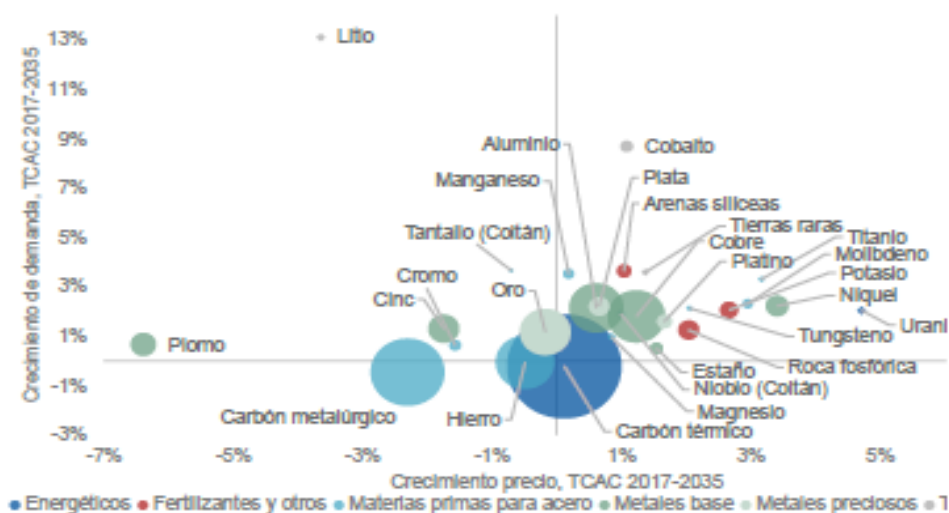
Los umbrales determinados en cada una de las variables corresponden al criterio experto del equipo consultor. Sin embargo, el valor de esta investigación radica en la aplicación de esta metodología, y no estriba así en el resultado en sí mismo.

Variable de decisión	Unidad	Valor
Crecimiento de la demanda	TCAC 2017-2035	1,0%
Tamaño del mercado	Tamaño de mercado relativo al PIB Colombiano (DANE, 2018)	2,5%

*Fuente: CRU para UPME 2018*

El análisis de cada uno de los 27 minerales se realizó a través de una revisión exhaustiva del comportamiento histórico y esperado de los mismos. Esta información se cargó a Sistema de Información Minero Colombiano (SIMCO), para que quede disponible para todos los actores de la institucionalidad colombiana. El análisis de cada uno de los minerales se encuentra sintetizado en documentos correspondientes de aproximadamente 50-60 páginas cada uno, completamente abiertos a los actores del mercado colombiano.

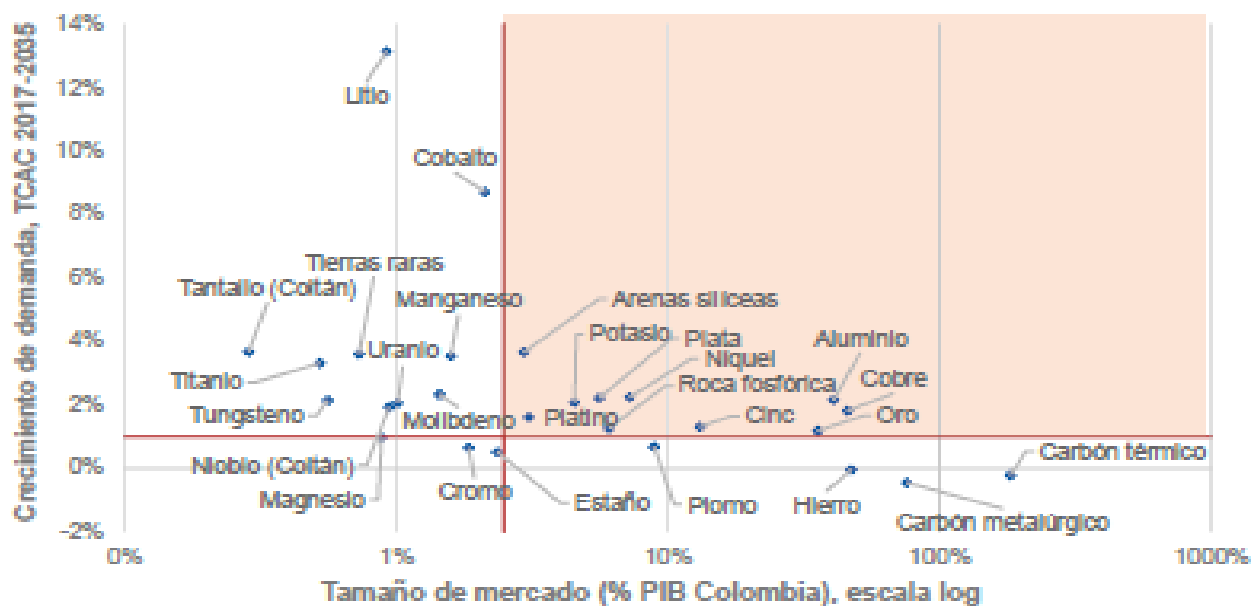
En la siguiente figura se muestra resumidamente el panorama del mercado de los minerales en el estudio. En esta se muestra la TCAC del precio en el eje de las abscisas y de la demanda en el eje de las ordenadas, mientras que el tamaño de burbuja el proporcional a tamaño del mercado en escala logarítmica.



Fuente: CRU para UPME 2018

Con el análisis de cada uno de los minerales se procedió a determinar el atractivo de cada mercado. Entiendo que el atractivo es un concepto subjetivo, el equipo consultor consideró la metodología presentada anteriormente. Sin embargo, cabe destacar que existen otras definiciones como la empleada por la Unión Europea en su estudio de materias primas críticas (EU Commission, 2014)

El resultado del par de variables relacionadas a demanda de muestra en la siguiente figura se observa que con dicho filtro se seleccionan 10 minerales del grupo inicial de 27 minerales. Como se mencionó al comienzo, los umbrales de corte corresponden al criterio experto



Fuente: CRU para UPME 2018

Los minerales que pasan el filtro de corte (Preselección internacional) son:

- Platino
- Potasio
- Arenas silíceas
- Plata
- Níquel
- Roca fosfórica
- Cinc
- Oro
- Aluminio
- Cobre

PAK

## ANEXO C. ANÁLISIS NACIONAL DE MINERAL PRE SELECCIÓN OBJETIVA DE MINERALES (METODOLOGÍA)

Para el país y el sector, el conocimiento y entendimiento de las dinámicas de los mercados mineros nacionales son fundamentales pensando tanto en las necesidades de abastecimiento de insumos mineros para las industrias y su efecto en la generación de valor agregado, como en el cumplimiento de las metas sostenibles del sector en su participación dentro de la balanza comercial y el aporte en rentas mineras (Regalías, Renta).

Para ello, en el año 2018 se realizó un análisis del mercado nacional para 18 minerales (oro, platino, cobre, minerales de fosfato, minerales de magnesio, carbón metalúrgico, carbón térmico, hierro, coltán–niobio y tantalio, aluminio-bauxita, cromo, manganeso, plata, níquel, esmeraldas, arenas silíceas, estaño y wolframio –tungsteno, realizando las proyecciones a corto, mediano y largo plazo para la oferta y la demanda para cada uno de esos minerales y frente a tres escenarios (continuidad, coexistencia y divergencia).

Podemos entonces definir principalmente dos criterios para seleccionar los minerales estratégicos a partir del mercado nacional:

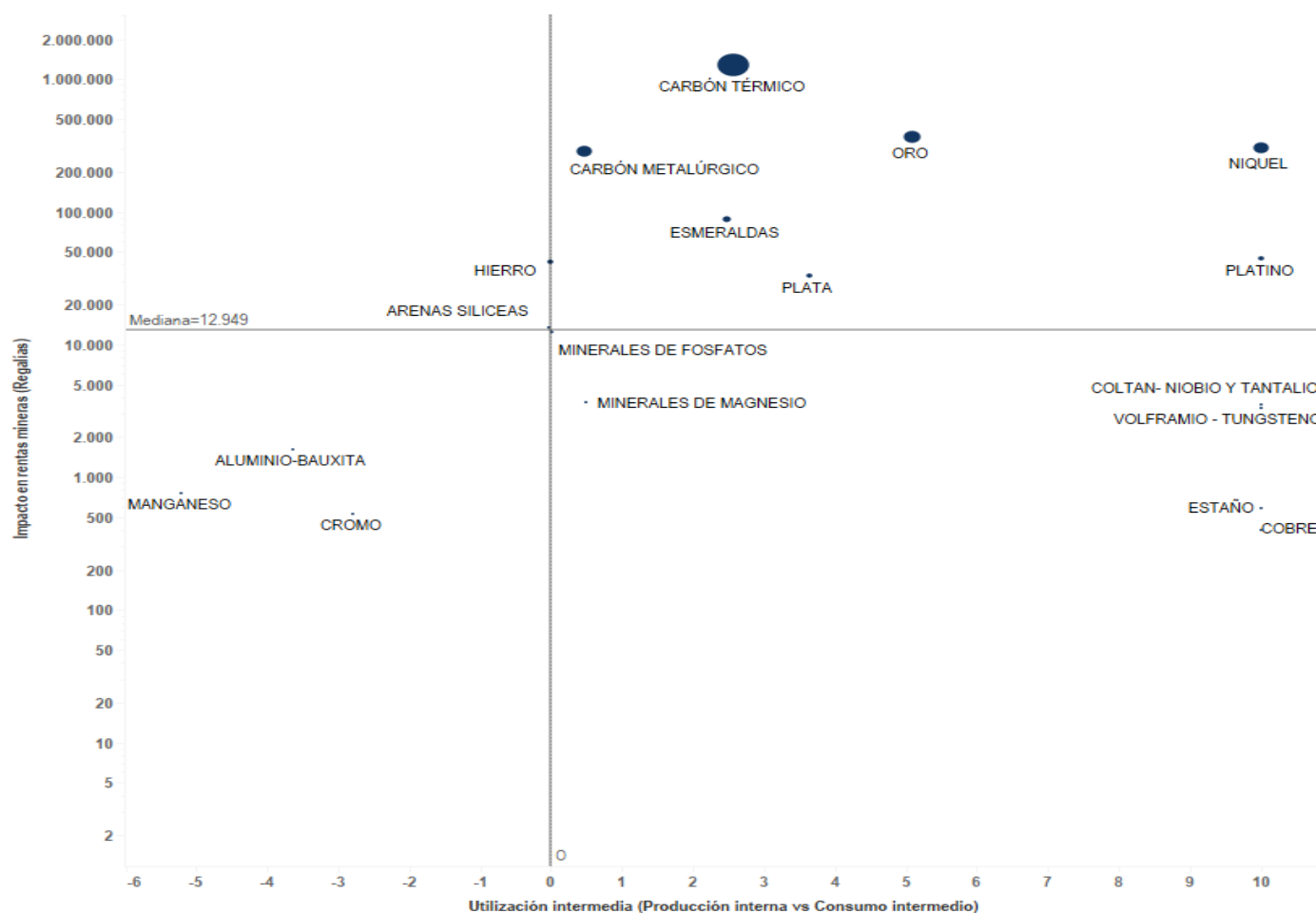
1. **Impacto en las rentas mineras:** Este criterio busca relativizar la significación o efecto que pueda tener cada uno de los minerales según su efecto en las rentas mineras, un indicador comparable es el aporte en regalías, que evidentemente muestra participaciones distintas para cada uno. Se medición se puede realizar con datos reales o con proyecciones.

Conforme a ese impacto se establece un grupo que se encuentre por encima de la mediana que se podría considerar estratégico.

2. **Utilización en consumo intermedio:** Existen minerales en los cuales la producción interna cubre el consumo intermedio y por tanto no hay dependencia en teoría de las importaciones; sin embargo para algunos minerales su producción interna no cubriría ese consumo y por tanto ese déficit se debería cubrir con importaciones.

En ese sentido se puede utilizar la razón entre la producción interna y el consumo intermedio de cada mineral para generar un factor de independencia o dependencia de importaciones como se puede ilustrar en el gráfico siguiente (Mayor a 0 implica independencia y mayor autosuficiencia).





Fuente: Propia UPME

**Estratégicos por su impacto en rentas mineras en su orden:** Carbón térmico, Oro, Níquel, Carbón metalúrgico, Esmeraldas

**Estratégicos por su utilización en consumo intermedio y déficit de producción en su orden:** Manganeso, Aluminio, Cromo, Hierro y Arenas silíceas.

Sin embargo, es importante aclarar que los consumos intermedios de productos mineros a excepción de carbón (térmico y metalúrgico), materiales de construcción y en alguna medida el hierro no son en grandes volúmenes dados los niveles de industrialización de nuestro país.

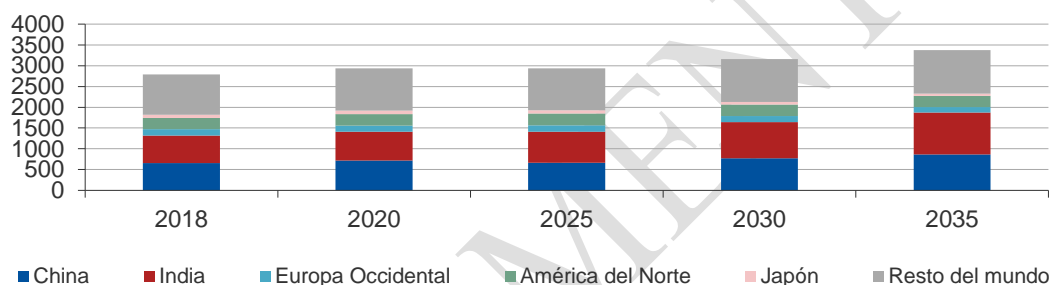
Es importante resaltar que los principales minerales que consumen los diferentes sectores económicos del país, fueron tenidos en cuenta en este análisis de carácter general.

En las próximas actualizaciones de minerales estratégicos, (revisión cada dos años y actualización cada cuatro años) se tendrá un capítulo exclusivo y diferencial en cada uno de los principales minerales consumidos o demandados por cada uno de los sectores económicos en el país.

## ANEXO D. ANÁLISIS DE MERCADO DE MINERALES ESTRATÉGICOS DEFINIDOS EN LA RESOLUCIÓN 180102 DE 2012.

**Oro.** A nivel internacional se estima que la demanda de oro en el largo plazo mostrará una modesta alza impulsada por la demanda proveniente de joyería y usos industriales. A largo plazo, se espera un crecimiento modesto pero positivo sobre todo por China y la India, por el aumento de la riqueza en estos países que se invierte en joyas, monedas y medallas de oro.

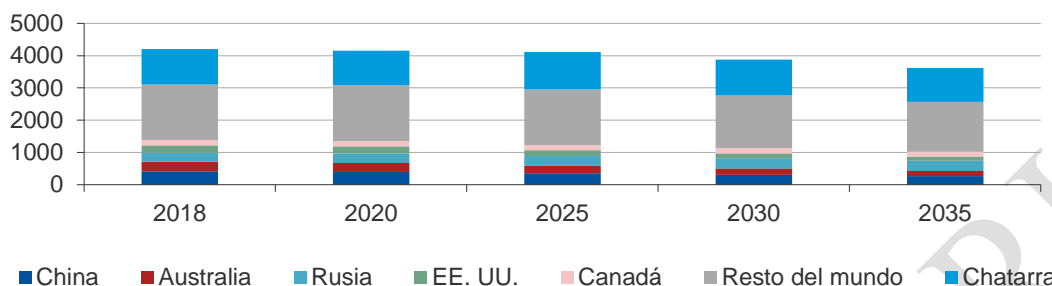
Proyección de la demanda de oro (toneladas)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

Se considera que la oferta total de oro en el mundo continúe descendiendo a mediano y largo plazo hasta el año 2035. Con respecto a la oferta del oro en el largo plazo, ésta continuará definiéndose en su mayor parte por la producción proveniente de mina. No obstante, en los próximos años se espera que la oferta de oro proveniente de fuentes primarias siga una tendencia decreciente, principalmente por la disminución del precio del metal desde 2025 y el aumento de costos – lo que desincentiva la operación de minas más pequeñas y más costosas dado que su producción ya no será económicamente rentable.

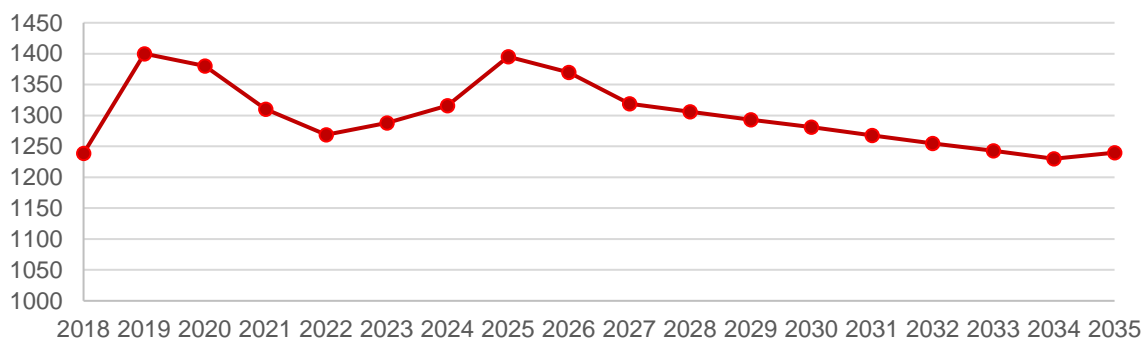
## Proyección de producción de oro (toneladas)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

El precio del oro tiene un comportamiento especial, generalmente alejado de los fundamentos de oferta y demanda y más vinculado con expectativas de inversionistas. Se estima que debería permanecer en el rango entre US\$1.200 y US\$1.300 /oz. Con una tendencia creciente hasta 2019 y luego con una tendencia decreciente en línea con el costo marginal de producción de largo plazo, iniciando de nuevo su crecimiento desde 2022 hasta 2025, buscando estabilizar su valor hasta 2035.

## Precio del oro (LBMA) (2017 US\$/oz)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

A nivel nacional, en 2012 el Servicio Geológico Colombiano identificó 14 áreas con potencial mineral de oro en Colombia que se estima tienen un área aproximada de 3.632.609 hectáreas y están ubicadas en los departamentos de Antioquia, Magdalena, Huila, Nariño, Chocó, Guainía y Norte de Santander. El 35% de los títulos mineros de oro se encuentran en Antioquia, seguido por Bolívar (13%), Caldas (11%) y Tolima (11%). Finalmente, el área intervenida para explotación de oro en Colombia corresponde al 0,014% del territorio nacional.

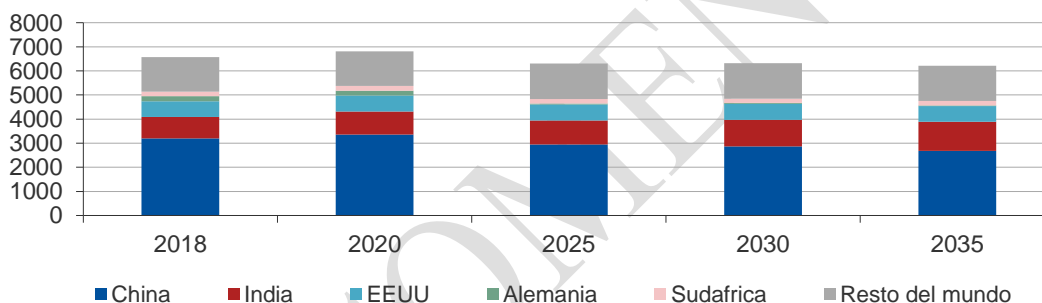
A nivel de Latinoamérica Colombia es el 5to productor de Oro con una producción aproximada en 2017 de 41 toneladas. Los principales departamentos productores son Antioquía, Bolívar, Caldas, Cauca, Chocó, Córdoba, Huila, Nariño, Putumayo, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca. La producción de oro presentó una caída del 15% en el 2013 y entre 2013 (56.3 ton) y 2016 (62.8 ton) tomó una dinámica de crecimiento aproximada

de 5% sin lograr volver a alcanzar los niveles de producción de oro mostrados en 2012. Las principales empresas productoras en el país son Gran Colombia Gold, Mineros S.A, Continental Gold, Ático Mining Corp. y Red Eagle.

Colombia exporta principalmente a Estados Unidos con el 58%, Suiza con el 14.9% y Canadá con el 1.4%. El valor de las exportaciones de oro realizadas por Colombia fue de 1.090 millones de dólares en el año 2015, en el año 2016 fue de 1.550 millones de dólares y en el año 2017 fue de 1.780 millones de dólares. Las exportaciones son la principal variable de la utilización, teniendo en cuenta que durante el periodo 2012 –2016 representó aproximadamente el 99% de la producción, teniendo su pico más alto en 2012 donde representó el 99,6%.

**Carbón Térmico:** El carbón enfrenta el mayor riesgo estructural a su proyección de demanda futura, amenazado por sustitutos como el gas natural y la generación eléctrica en base a fuentes renovables. China verá una reducción anual de 1,0% en su demanda a 2035, en línea con políticas ambientales más estrictas y una mayor diversificación de su matriz de generación eléctrica. India, será el único entre los principales consumidores a nivel global que verá un incremento en su demanda. EEUU verá una leve disminución en su demanda a 2035, en línea con fundamentos económicos más fuertes de sustitutos como el gas natural y las energías renovables.

Proyección de demanda de carbón térmico, (millones de toneladas)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

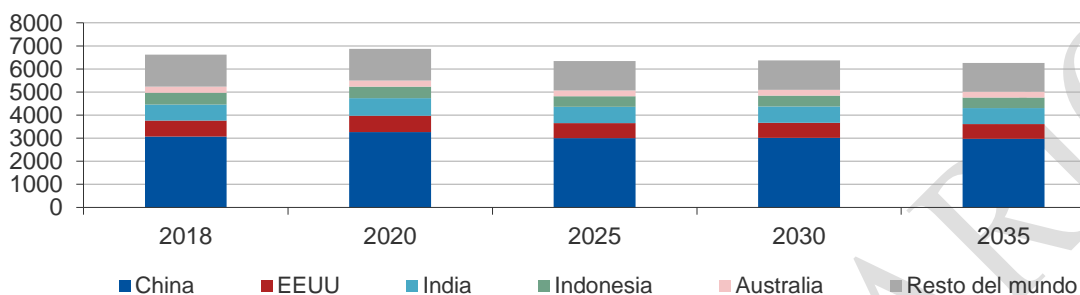
El máximo de la oferta de carbón térmico se espera para el año 2022, con un total de 7.091 millones de toneladas. China verá su capacidad productiva limitada a futuro producto de la creciente dificultad de obtener permisos de producción debido a limitantes medioambientales.

Los bajos precios de la última década causaron un importante déficit de nuevos proyectos, lo cual sumado al peak de demanda esperado para 2022, indica que luego de esta fecha se verá un estancamiento en la entrada de nueva capacidad. Los principales productores de carbón térmico se mantendrán en dicha posición a 2035, con China, EEUU, India, Indonesia y Australia incluso aumentando su parte del mercado de 79% en 2017 a 80% en 2035.

Se pronostica que el descenso en la oferta tenderá a ser más importante que el de la demanda, por lo que se espera un mercado con un superávit promedio de 46 millones de toneladas durante el periodo 2018-2035, lo cual básicamente corresponde a un mercado balanceado o en equilibrio ya que el volumen es menor al 1% de la demanda anual.



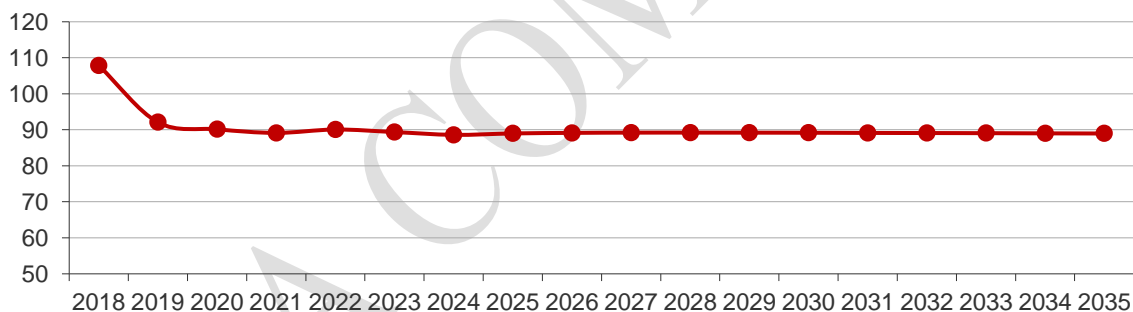
## Proyección de oferta de carbón térmico, (millones de toneladas)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

El alza experimentada por el precio en 2018 se debió a temas de cuellos de botella operacionales en que la oferta no pudo mantener el ritmo de la demanda. Sin embargo, esperamos que estos problemas operativos se solucionen a partir de 2019, lo que influenciaría el precio a la baja. Luego, el precio se debería estabilizar en torno a los \$90/ton (real 2017).

## Precio FOB Australia \$/t (real 2017)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

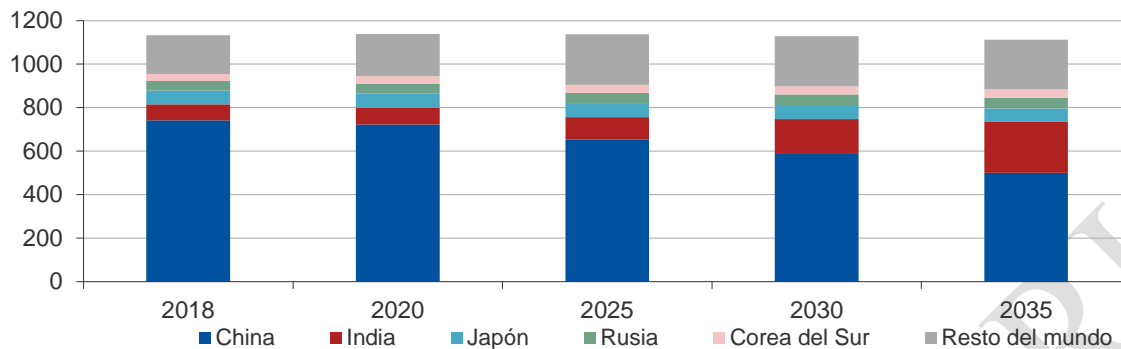
Con respecto al entorno nacional, el potencial geológico del carbón en Colombia, ha sido valorado desde la década de los años 70, con inversiones iniciales por parte del Estado, que condujeron a negociaciones con empresas multinacionales que complementaron labores exploratorias que permiten tener una valoración de reservas. El Ministerio de Minas y Energía ha consolidado las reservas medidas de carbón en 6.160 millones de toneladas. Según la ANM, existen 1.322 títulos mineros, de los cuales 30 están en exploración, 121 en construcción y montaje y 1171 en explotación, el 94% de los títulos mineros son de pequeña y mediana minería y el 6% de estos títulos son minería a gran escala.

Los principales departamentos productores de Carbón térmico son Guajira (Térmico), Cesar (Térmico), Cundinamarca (Térmico/Metalúrgico), Boyacá (Térmico/Metalúrgico), Norte de Santander (Térmico/Metalúrgico), Santander (Térmico/Metalúrgico), Antioquia (Térmico), Córdoba (Térmico), Valle del Cauca (Térmico), Cauca (Térmico) y Casanare (Térmico).

El balance nacional para el carbón térmico muestra una producción que varía entre 81 millones de toneladas (mt) en 2013 a 85 mt en 2016. Aproximadamente 93% del carbón térmico se produce mediante minería a gran escala en minas cuyas capacidades anuales varían entre 15 y 30 mt. La producción total anual durante los años muestra variaciones no mayores al 2,9% frente a este promedio. Los volúmenes de producción muestran un mercado relativamente estable que no genera sobresaltos importantes en los resultados alcanzados. Hacia el futuro, se espera un debilitamiento del mercado del Atlántico y un fortalecimiento del mercado del Pacífico, hacia donde ya se encaminan algunos volúmenes de las exportaciones colombianas. Anualmente una porción de la producción del carbón térmico, que varía entre 5 y cerca de 8 millones de toneladas, se utiliza en consumo interno para generación termoeléctrica (entre 1,8 y 2,1 mt), fabricación de cemento (entre 1,4 y 1,6 mt) y el balance se utiliza en las industrias cementera, textil y de alimentos. Las restricciones ambientales en estas industrias así como la baja inversión en equipos de control ambiental han hecho que el consumo interno de carbón se mantenga en los niveles anteriormente mencionados, y la gran mayoría se dirija a los mercados de exportación. Las exportaciones representan en promedio el 92,7% de la utilización en el quinquenio, mostrando que el mercado del carbón térmico en Colombia tiene alta dependencia de las condiciones de las transacciones internacionales. Las exportaciones colombianas de carbón térmico entre 2012 y 2016 estuvieron entre 71,4 y 85,7 millones de toneladas (mt). A partir de enero de 2014 se exigió el sistema de cargue directo en los puertos de exportación de carbón. Ese año las exportaciones incrementaron a 85,7 mt (incremento del 17% comparadas con 73,4 mt en 2013), especialmente durante el segundo semestre, para compensar por los volúmenes represados durante el primer semestre, cuando los puertos de cargue directo aún no estaban en funcionamiento. Colombia exportó carbón térmico principalmente a 59% Europa, 34% América, 7% Asia.

**Carbón Metalúrgico:** La producción global de acero BOF, principal determinante de la demanda de carbón metalúrgico aumentará a un ritmo anual de solo 0,6% hasta 2035 (vs. 5,8%, en 2005-2014). A nivel global, el consumo de carbón metalúrgico caerá 85 Mt (-0.5% anual) en el período 2018-2035, arrastrado principalmente por la disminución en la demanda China. India tendrá el mayor crecimiento de consumo a nivel mundial, llegando a las 203 Mt en 2035 (+137 Mt vs. 2017) impulsado por el desarrollo de proyectos de infraestructura, los cuales serán abastecidos principalmente por una mayor producción de acero doméstica. China, disminuirá su consumo en 295 Mt a 2035 (-2,7% anual), a raíz de restricciones medioambientales y un paulatino incremento de la proporción de acero producido vía EAF.

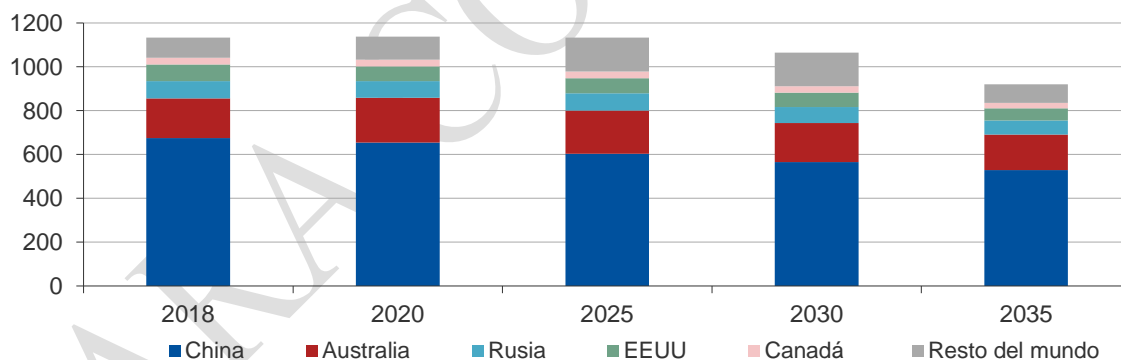
## Proyección de demanda, (millones de toneladas)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

La producción global alcanzará su máximo en 2023, con un volumen de 1.140 Mt. De ahí en adelante, se espera una baja progresiva producto del cierre de numerosas minas en Australia, Rusia, EEUU y Canadá. Existen suficientes proyectos catalogados como probables y posibles con capacidad de agregar 130 Mt de suministro al año 2028. China, responsable de un 61% de la producción global en 2017, tendrá un descenso de 24% en su producción a 2035 (163 Mt menos que en 2017) influenciado principalmente por una reestructuración profunda de su industria minera, apuntando hacia una producción más eficiente y rentable. Se espera que el mercado esté ligeramente balanceado durante gran parte de la década de 2020 con oferta suficiente para cubrir la demanda hasta 2028

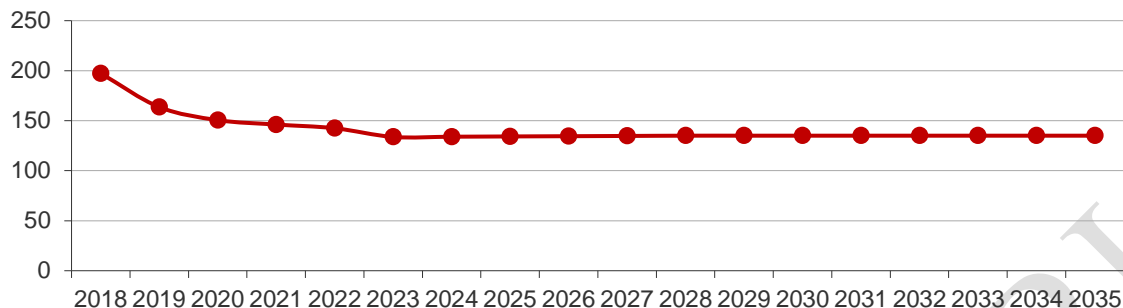
## Proyección de oferta, (millones de toneladas)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

En cuanto a precios, la combinación entre una menor demanda a nivel global sumado a una producción sin restricciones importantes hará que los precios de carbón metalúrgico HCC (FOB Australia) se ubiquen alrededor de 135 USD/t a partir de 2024 (real 2017).

## Precio HCC-FOB Australia, 2017\$



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

Con respecto al entorno nacional, el país cuenta con buen conocimiento de sus reservas de carbón metalúrgico. Las reservas medidas localizadas principalmente en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Santander y Norte de Santander suman 593,9 Mt.. Las calidades del carbón cubren un amplio espectro desde bajos volátiles hasta altos volátiles y diferentes contenidos de impurezas. Los mantos de carbón son normalmente de bajo espesor (0.5m a 2.5m) con buzamientos altos 30 a 60 grados y con topografía agreste. El 7% de la producción de carbón en Colombia es subterránea y de ésta se obtiene carbón térmico y metalúrgico. Los principales departamentos productores de carbón metalúrgico son Cundinamarca (Térmico/Metalúrgico), Boyacá (Térmico/Metalúrgico), Norte de Santander (Térmico/Metalúrgico), Santander (Térmico/Metalúrgico).

La producción de carbón metalúrgico muestra un comportamiento muy estable durante el período 2012-2016. Aunque parece haber un pico de producción para el año 2014, realmente representa una variación porcentualmente pequeña sin gran impacto en el mercado. Debe anotarse que los precios, tanto internacionales como nacionales, mostraron una tendencia a la baja durante el balance (2012-2016). El precio doméstico bajó desde US\$70/t en 2012 llegando a US\$35/t en 2015. No obstante, la producción se mantuvo estable mostrando una baja sensibilidad al precio, circunstancia poco usual en otros mercados.

El balance nacional para el carbón metalúrgico muestra una producción casi constante año tras año que varía entre 4,92 a 5,12 millones de toneladas en el período analizado. El nivel de desarrollo técnico de la minería de carbón metalúrgico es relativamente bajo y dista grandemente del desarrollo de la minería de carbón térmico. En el caso del carbón metalúrgico más del 90% de las minas activas producen volúmenes inferiores a 1.000 toneladas mensuales cada una. Una porción de la producción del carbón metalúrgico (entre 2,5 y 3,2 mt) se utilizó para fabricación de coque de exportación y el resto se exportó directamente.

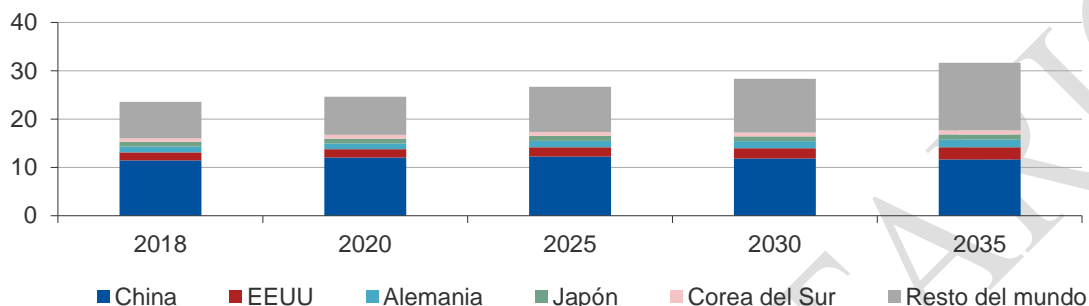
Las exportaciones colombianas de carbón metalúrgico entre 2012 y 2016 se mantuvieron en niveles constantes entre 1.2 y 1.5 millones de toneladas (mt). Colombia no es un gran actor en el mercado internacional, comparado con las exportaciones anuales promedio de Australia (170 mt), Estados Unidos (50 mt), Canadá (25 mt) y Rusia (22 mt). Entre estos cuatro países, exportan entre el 92 y 94% del total del carbón metalúrgico vía marítima. En el año 2016, Colombia exportó 1.2 mt de carbón metalúrgico crudo y 1.7 mt de coque, a Brasil (51%), Japón (25%), y Turquía (19%).

**Cobre:** Se estima que la demanda del cobre en el largo plazo será impulsada principalmente por la industrialización de países en vía de desarrollo, por el aumento de la producción de vehículos eléctricos y la mayor presencia de energías renovables en la matriz energética mundial. China es y seguirá siendo el principal consumidor de cobre a



nivel mundial. Sin embargo, su demanda en el sector de la construcción y electrificación verán una disminución importante, la cual sería hasta cierto punto compensada por una mayor demanda de cobre para la producción de vehículos eléctricos.

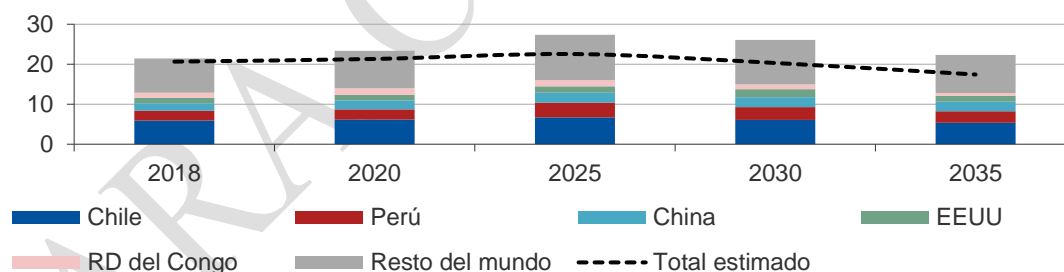
Proyección de la demanda del cobre refinado, (millones de toneladas)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

Se espera que la producción de cobre de mina alcance su nivel máximo en 2026, con un total de 22,6 millones de toneladas de cobre contenido, para luego disminuir hasta los 17,4 millones de toneladas en 2035. Dentro de los principales proyectos que se esperan en el mediano plazo se encuentra Cobre Panamá (Panamá, 2019), Qulong (China, 2019) y Kamao Fase 1 (República Democrática del Congo, 2021). La entrada de grandes proyectos ayudará a reemplazar el tonelaje proveniente de operaciones cuyos recursos se están agotando, pero no será suficiente para aumentar la oferta en el largo plazo.

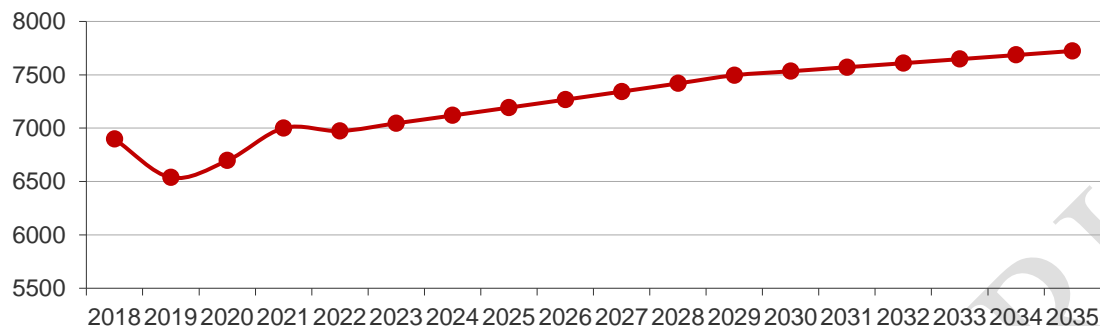
Proyección del cobre mina, (millones de toneladas)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

En el largo plazo se espera un déficit en el balance de mercado del cobre, por lo que se espera que los precios reales del cobre aumenten con el fin de incentivar nuevas inversiones. El actual cuello de botella de la industria es la capacidad mina. Para 2029 se espera que el precio del cobre alcance los US\$ 7.496 /t, precio más que suficiente para incentivar la inversión.

Precio cobre, LME 3 meses (2017 US\$/t)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

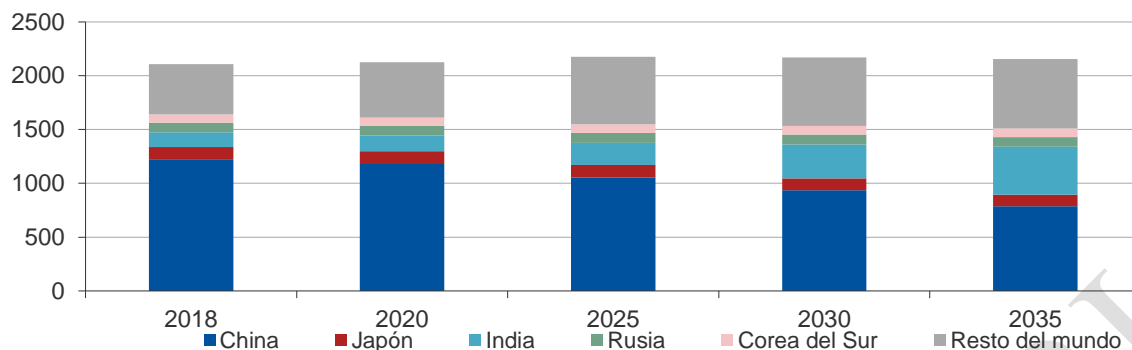
Con respecto al entorno nacional, en Colombia se exploran depósitos con tenor promedio entre 0,7% y 3,46% de cobre. El promedio mundial de leyes de mineral de cobre es de aproximadamente el 0,62% y se espera que este número disminuya a medida que se agoten las minas con mayores leyes, lo que representa una oportunidad para su explotación en Colombia.

La producción de concentrados de cobre en Colombia proviene de una sola operación, la mina subterránea de El Roble ubicada en el departamento del Choco, que para el año 2017, reportó una producción de 9.355 toneladas. En términos generales, la producción de esta mina muestra una tendencia creciente en la producción desde 2014 hasta 2016. Este crecimiento ha sido de 33% entre el 2014 y 2015 y; del 55% entre 2015 y 2016.

Colombia exportó en 2017 minerales de cobre y sus concentrados principalmente a España (39%), Singapur (21%), Alemania (19%) y China (10%). Al observar el comportamiento de las exportaciones de cobre entre 2012 y 2016, se evidencia un crecimiento de más del 1.000%, impulsado por el cambio en la producción de este mineral, pese a la caída en precio que tuvo durante el mismo periodo. De igual forma, el valor de las exportaciones de 2017 con relación a las de 2015 fueron un poco más del doble, pasando de 25,8 millones de dólares en 2015 a 58,3 millones de dólares en 2017

**Hierro:** La demanda global de mineral de hierro alcanzará las 2.042 Mt en 2035 (-18 Mt vs 2017), arrastrada a la baja por una importante disminución en China. La demanda de mineral de hierro en China tendrá una importante baja de 443 Mt a 2035, pasando de representar un 60% de la demanda total en 2017 a un 39% en 2035. India verá el mayor crecimiento en su demanda, pasando de las 119 Mt en 2017 a 446 Mt en 2035. Este aumento será impulsado por un fuerte crecimiento de la industria acerera doméstica. Se espera una creciente preponderancia de productos de mayor calidad (>65% Fe, pellets) debido la búsqueda de mayor productividad de alto horno por parte de las siderúrgicas.

Proyección de demanda, (Mt)

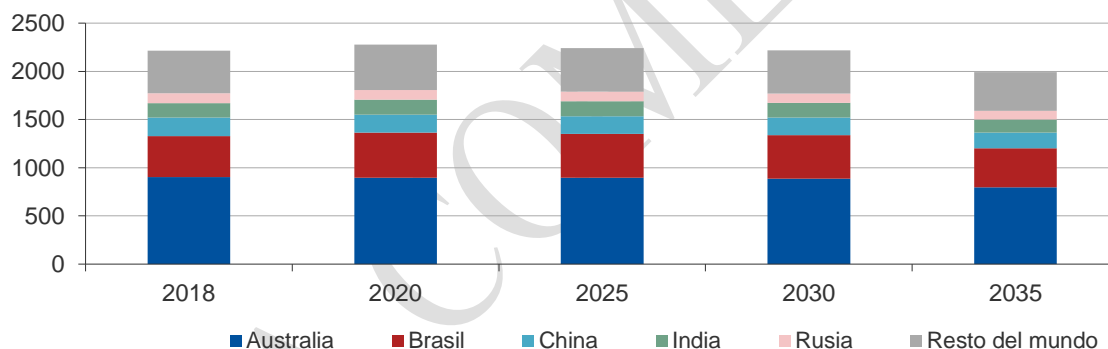


Fuente:

### CRUSTRATEGIES para UPME 2018

La oferta de mineral de hierro alcanzará su máximo en 2025, con 2.240 Mt. Posterior a esta fecha, se espera un progresivo descenso hasta alcanzar las 1.991 Mt en 2035 (-226 Mt vs 2017). Las operaciones existentes y el pipeline de proyectos permiten proyectar un mercado sin problemas de oferta hasta finales de la década próxima. Ninguno de los principales productores verá un aumento en su producción a 2035, lo que se reflejará en un descenso anual de un 0,5% en la producción global. Se espera un mercado en superávit por, al menos, 10 años más producto de una oferta robusta combinada con una demanda en lento declive.

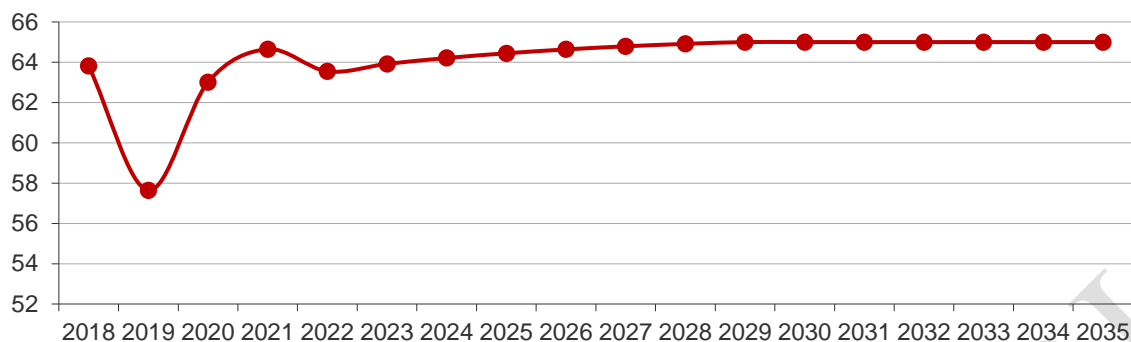
### Proyección de oferta, (Mt)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

En cuanto a los precios, se pronostica que el precio estimado a largo plazo del *benchmark* Fe 62% CFR China tendrá un valor de \$65/t, en línea con el costo marginal de largo plazo de la industria. Los índices 65% y 58% Fe, tendrán precios de \$77/t y \$55/t respectivamente.

CFR China spot, 62% Fe finos (real)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

Con respecto al contexto nacional, en 2012 el Servicio Geológico Colombiano identificó un área potencial en Colombia para el hierro de 1.806.300 hectáreas, ubicada en el departamento del Vaupés, catalogada como de bajo conocimiento pero con potencial minero. En Colombia el hierro se extrae principalmente en los departamentos de Boyacá (44%) y Cundinamarca (66%). En los últimos años se han encontrado nuevos depósitos del mineral en Mitú y Cundinamarca.

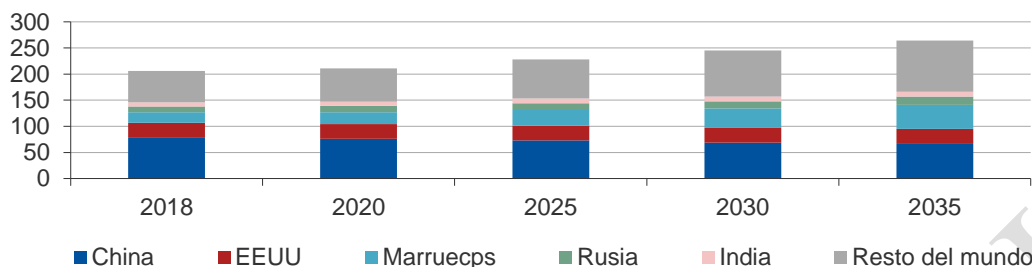
El balance nacional para el mineral de hierro muestra por el lado de la producción una fuerte caída del 19% entre el 2013 y 2014, que según la Agencia Nacional de Minería fue ocasionada por la disminución en la producción de hierro en los municipios de Paz del Río S.A. y Guayatá, cuya producción pasó en 2013 del 56% al 34% de la producción nacional en 2014. Dos minas de Paz del Río S.A. presentaron novedades, la mina El Banco no produjo por problemas con comunidades y la mina La Mesa estuvo cerrada por licencias ambientales. En términos generales, la producción de 2015 fue de 902.233 toneladas, en el año 2016 715.692 toneladas.

Las exportaciones de Hierro en Colombia equivalen al 0,003% de la utilización total de este mineral en el país, de acuerdo a la información reportada por el DANE en el marco del proyecto de “Cuenta Satélite”. Sin embargo, según este estudio, Colombia no exporta Hierro, debido a que la exportación de hierro de mina colombiano no es viable (volúmenes producidos, costos de producción y transporte a puertos). Según cifras del DANE, en 2017 Colombia exportó 9.802 toneladas de hierro por un valor de USD 17,6 millones.

**Fosfatos: (Roca fosfórica)** Los sólidos fundamentos de la demanda de la industria de fertilizantes acelerarán el crecimiento del mercado de roca fosfórica. El mercado total crecerá de 207 Mt en 2018 a 263 Mt en 2035. La demanda de fertilizantes se verá impulsada por la necesidad de alimentar a una población mundial en crecimiento y por las limitaciones de la expansión de las tierras cultivables, lo que exigirá mayores tasas de aplicación de fertilizantes. Marruecos impulsará el crecimiento de la demanda mundial, consumiendo 46 Mt en 2035 (5% de Tasa de Crecimiento Anual Compuesto, TCAC). Rusia aumentará la demanda en 5 Mt durante 2018-2035, con un total de 16 Mt en 2035 (2,2% TCAC).

Proyección de demanda, 2018-2035, (Mt)

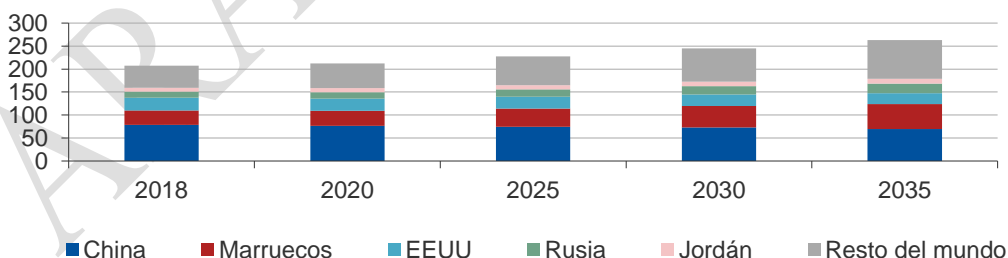




Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

La oferta podrá satisfacer la demanda y crecerá de 210 a 263 Mt entre 2018 y 2035. En China, la producción disminuirá a una TCAC del 0,6% debido a la caída de la demanda interna y a los consiguientes cierres. Los altos costos de producción y el endurecimiento de las restricciones medioambientales en la industria china significan que China será reemplazada por Marruecos y Arabia Saudita como motores clave del crecimiento de la oferta. La producción mundial de Marruecos aumentará a 54 Mt en 2035 (3,3% TCAC), a medida que entre en funcionamiento la capacidad adicional planeada. Los proyectos rusos que se pondrán en marcha a mediano plazo también impulsarán la producción, ya que producirán 8 Mt más que en 2018, lo que significará un total de 21 Mt en 2035.

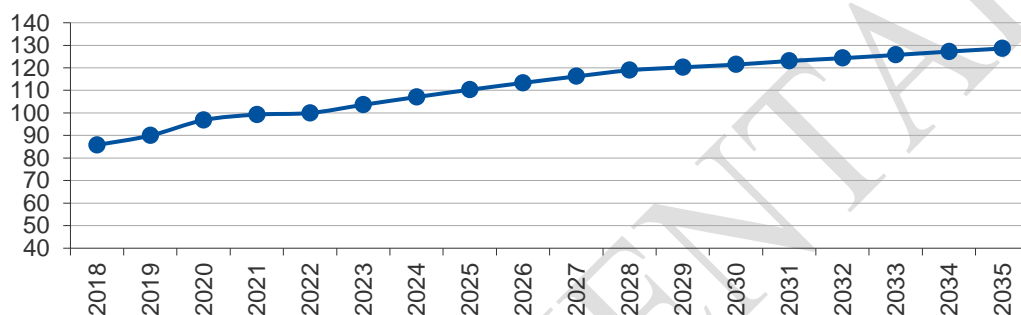
Proyección de oferta de roca fosfórica (Mt)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

Los precios de fertilizantes están fuertemente correlacionados con los precios de la roca (correlación ~0,96). Específicamente, los precios del DAP impulsan los precios de la roca fosfórica. En línea con el DAP, el precio de la roca fosfórica tocará fondo en 2018. Se prevé que los precios FOB en Marruecos 68- 72% del BPL aumenten de US\$ 85,8/t en 2018 a US\$ 100,0 en 2022, (real 2017). Un aumento de la demanda de ácido fosfórico entre 2018 y 2022 apoya una perspectiva positiva para el precio de la roca. Para el año 2035, se espera que los precios se recuperen de los bajos niveles actuales y aumenten de US\$ 89,4 /t en 2017 a US\$ 128,6 /t en 2035 (real 2017).

Proyección de precio, (FOB Marruecos 68-72%, 2017 US\$/t)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

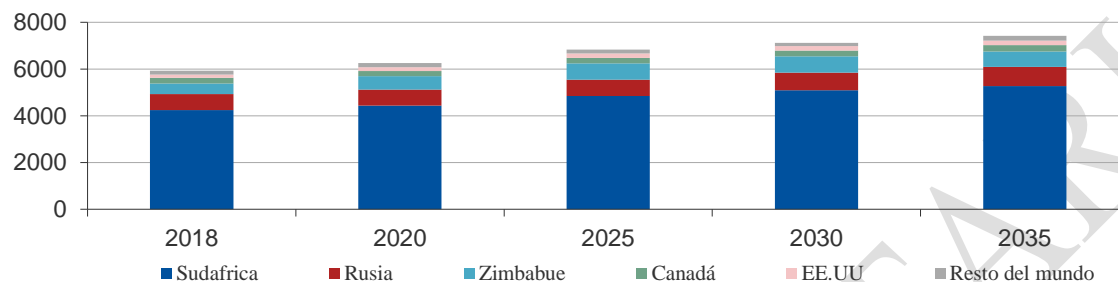
Con relación al entorno nacional, los depósitos más importantes están ubicados en la Cordillera Oriental. Las capas minerales van desde unos cuantos centímetros a 5 metros de ancho, con una ley de entre 5 y 31% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. La producción de roca fosfórica se remonta a los años 70, cuando la industria se estableció para abastecer a la comunidad agrícola, la cual es utilizada en la modalidad de roca molida para aplicación directa.

En Colombia existen 63 títulos mineros de los cuales el 7% está en explotación y el 30% está en construcción y montaje, estos títulos mineros están ubicados en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Huila, Norte de Santander y Santander. La producción de roca fosfórica en Colombia para 2016, fue de unas 66.324 toneladas al año, siendo Boyacá el mayor productor con 34.501 toneladas al año; seguido Huila con una producción de 20.615 toneladas año y Norte de Santander con una producción de 11.208 toneladas al año.

**Platino:** El platino tiene una serie de usos, dentro de los cuales destaca su importante rol en la fabricación de convertidores catalíticos para automóviles y su extensivo uso en el diseño y fabricación de joyas. Estos dos usos finales representan hoy en día más de la mitad de la demanda de platino a nivel mundial. Estos sectores, el automotriz y la joyería, verán crecimientos modestos comparados con el resto, afectados por un creciente lobby anti-diésel, sumado a la sensibilidad al precio pronosticado al alza por parte de la industria de la joyería. China y el resto del mundo (incluyendo regiones como India, América Latina y el Sudeste Asiático) verán tasas de crecimiento anual en su demanda de 2,3% y 2,9% respectivamente, mayores al promedio mundial de 1,7%. La demanda global de platino alcanzará las 13.361 koz en 2035 (+33% vs 2017), impulsada por crecimientos en todos sus segmentos consumidores. Las economías desarrolladas disminuirán su peso en la demanda global hasta alcanzar un 46% en 2035 (vs. 56% en 2017).

La producción mina de platino se verá afectada a la baja hasta 2019, influenciada por las malas condiciones de mercado de la década anterior, caracterizada por bajos precios e interrupciones en el suministro sudafricano. A partir de 2020, se espera una reactivación de la producción, aumentando constantemente hasta alcanzar un máximo de 7.425 koz en 2035. Los tres principales productores de platino mina, Sudáfrica, Zimbabue y Rusia mantendrán su posición monopólica en el mercado de un 91% de la oferta global a 2035.

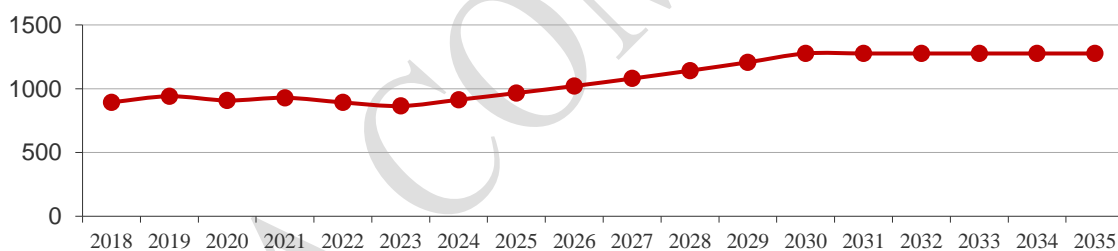
Proyección de oferta (koz)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

Con respecto al precio internacional del platino, a partir de mediados de la década de 2020 se verá un incremento mayor de la demanda comparado con la oferta, lo cual sumado al limitado margen de respuesta de la producción mina, tendrá un efecto alcista en los precios del platino. Se pronostica que el precio del platino alcanzará los 1.276\$/oz en 2030 (+35% vs 2017), periodo a partir del cual se estabilizará hasta 2035

Precio Platino \$/oz (\$.,2017)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

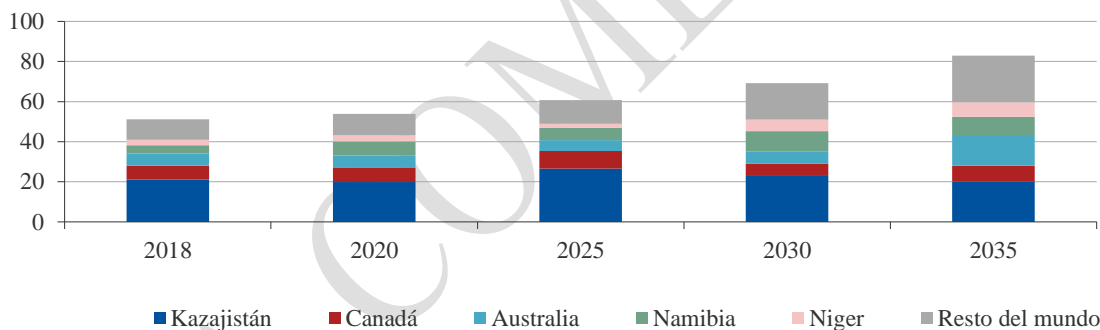
El platino en Colombia se encuentra principalmente en forma de aluvión en el Pacífico, se extrae de manera informal por parte de comunidades, no existen fuentes primarias para la extracción del mineral, actualmente se explora la zona del río Condoto la cual se presume puede ser una fuente primaria. Según la Agencia Nacional de Minería, el departamento con mayor producción es Chocó, seguido de Antioquia, Nariño, Guainía y Cauca. La producción de platino en Colombia presentó un comportamiento marcado por pequeños crecimientos (3% en promedio) en los periodos 2012 –2013 y 7% en el periodo 2015 -2016; y unas fuertes caídas (24% en promedio) en los periodos 2013 –2014 y 2014 –2015. En el Departamento del Chocó se produce alrededor del 97% de platino en Colombia, siendo los municipios de Condoto, Istmina, Tadó, Unión Panamericana y Quibdó las principales fuentes de explotación del mineral. Éstos municipios, principalmente, se encuentran ubicados en la zona conocida como alto, medio y bajo San Juan.

Con respecto a las exportaciones, en el periodo 2012 –2016 se observa que el único componente de la utilización de platino son las exportaciones. Éstas presentan un comportamiento similar al de la producción, aumentos en los periodos 2012 –2013 y 2015 –2016; y disminuciones para el periodo 2013 –2015, por lo cual se podría suponer que esto se explica por los mismos factores de la producción. El 95% de las exportaciones tiene como destino Estados Unidos y el 5% Turquía. Durante el año 2015, las regalías relacionadas con la explotación de platino fue de 3.138 millones de pesos, en el 2016 fue de 3.564 millones de pesos y en el 2017 fue de 2043 millones de pesos.

**Uranio:** Aproximadamente el 95% de la demanda de uranio proviene de reactores nucleares comerciales que producen energía eléctrica para redes nacionales. El 5% restante de la demanda es atribuible a las aplicaciones nucleares y de investigación. El uranio utilizado en aplicaciones militares y de investigación suele permanecer en un "circuito cerrado", con poco comercio con la industria de la energía nuclear. China está construyendo plantas nucleares activamente. Se estima que superará a Francia en 2018 y a los Estados Unidos en 2026 en términos de demanda de uranio para las centrales nucleares, en términos generales se espera que la demanda de uranio crezca a una TCAC de 2,2% en el período 2018-2035.

La gran mayoría del suministro de uranio se concentra en sólo 5 países que no cuentan con un parque importante de reactores nucleares. Kazajistán detuvo el agresivo aumento de producción de uranio. El objetivo principal ahora es preservar la participación de mercado actual y reponer las minas de uranio existentes. Se espera que la oferta australiana crezca en tan solo una mina, donde el uranio es un subproducto de la mina de cobre. Canadá posee las minas de uranio con mayor ley. Sin otros descubrimientos importantes, no se puede añadir mayor oferta de uranio al mercado desde este país.

Proyección de producción de uranio (miles de tU)

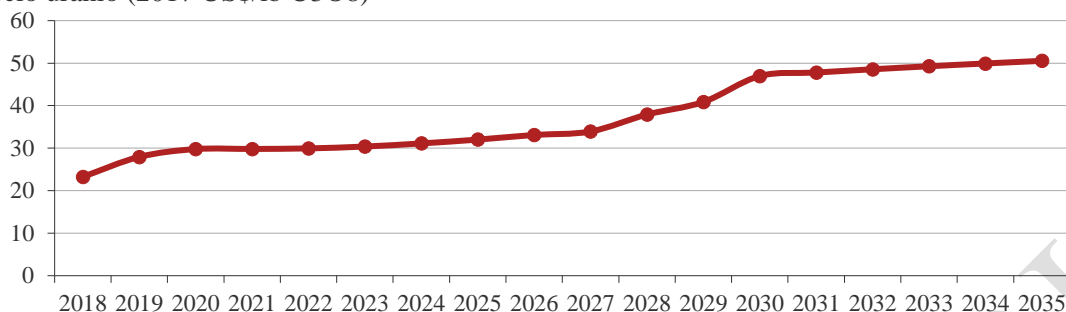


Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

Con respecto al precio internacional, el mercado del uranio se encuentra actualmente en un entorno de exceso de oferta, en el que se estima que los recortes de producción equilibrarán el mercado a corto y mediano plazo. Los precios del uranio seguirán de cerca el costo de producción de uranio en las minas y convergerán en el percentil 95 de los productores a mediano plazo. Se espera que el déficit en el mercado aparezca alrededor de 2028, donde los precios tendrán que incentivar la inversión adicional en nuevas minas. Estimamos que el precio aumentará de USD 34/lb  $U_3O_8$  en 2027 a USD 47/lb  $U_3O_8$  en 2030. A medida que las nuevas minas comiencen a producir, los precios del uranio se estabilizarán en el rango de USD 45-USD 50/lb de  $U_3O_8$ .



Precio uranio (2017 US\$/lb U3O8)

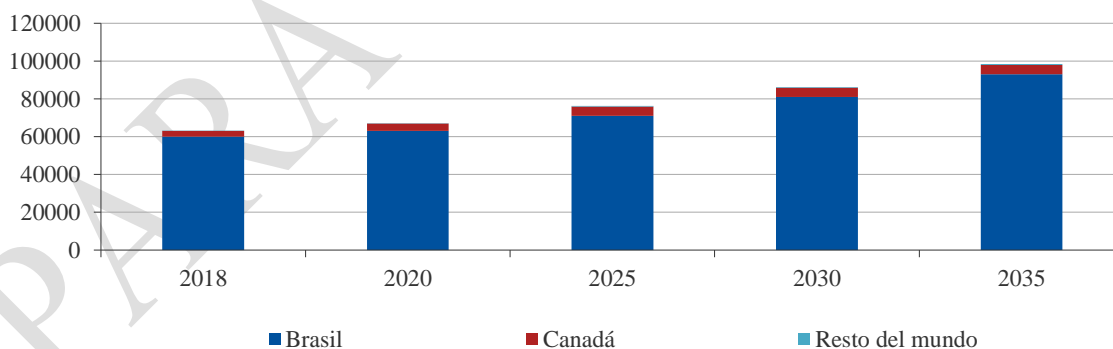


Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

**Coltan:** Las características de mercado para el niobio y el tantalio son bastante diferentes por lo que estos dos metales son analizados por separado. Asimismo, estos dos metales tienen componentes altamente tecnológicos, la mayoría de los cuales están patentados. Por lo tanto, la información detallada acerca de las aplicaciones de uso final, precios, *stock* de material y comercialización no están tan disponibles como para muchos otros metales. Detalles sobre la oferta y consumo de cada metal en el pasado han sido escasos.

El uso principal del niobio es en la producción de ferroniobio (FeNb), que es un ingrediente esencial de los aceros HSLA o aceros de alta resistencia y bajas aleaciones. Más del 90% del niobio consumido se consume en forma de ferroniobio. Las principales regiones de consumo de ferroniobio son las regiones siderúrgicas establecidas como América del Norte y China. El pronóstico de demanda del Nb está basado en pronósticos de largo plazo de producción de acero. La intensidad del uso de ferroniobio varía de acuerdo con los países, con un aumento gradual en la intensidad de uso a nivel mundial. La cadena de producción desde el mineral hasta el producto refinado o producto especializado está casi completamente integrada y dominada: CBMM, en Brasil. Este productor maneja el mercado, manteniendo la producción necesaria para que los precios sean estables. Proyectando las expansiones planificadas de esta empresa y otros pocos actores involucrados en el mercado, se espera que la producción de niobio rodee las 100.000 toneladas en 2035.

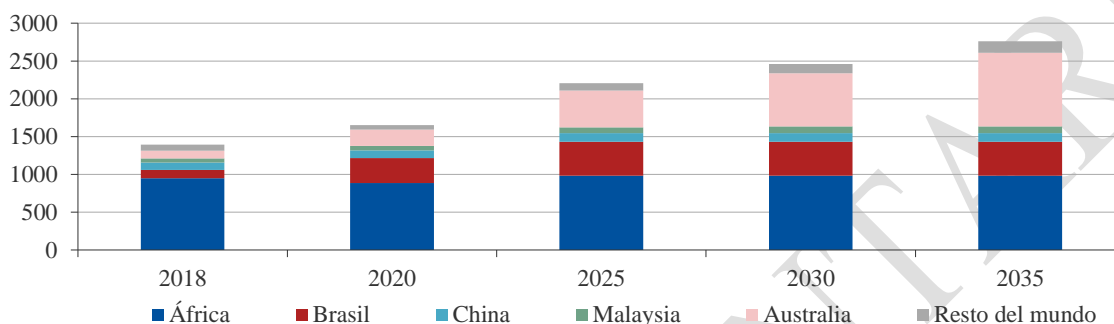
Proyección de la producción de Nb (t de Nb)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

El principal producto comercializable de tantalio es el polvo de tantalio, producido a partir de concentrados que contienen pentóxido de tantalio ( $Ta_2O_5$ ). Este polvo se usa para producir alambres y láminas de tantalio, que luego son utilizados en la fabricación de condensadores y productos metalúrgicos. Se pronostica un alza en la demanda de tantalio de 2.100 toneladas en 2017 a cerca de 4.000 toneladas en el año 2035. Parte importante de la producción futura de tantalio continuará viniendo de África. Se espera que se produzca un monto significativo de tantalio en forma de subproductos a partir de proyectos de litio de roca dura, particularmente en Australia. La alta demanda por litio y su rápido crecimiento será clave para la oferta de tantalio en los próximos años.

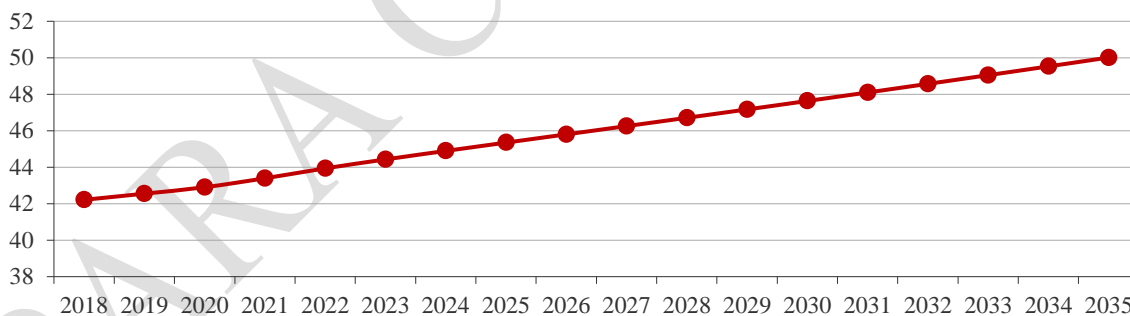
Proyección de la producción de Ta en concentrado (t de Ta)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

Con respecto al precio internacional, el precio del ferroniobio se ha mantenido estable a través del control de ventas por contrato por el productor mayoritario, CBMM. Esta empresa mantenido el precio estable para mantener la demanda a niveles específicos, evitando las fluctuaciones en los volúmenes de venta. Hacia adelante se espera que CBMM mantenga el control sobre la oferta y el precio. Con esto en mente, esperamos que esta empresa mantenga su política actual de un precio estable con ajustes inflacionarios de alrededor de un 3% p.a.

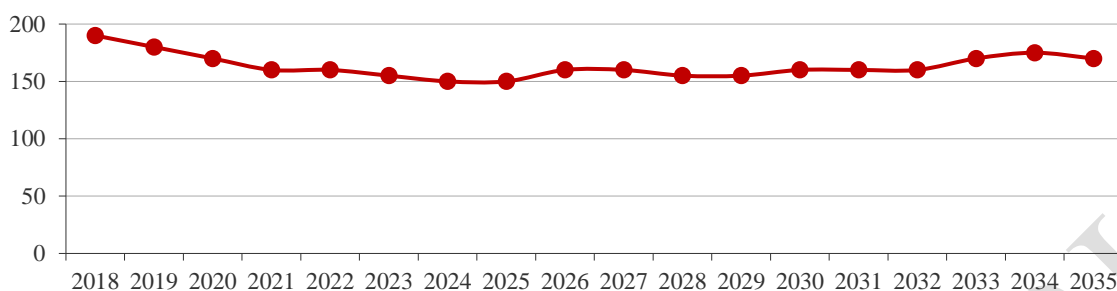
Proyección de precio FeNb (2017 US\$/kg)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

Históricamente, la producción de tantalio ha satisfecho la demanda consistentemente, incluso con excedentes. Hacia adelante, el aumento en la oferta por la extracción de litio plantea un panorama de excedentes consistente. Los precios podrían caer de los niveles de precios actuales de US\$190/lb  $Ta_2O_5$  hasta US\$150/lb  $Ta_2O_5$ .

Proyección de precio de Ta2O5 (2017 US\$/lb)



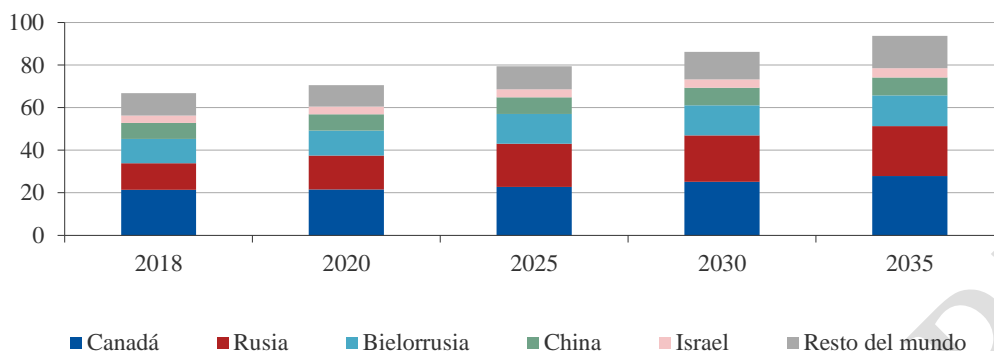
Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

Con respecto al contexto nacional, el Servicio Geológico Colombiano identificó un área potencial de Coltán en los departamentos de Vichada y Guainía en el año 2012; sin embargo, una investigación encargada por dicha entidad a la Universidad Nacional de Colombia mostró que no existen yacimientos económicamente explotables en esta región del país. Sin embargo, en la actualidad no existen yacimientos en explotación ni en exploración en el país, por esta razón no se reporta producción de este mineral en el país. A 2018, en el RUCOM no hay publicados comercializadores mineros asociados a títulos mineros de Coltán y sus concentrados en Colombia.

**Potasio:** Potasa es el nombre común que se da a un grupo de minerales que contienen potasio (K). El tipo más común de potasa es el cloruro de potasio (KCl). El cloruro de potasio (KCl) se conoce comúnmente como Muriato de Potasio (MOP) y se utiliza en dos aplicaciones principales: Como fertilizante (~93% de la demanda total de cloruro de potasio) y en algunas aplicaciones industriales (~7% de la demanda total de cloruro de potasio). El mercado total crecerá de 66,8 Mt en 2018 a 96,3 Mt en 2035. Esto representa un crecimiento de la TCAC del 2,2%. La demanda de fertilizantes se verá impulsada por la necesidad de alimentar a una población mundial en crecimiento y por las limitaciones de la expansión de las tierras cultivables, lo que exigirá mayores tasas de aplicación de potasio para aumentar el rendimiento de los cultivos. China, Brasil y los EEUU serán los mercados más importantes y en los tres existirá un aumento hacia 2035. India será el mercado de más rápido crecimiento, aumentando la demanda a una TCAC del 3,8%, de 4,6 Mt en 2018 a 8,7 Mt en 2035.

El suministro crecerá de 66.8 Mt en 2018 a 93,7 Mt en 2035. Los proyectos greenfield se convertirán en el motor del crecimiento de la capacidad, especialmente en Canadá y Rusia. Ambos países, junto con Bielorrusia, seguirán siendo los mayores productores del mundo y representarán el 70% de la producción mundial en 2035. La producción mundial canadiense aumentará a 27,9 Mt en 2035 (TCAC de 1,6%), a medida que la capacidad adicional de la mina Jansen de BHP entre en funcionamiento. Los proyectos rusos que se pondrán en marcha también impulsarán la producción, ya que producirán 10,9 Mt más en comparación con 2018, lo que significará un total de 23 Mt en 2035.

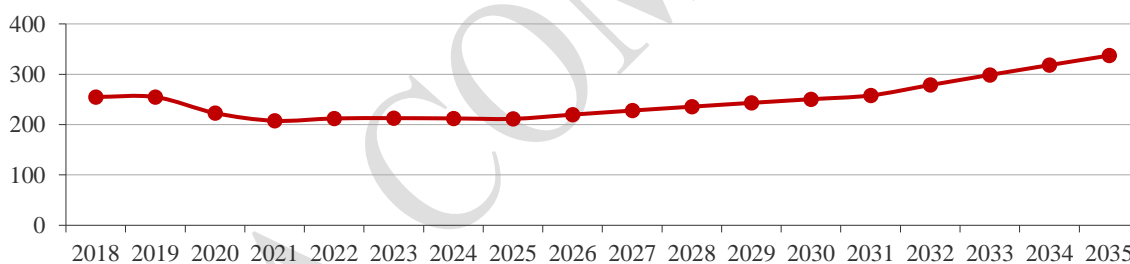
Proyección de la oferta (Mt)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

Los precios de los productos agrícolas están fuertemente correlacionados con los precios del cloruro de potasio a corto plazo. Esto determina la asequibilidad de los agricultores y, por lo tanto, la capacidad de compra de potasa. En línea con el precio de los cultivos, el precio del potasio tocará fondo en 2021 y se recuperará a partir de entonces. Las tasas de utilización alcanzarán un promedio del 70% en 2022, pero a medida que el mercado alcance un equilibrio en 2023, las tasas de utilización comenzarán a aumentar hasta el 80% en 2035, ejerciendo una presión al alza sobre el precio. En general, se proyecta que los precios FOB Vancouver aumenten de USD 255/t en 2018 a USD 337/t en 2035 (2017 real).

Precio (Vancouver FOB ) (2017 US\$/t)



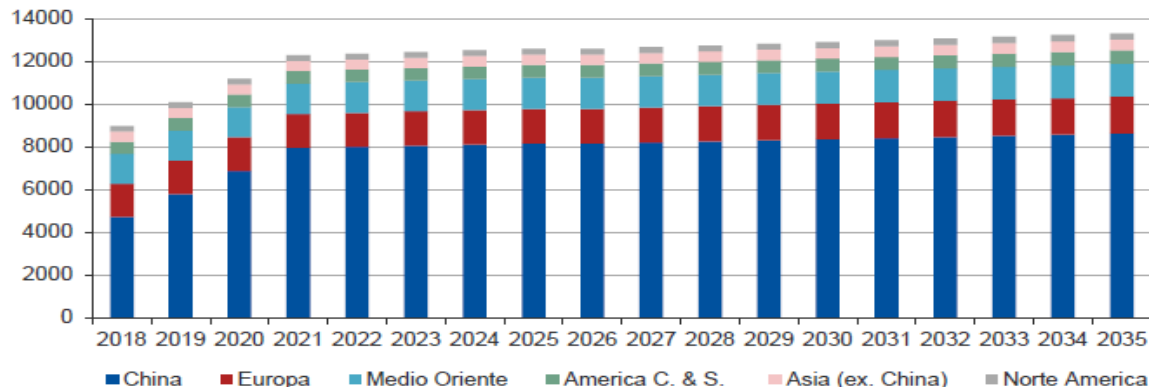
Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

**Magnesio:** Cada año se producen grandes volúmenes de magnesita ( $MgCO_3$  o carbonato de magnesio) y prácticamente todos se convierten en magnesia ( $MgO$  u óxido de magnesio) en la misma operación. Existe un mercado muy limitado para la magnesita natural. Además de la producción de magnesia a partir de la magnesita extraída de mina, existe también la producción de magnesia en ciertas regiones proveniente tanto de agua de mar como de salmueras. Se espera que la demanda mundial crezca hasta los 13,2 millones de toneladas en 2035, frente a los 11,4 millones de toneladas en 2017. Principales impulsores de este crecimiento 2. China es el mayor mercado de magnesio y esto no cambiará a largo plazo, pero se espera que la demanda disminuya a medida que el sector construcción disminuya en China.



Se espera que la producción mundial aumente de 9,7 Mt en 2017 a 13,3 Mt al 2035, China es, por lejos el mayor productor de magnesio y esto no variará durante el período proyectado (a 2035), además tras la repentina caída en 2017, se espera que la oferta china vuelva en 2021 a los niveles anteriores. Se espera que el crecimiento a largo plazo sea bajo, con una tasa de crecimiento del TCAC del 0,56% y probable que el aumento de capacidad en el futuro se dirija al mercado del CCM debido a los crecientes usos finales.

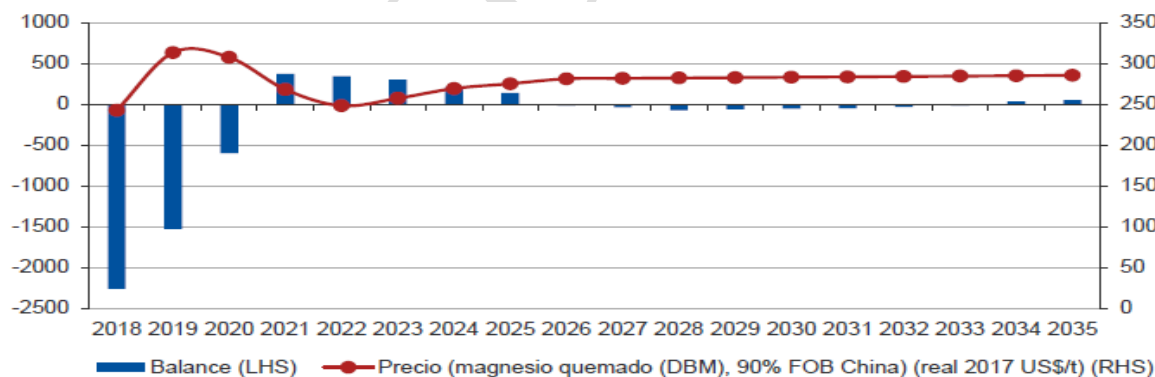
Proyección de la oferta (en miles de toneladas)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

Se espera que los precios suban ligeramente en 2019, ya que los productores que estuvieron a la espera para actuar ya no pueden hacerlo más. Entonces volverán rápidamente a los niveles normales a medida que el suministro chino regrese, el precio subirá lentamente a largo plazo junto con el aumento de los salarios y el costo de la energía hasta alcanzar el rango de 280-300 dólares por tonelada.

Proyección de precio, Magnesio quemado 90%, FOB China (US\$/t, real 2017)



Fuente: CRUSTRATEGIES para UPME 2018

Con respecto al contexto nacional, de acuerdo al SGC, las áreas identificadas con potencial para explotación de minerales de magnesio están ubicadas en la Cordillera Oriental de Colombia (Huila y Cundinamarca), el comportamiento de la producción de los últimos 5 años, se puede evidenciar que hay cambios superiores al 40% entre el 2012 y el 2014, con una clara tendencia a la disminución en la producción del mineral, debido a la

competencia, específicamente representada en la introducción en la región (Latinoamérica) de un producto chino que reemplaza el magnesio y que es mucho más económico. Para el periodo de 2014 a 2016, se observa que la producción de minerales de magnesio sigue decreciendo a una tasa promedio del 28%. Algunas de las empresas que producen minerales de magnesio son: •Magnesios Bolivalle S.A. y Fertilizantes Dolomíticos Del Valle Ltda. El principal productor y exportador de carbonato de magnesio es Bolivalle S.A. Su producción se orienta hasta el año 2014 a la exportación a países como Ecuador o Centroamérica, donde se encuentran grandes plantaciones de palma y se emplea el magnesio como fertilizante; y existe otra proporción que se usa en mercados internos también con la misma finalidad. La producción de minerales de magnesio en Colombia para el 2016, fue de 1.174 Toneladas producidas. Colombia exportó en 2015 minerales de magnesio principalmente Venezuela (75%) y Ecuador (23%).

PARA COMENTARIOS

## ANEXO E. ANTECEDENTES DE LOS MINERALES ESTRATÉGICOS EN COLOMBIA.

La identificación y diagnóstico de los minerales estratégicos ha sido una tarea continua para el país, los primeros avances fueron realizados por INGEOMINAS en el año 1995, en el cual se definió minerales estratégicos<sup>1</sup> para el desarrollo económico y social del país para formular planes de desarrollo minero regionales, políticas sobre exploración, evaluación y explotación minera, los siguientes minerales: Metales y minerales preciosos, aluminio y metales básicos, metales de la industria del acero, minerales industriales, minerales energéticos. Ofrece una primera aproximación al conocimiento del subsuelo y en el dominio de los mercados de materia prima mineral y productos derivados en términos de oferta, demanda y precios, y se propone como una actividad permanente, así como lo es en otros países con alto grado de industrialización minera. Sus componentes deben incluir el inventario minero nacional, el mapa Metalogénico y de las zonas potenciales, el sistema de información minera y un Banco de Proyectos. Esta información básica tiene como objetivo fundamental, estimular a los inversionistas particulares, quienes serán los encargados de adelantar las etapas de exploración, desarrollo y producción minera.

En ese mismo año (1995), la UPME emprendió el trabajo llamado “estudio de infraestructura básica en minería”, se aborda de manera oficial, la selección de los minerales estratégicos, basados en la aplicación de una metodología propia, se determinaron los minerales de mayor importancia o estrategia económica y que constituyen un significativo interés para el desarrollo minero nacional. Para definir estos minerales fue necesario valorar reservas medidas, calidad del mineral, producción nacional (en volumen y en valor), consumo interno (en volumen y en valor), exportación, empleo y proyecciones internacionales y nacionales. Como conclusiones de este estudio, se plantearon los siguientes 11 minerales como estratégicos: carbón, caliza, hierro, oro, esmeraldas, níquel, yeso, sal, platino, roca fosfórica y piedras ornamentales.<sup>2</sup>

En documento COMPES<sup>3</sup> 2898 MINMINAS DNP, de enero de **1997**, cuyo nombre es Estrategias para el fortalecimiento del sector minero colombiano, incluirá como minerales estratégicos el oro, la plata, el platino, las esmeraldas, los materiales de construcción y el carbón. Establece además “*Encargar al INGEOMINAS, con el apoyo de la UPME, la implementación del Plan 1996- 2000, de Cartografía Geológica y Exploración Regional de Minerales Estratégicos, y gestionar los recursos financieros necesarios para su desarrollo.*”

<sup>1</sup> INGEOMINAS 1995, Minerales estratégicos para el desarrollo de Colombia. [http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=11836&shelfbrowse\\_itemnumber=12498#shelfbrowser](http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=11836&shelfbrowse_itemnumber=12498#shelfbrowser)

<sup>2</sup> UPME, MME (1996). Estudio de infraestructura básica en minería. Tomado de <https://bdigital.upme.gov.co/bitstream/001/1103/1/upme%2095.PDF>

<sup>3</sup> COMPES 2898. ESTRATEGIAS PARA EL FORTALECIMIENTO DEL SECTOR MINERO COLOMBIANO. MINMINAS DNP.

*El artículo 108 de la Ley 1450 de 2011 – Plan Nacional de Desarrollo, señala: "Reservas mineras estratégicas. La autoridad minera determinará los minerales de interés estratégico para el país, respecto de los cuales podrá delimitar áreas especiales en áreas que se encuentren libres, sobre las cuales no se recibirán nuevas propuestas ni se suscribirán contratos de concesión minera.*

*El Servicio Geológico Colombiano, anteriormente Ingeominas, en informe técnico con fecha noviembre de 2011, denominado "ÁREAS CON POTENCIAL MINERAL PARA DEFINIR ÁREAS DE RESERVA ESTRATÉGICA DEL ESTADO", el cual se constituye como fundamento de este acto administrativo, consideró que "(...) El análisis efectuado muestra que Colombia posee un importante potencial para el hallazgo de oro, PGE, cobre, hierro, coltan, fosfato, potasio, magnesio, uranio y carbón metalúrgico. Para hacer realidad esta perspectiva, se requiere de un programa de exploración, fundamentado en el conocimiento integral de los 4 factores anteriormente mencionados que incluya la caracterización de los depósitos. Este programa debe iniciarse con un levantamiento geofísico apropiado (Magnetometría y Gama-espectrometría), seguido por una exploración geológica y geoquímica sistemática a escala de mayor detalle y la actualización del Inventario Minero Nacional, para definir blancos de exploración que incentiven a los inversionistas privados interesados en el aprovechamiento de los recursos minerales (...) "(...) Teniendo en cuenta las proyecciones sobre mercado de minerales para el consumo nacional e internacional y las características geológicas del territorio nacional, se consolidó un grupo de trabajo, que fundamentado en el conocimiento técnico-científico disponible en el Ingeominas, seleccionó áreas con potencial para alojar mineralizaciones de oro, platino, cobre, coltan, sales de potasio, uranio, carbón metalúrgico, roca fosfórica y magnesio... (...) Es bien conocido que solamente, si el Estado genera el conocimiento geo científico básico, a escalas adecuadas y requeridas por los inversionistas privados interesados en la consecución de recursos minerales, el país podrá lograr posicionar la minería colombiana en el contexto mundial, para convertirla de esta manera en uno de los pilares del desarrollo sostenible en el entorno nacional". Que el estudio técnico elaborado por el Servicio Geológico Colombiano, anteriormente Ingeominas, estableció como grupos de minerales estratégicos los siguientes: **Oro, Platino, Cobre, minerales de fosfatos, minerales de potasio, minerales de magnesio, Carbón metalúrgico, Uranio, Hierro y minerales de Coltan.***

En el año 2011, la UPME presenta el PNDM 2011-2014, donde se dio importancia al fortalecimiento de los distritos mineros; a la consolidación de los minerales estratégicos, de las áreas de reserva especial y las áreas estratégicas.

En la Resolución 180102 del 30 de enero de **2012** se catalogaron como de interés estratégico para el país los siguientes 11 minerales: oro, platino, cobre, minerales de fosfatos, minerales de potasio, minerales de magnesio, carbón metalúrgico y térmico, uranio, hierro y coltan. Con esta clasificación de minerales estratégicos, el Servicio Geológico Colombiano (antiguo INGEOMINAS), basándose en el conocimiento del subsuelo colombiano, identificó las áreas de mayor potencial de alojamiento de minerales estratégicos, con el fin de delimitar las Áreas Especiales de Reserva Estratégica, contempladas en la ley del Plan Nacional de Desarrollo<sup>4</sup>.



De manera resumida, en virtud del artículo 108 de la Ley 1450 de 2011, con base en estudios adelantados por el Servicio Geológico el Ministerio de Minas y Energía mediante resolución 180102 de enero de 2012, se determinó como minerales estratégicos para el país los minerales de oro, platino, cobre, minerales de fosfatos, minerales de potasio, minerales de magnesio, carbón metalúrgico, uranio, hierro y minerales de coltan, respecto de los cuales mediante Resolución 180241 de 2012 del Ministerio de Minas y Energía y Resoluciones 0045 de 2012 y 429 de 2013 de la Agencia Nacional de Minería, se delimitaron un total de 20,5 Millones de Hectáreas del territorio Nacional como Áreas Mineras Estratégicas.”

En julio de 2013, el Ministerio de Minas y Energía emite el Decreto 1414, por medio del cual se reglamenta el artículo 108 de la ley 1450 de 2011. En dicho Decreto, se establece lo siguiente: Condiciones de las áreas sujetas a delimitación. La Autoridad Minera podrá delimitar como Áreas Estratégicas Mineras, o incorporar nuevas zonas a las mismas, aquellas áreas que cumplan con las siguientes condiciones: 1. Áreas libres que según la caracterización efectuada por el Servicio Geológico Colombiano tienen potencial minero para la exploración y explotación de minerales estratégicos. 2. Áreas que queden libres como consecuencia de la terminación del título minero por cualquier causa, una vez se encuentren en firme los correspondientes actos administrativos de terminación. En este último evento, de la información contenida en el Plan de Trabajos y Obras a que se refiere el artículo 84 de la Ley 685 de 2001, se debe evidenciar que existe un yacimiento promisorio de minerales estratégicos.

En este mismo año y teniendo en consideración la definición y selección realizada por la institucionalidad minera respecto de los minerales estratégicos, la UPME (consultoría de CRU Strategies, 2013) realizó un análisis del mercado global de estos minerales y estableció las posibilidades de participación de Colombia en el mercado internacional de los minerales seleccionados.

El artículo 20 de la ley 1753 de 2015 (PND), define ÁREAS DE RESERVA PARA EL DESARROLLO MINERO. “Las áreas de reserva para el desarrollo minero serán las siguientes: Estas áreas serán objeto de evaluación sobre su potencial minero, para lo cual se deberán adelantar estudios geológicos mineros por parte del Servicio Geológico Colombiano y/o por terceros contratados por la Autoridad Minera Nacional. Con base en dicha evaluación, esta Autoridad seleccionará las áreas que presenten un alto potencial minero.”

<sup>5</sup> Tomado de ficha técnica de la resolución 180241 del 24 de febrero de 2012.

[http://servicios.minminas.gov.co/minminas/kernel/usuario\\_externo\\_normatividad/form\\_consultar\\_normas\\_minas.jsp?parametro=2720&site=27](http://servicios.minminas.gov.co/minminas/kernel/usuario_externo_normatividad/form_consultar_normas_minas.jsp?parametro=2720&site=27)

Sin embargo, los actos administrativos de delimitación de las áreas estratégicas mineras fueron demandados ante las jurisdicciones contencioso administrativa y constitucional dando como resultado que mientras el Consejo de Estado mantiene como medida cautelar la suspensión de tales actos administrativos desde mayo de 2015, La Corte Constitucional mediante sentencia T-766 de 15 de diciembre de 2015, dejó sin valor y efecto los actos administrativos por considerar que se vulneró el derecho de las comunidades étnicas a la consulta previa.

En la determinación, la Corte le advirtió a los ministerios de Minas, del Interior y a la Agencia Nacional de Minería que se adelante el procedimiento de consulta previa con las comunidades indígenas y afrodescendientes que habiten los territorios que se pretendan declarar como áreas estratégicas mineras.<sup>6</sup>

Con el estudio denominado 'Evaluación del Potencial para Zonas de Interés Mineral en el Territorio Colombiano', elaborado por el Servicio Geológico Colombiano, y entregado como insumo a la Agencia Nacional de Minería el 30 de enero de 2017 para la definición por parte Grupo de Promoción de la Vicepresidencia de Promoción y Fomento de las áreas con potencial para minerales estratégicos, reservadas mediante la Resolución 135 de 2017, para realizar la consulta previa y obtener el consentimiento libre, previo e informado de las comunidades étnicas que habiten los territorios y la coordinación y concurrencia con las entidades territoriales donde se pretenda delimitar y declarar áreas de reserva estratégicas mineras con fundamento en el mencionado estudio técnico; se evidencia el potencial para la exploración y explotación de minerales estratégicos en Colombia, por lo que resulta necesario que la autoridad minera nacional, como administrador del recurso mineral, con el objeto de promover el aprovechamiento óptimo y sostenible de los recursos mineros defina y reserva dichas áreas. La Agencia Nacional de Minería mediante las Resoluciones: 135 del 15 de junio de 2017, 277 del 27 de octubre de 2017, 229 del 31 de agosto de 2018 y 279 del 30 de octubre de 2018 definió y reservó; 11.647,37 Ha, 1.076,30 Ha, 4.076.30 Ha y 13.065,35 Ha respectivamente, para un total de 30.350,9 hectáreas con potencial para minerales estratégicos en el país.<sup>7</sup>

En el PNDM a 2025, versión para comentarios, en el pilar condiciones competitivas, de acuerdo a la línea estratégica Posicionamiento del sector a nivel nacional e internacional se destaca la acción de análisis de la oferta y demanda de minerales estratégicos.<sup>8</sup>

<sup>6</sup> Corte Constitucional tumba áreas estratégicas de minería en 20 departamentos. 2016. <https://www.elheraldo.co/economia/corte-constitucional-tumba-areas-estrategicas-de-mineria-en-20-departamentos-266169>

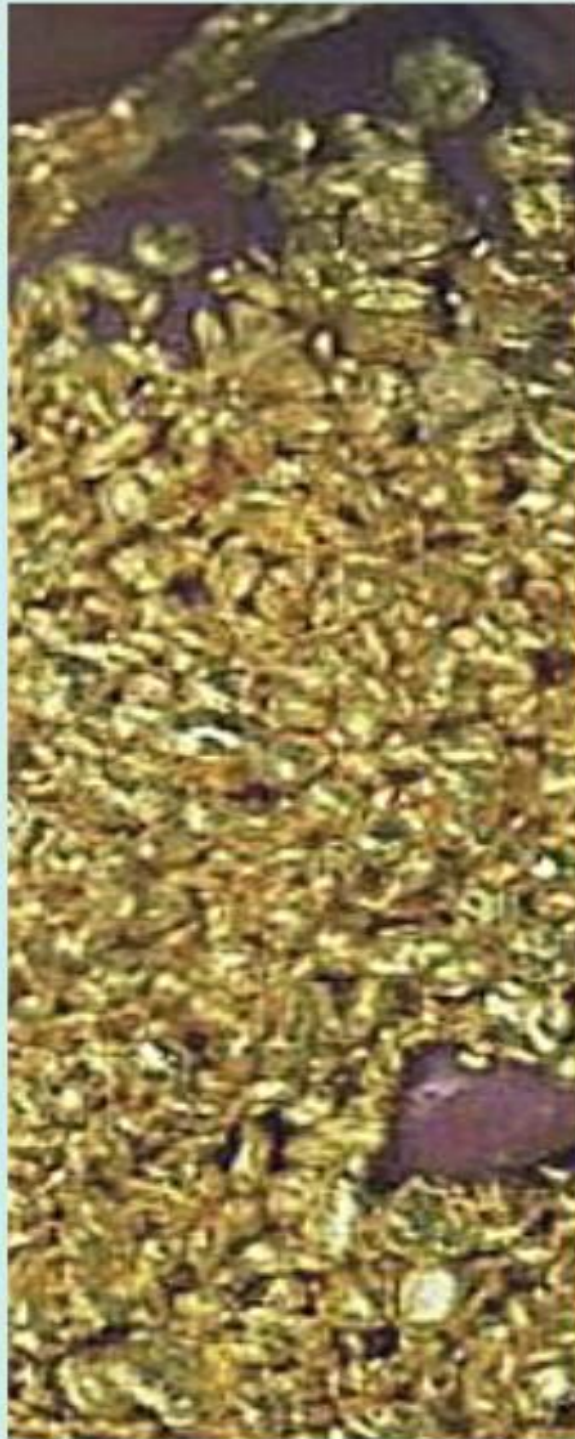
<sup>7</sup> RESOLUCIÓN 28 DE 2018 (febrero 19) Diario Oficial No. 50.513 de 20 de febrero de 2018 AGENCIA NACIONAL DE MINERÍA Por medio de la cual se definen y reservan unas áreas con potencial minero en el territorio nacional.

<sup>8</sup> PNDM a 2025. UPME 2018. Tomado de [http://www1.upme.gov.co/simco/PlaneacionSector/Documents/PNDM\\_Dic2017.pdf](http://www1.upme.gov.co/simco/PlaneacionSector/Documents/PNDM_Dic2017.pdf)



# MINERALES ESTRATÉGICOS

METODOLOGÍA APLICADA



SEGUNDA EDICIÓN

*Ministerio de Minas y Energía  
Unidad de Planeación Minero Energetica  
Agencia Nacional de Minería  
Servicio Geologico Colombiano*