

Cobre

Balance 2012 - 2016



Cobre

Ficha del mineral

Potencial geológico

No se evidencia información oficial sobre la potencial cantidad de cobre que hay en Colombia.

1,1 billones lb

De cobre equivalente se estiman en el Proyecto San Matías de Córdoba [1].



El Proyecto San Matías es un proyecto de exploración en etapa inicial. Se encuentra ubicado en el Departamento de Córdoba, en el Municipio de Puerto Libertador a 200 Km al norte de Medellín [2].

Explotación

La producción de concentrados de cobre en Colombia proviene de una sola operación, la mina subterránea de El Roble [3].

9.355

Toneladas producidas en 2017 [3]



La mina El Roble también produce concentrados de oro y plata [3].

Principales usos [4]:

- Construcción
- Bienes de consumo
- Transmisión de energía eléctrica
- Industria & automóviles
- Transporte
- Electrónicos



El proyecto El Roble ha generado [2]:

400

Empleos directos



1.200

Empleos por encadenamiento



La mina El Roble se encuentra ubicada en el municipio de Carmen de Atrato, en el Departamento de Chocó [2].

Sustitutos [6]



- ✓ El aluminio sustituye al cobre en el cable de alimentación, equipos eléctricos, radiadores de automóviles y tubos de refrigeración.
- ✓ El titanio y el acero se utilizan en intercambiadores de calor
- ✓ La fibra óptica sustituye al cobre en las aplicaciones de telecomunicaciones.
- ✓ Los plásticos sustituyen al cobre en las tuberías de agua, tuberías de drenaje y accesorios de plomería.



Valoración de Reservas [7]

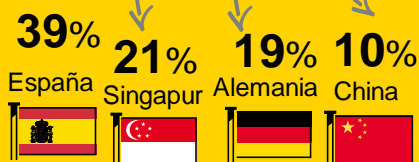
De acuerdo a la Agencia Nacional de Minería a 2017 las reservas de cobre en Colombia se encuentran valoradas en:

108.765

Millones de pesos



Colombia exportó en 2017 minerales de cobre y sus concentrados principalmente a [5]:



Colombia importó en 2013 mineral de cobre y sus derivados principalmente de [5]:



El mineral desde las fuerzas motoras críticas

Posición estatal ante recursos mineros y ambientales

El Ministerio de Minas y Energía, estableció 11 minerales de interés estratégico para el país, teniendo en cuenta las tendencias del mercado internacional y las características geológicas del territorio colombiano [7].

Por medio de la Resolución 180102 del 30 de enero de 2012 se catalogó, entre otros, al cobre como mineral de interés estratégico para el país [7].

Existen Proyectos de Interés Regional y Estratégico (PIRE), gestionados por la Dirección de Minería Empresarial del Ministerio de Minas y Energía, que corresponde al fortalecimiento de proyectos de Mediana Minería con mayor importancia para el desarrollo de las regiones del país [8].

El Proyecto San Matías, de Córdoba Mineral Corp, y minería El Roble, son proyectos considerados como PIRE [8].



Aspectos ambientales

No se identifica un caso puntual de daño ambiental por la exploración y/o explotación de cobre en Colombia. Lo anterior, considerando que la extracción minera que se realiza en la mina el Roble es subterránea, por lo que los efectos ambientales, no tienen fuerte implicación en suelo, fauna y flora, sin embargo los procesos de permisos medio ambientales se ajustan a lo establecido en la normatividad ambiental que aplica para Colombia.

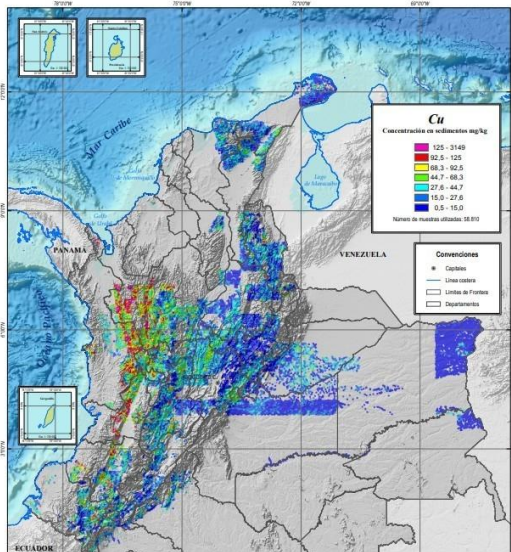
Sin embargo, uno de los riesgos que enfrenta la minería de cobre es el acceso al agua y la energía [9] y [10].

En este sentido, entre otros factores, se tiene [9], la escasez de agua dulce puede afectar los objetivos de producción y aumentar el capex / tonelada.

En Colombia, al encontrarse algunos de los proyectos en zonas sensibles por su presencia de fauna y flora, se requieren consideraciones especiales para la extracción del cobre.



Atlas geoquímico de Colombia
concentración de cobre tomado del
Servicio Geológico Colombiano [11]



Colombia es un país poco explorado para yacimientos de cobre; sin embargo, existen importantes manifestaciones del mineral en yacimientos pórfidos, tipo skarn y sulfuros masivos volcánicos – VSM [3].

Se ha establecido que Colombia posee ambientes geológicos favorables para la existencia de depósitos de cobre, principalmente en los departamentos de Córdoba, Chocó, Nariño, Antioquia y la región nororiental del país, en los departamentos de La Guajira y Cesar [3].

Se han identificado por lo menos 3 cinturones metalogénicos con potencial para cobre [3]:

1. Cinturón Occidental de edad Eoceno

- Pantanos – Pegadorcito (Frontino, Antioquia)
- Andágueda (Chocó)
- Murindó (Antioquia)
- Acandí (Chocó)
- Piedrancha (Nariño)

2. Cinturón Oriental de edad Jurásica

- Andes (Tolima)
- El Infierno – Chili (Huila)
- California (Santander)
- Dolores (Tolima)
- Mocoa (Putumayo)

3. Cinturón Central de edad Mioceno

- El Tambo (Cauca)
- Dominical (Cauca)
- Piedrasentada (Cauca)
- El Pisco (Cauca)

En relación a los recursos y reservas del único proyecto en explotación se tiene, que la Mina El Roble, registran 790.000 toneladas de recursos medidos con concentraciones de 4,94% de Cu Eq, 3,68 Cu, 2,61 g Au/t y 10,06 g Ag/t. A nivel de recursos indicados reporta 1'074.000 toneladas con concentraciones de 4,27% CuEq, 3,2% Cu, 2,02 g Au/t y 8 g Ag/t. Los recursos inferidos están cuantificados en 255.000 toneladas con concentraciones de 4,75% CuEq, 4,10% Cu, 1,34 g Au/t y 5,21 g Ag/t [12].



Grupos sociales

La empresa Geo – Cooper S.A., tiene parte del contrato de concesión No. HGR – 14171, para “la exploración y explotación de un yacimiento de Minerales De Cobre y sus Concentrados y demás Minerales Concesibles”, ubicado en jurisdicción del municipio de El Peñón [13].

Desde el año pasado la comunidad del Peñón ha realizado varias manifestaciones para expresar su rechazo a que se haga exploración y explotación de minerales, principalmente contra las actividades de la empresa Geo-Cooper S.A. Algunas de las acciones realizadas por la comunidad han sido iniciar las acciones para una consulta popular, intentos de impedir el acceso a empleados de la empresa anteriormente mencionada, entre otros [14],[15],[16],[17],[18]



Condiciones de mercado

En el 2017, Colombia ocupa el puesto 6to en Latinoamérica en producción de cobre, y el 42 a nivel mundial [19].

Los líderes en la producción de cobre, en 2017, son: Chile con un 27,9%, Perú con 12%, China 9,3% y Estados Unidos 6,4% [20].

La producción de cobre en Chile para el año 2017, fue de 5.558 miles de toneladas métricas [21], versus las 9.355 toneladas de Colombia para el mismo año [3].

Así mismo, se tiene que La rentabilidad de una explotación minera de cobre varía dependiendo del precio y el porcentaje de cobre (%Cu), en Chile la concentración o ley podría variar entre 0,5 y 2,0 %Cu [21].



Análisis del Balance

Información de clasificación: Cobre

- Mineral: Cobre
- Código CIIU: 0729
- Nombre CIIU: Extracción de otros minerales metalíferos no ferrosos n.c.p.
- Código CPC: 1421001
- Nombre CPC: Minerales de cobre y sus concentrados
- Unidad: Toneladas
- Usos (global): Construcción, cableado, tuberías gas y agua, sistemas térmicos, aparatos eléctricos, computadores, banda ancha, automóviles, trenes
- Usos (local): Colombia exporta el mineral concentrado (\pm 24% Cu) luego de procesos de molienda y flotación del mineral crudo (0,5-5%)

Balance Nacional de Minerales 2012 – 2016

Capítulo: Cobre Cifras en Toneladas

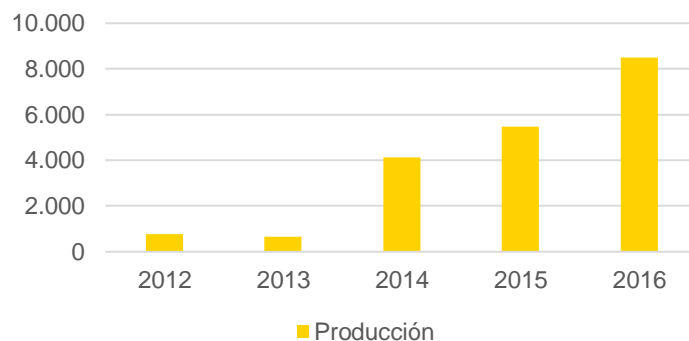
	2012	2013	2014	2015	2016
Oferta					
Producción	750	640	4.118	5.463	8.493
Importaciones	24	6	0,4	0	0
Total oferta	774	646	4.119	5.463	8.493
Utilización					
Consumo intermedio	24	6	0,4	0	0
Variación de existencias	0	0	0	0	0
Exportaciones	750	640	4.118	5.463	8.493
Total utilización	774	646	4.119	5.463	8.493

DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística [22].

Oferta

Como se puede observar en la tabla de Balance, para todos los años en estudio (2012 – 2016), el principal componente de la oferta se encuentra representado por la producción de cobre, en porcentajes superiores al 98% del total de la oferta, razón por la cual el análisis de la oferta se encuentra basado en la producción de dicho mineral.

Producción de Cobre 2012-2016



Cifras en toneladas

DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística [22].

El balance nacional para el mineral de cobre 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. El aumento mas grande se dio entre 2013 y 2014, con un aumento del 543%, año en el cual la empresa Atico Mining Corp. hizo efectiva su opción de compra sobre la mina El Roble y se hizo cargo de su operación [23]. En 2017 con una producción de 9.355 toneladas [3], el crecimiento fue del 10% con relación al 2.016, lo que muestra el creciente interés en el desarrollo de la explotación de este mineral en el país.

Como se mencionó anteriormente, la producción de cobre en el país proviene de la mina El Roble [3], la cual cuenta con un total de reservas medidas e indicadas de 1,87 millones de toneladas con una ley de 3,46% de cobre y 2,27 g/t de oro [23].

Exploración

En Colombia se exploran depósitos con tenor promedio entre 0,7% y 3,46% de cobre [24]. El promedio mundial de leyes de mineral de cobre para minas de cobre es de aproximadamente el 0,62% del contenido de Cu y se espera que este número disminuya a medida que se agoten las minas con mayores leyes de mineral [25], lo que representa una oportunidad para la explotación de este mineral en Colombia.

En enero de 2017, la empresa Cordoba Minerals Corp anunció que en su Proyecto San Matías podría encontrarse el primer depósito de clase mundial de cobre en Colombia, con recursos inferidos de 53,5 millones de toneladas con 0,7% de cobre y 0,37 g/t de oro [24],[1].

Adicional, el Servicio Geológico Colombiano ha establecido que Colombia posee ambientes geológicos favorables para la existencia de depósitos de cobre, principalmente en los departamentos de Córdoba, Chocó, Nariño, Antioquia y la región nororiental del país, departamentos de La Guajira y Cesar [24]

De igual forma, se tiene que existen 491 títulos de cobre, de los cuales: 252 títulos corresponden a la etapa de exploración, 151 títulos en construcción y montaje y 88 títulos en explotación [24].

Principales proyectos de cobre en Colombia [24]

Empresa	Proyecto	Etapa
Atico Mining Corp	El Roble	Explotación
Cordoba Minerals Corp	San Matías	Exploración avanzada
Anglogold Ashanti	Quebradona	Exploración Avanzada
Rugby Mining Limited	Cobrasco	Exploración
Rugby Mining Limited	Comita	Exploración
Volador S.A.S	Mandé Norte	Exploración
Minera Cobre	Pantanos	Exploración
Minera Cobre	Murindo	Exploración
Minera Cobre	Urrao	Exploración

Utilización

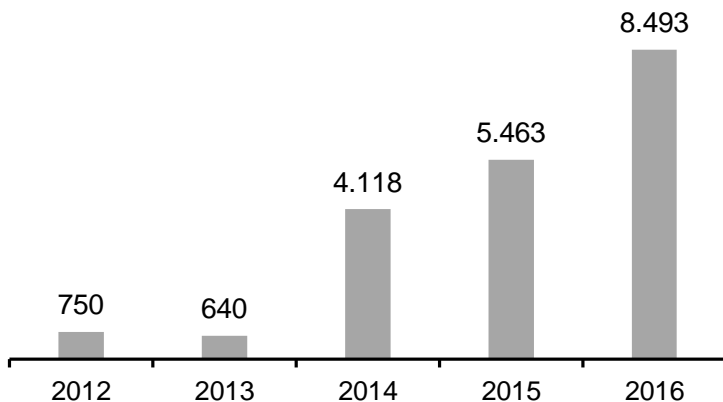
Con relación a la utilización, si se observa la tabla del balance es posible evidenciar:

- El valor de las importaciones, en los años en los cuales se presentaron estas, es igual al valor del consumo intermedio, lo cual significa que toda la producción de cobre que se ha realizado en Colombia en los últimos años ha sido principalmente con fines de exportación.
- Adicional, las exportaciones representan más del 98% del total de la utilización, razón por la cual el análisis de la utilización se centra en este rubro del balance.

Al observar el comportamiento de las exportaciones de cobre entre 2012 y 2016, se evidencia un crecimiento de más del 1000%, impulsado por el cambio en la producción de este mineral, pese a la caída en precio que tuvo este mineral 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 [24],[5].

Exportaciones de Mineral de Cobre 2012 – 2016



Cifras en toneladas

DANE – Departamento Administrativo Nacional de Estadística [22].

El mineral desde sus principales usos

El cobre es un elemento metálico, que pertenece al mismo grupo de la tabla periódica que la plata y el oro. Estos tres metales son resistentes a la corrosión y relativamente inertes.

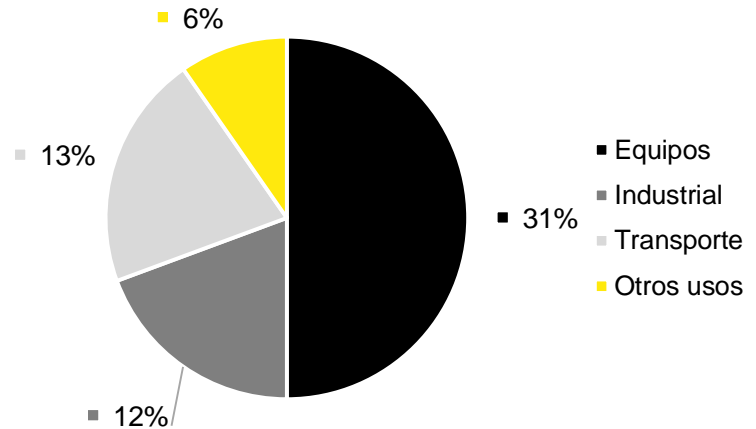
Las principales características de este mineral son:

- Excelente conductor de electricidad
- Excelente conductor de calor
- Muy maleable, dúctil, mecanizable y moldeable
- Resistente a la corrosión
- Antimicrobiano
- Permite aleaciones
- 100% reciclable
- Alto punto de fusión, 1.638 °C

El cobre hace contribuciones vitales para sostener y mejorar la sociedad. Las propiedades químicas, físicas y estéticas del cobre lo convierten en un material de elección en una amplia gama de aplicaciones domésticas, industriales y de alta tecnología [19]. Por ejemplo [26]:

- Su característica de alta conducción eléctrica ha impulsado la tecnología de hoy en día. La generación, transmisión y uso de la electricidad han transformado el mundo actual, esto ha sido posible gracias al cobre.
- El cobre es un excelente conductor del calor, por tanto, es el material idóneo para todo tipo de aplicaciones en las que se necesita una rápida transferencia de calor como en los intercambiadores de las unidades de aire acondicionado, en los radiadores de los vehículos o en los disipadores de los ordenadores y otros aparatos electrónicos.
- Facilidad de unión, el cobre se puede unir fácilmente mediante soldadura (fuerte y blanda), pernos o adhesivos. En la industria, esto resulta muy útil para sistemas de tuberías y embarrados, que son elementos esenciales en los sistemas de distribución eléctrica. Además, también es una característica importante para los artistas que realizan esculturas y estatuas, y para los joyeros y otros artesanos que trabajan con este metal.

Usos del Cobre [19]



Adicionalmente, en aleación con otros metales, como zinc (para formar latón), aluminio o estaño (para formar bronces) o níquel, por ejemplo, puede adquirir nuevas características para uso en aplicaciones altamente especializadas. De hecho, la infraestructura de la sociedad actual se basa, en parte, en el cobre [19].

Según Codelco Chile [27], la construcción es uno de los sectores que más demanda cobre, dado que está presente en el cableado de edificaciones, tuberías de agua y de gas, sistemas térmicos, techumbres, terminaciones, y como componente estructural. La empresa estatal asevera que una casa moderna requiere unos 200 kilos de cobre, pues las viviendas tienen más baños, aparatos eléctricos, mayor confort, y más computadores.

Como se mencionó anteriormente, de acuerdo a la información entregada por el DANE, toda la producción de Cobre en Colombia se destina a exportación.

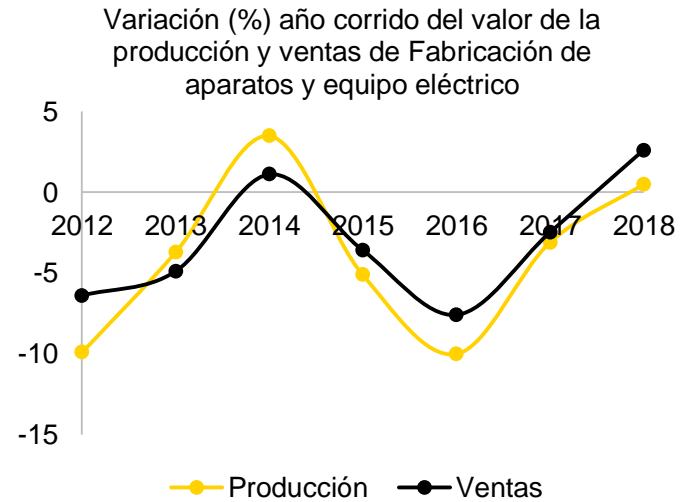
A continuación se presenta el comportamiento de los principales sectores que se encuentran relacionados con los productos finales del cobre.

Fabricación de aparatos y equipo eléctrico

El cobre juega un papel clave en el desarrollo de los sistemas eléctricos y electrónicos. El cobre ofrece la mayor conductividad de todos los metales comerciales y ha tenido un papel fundamental en el desarrollo de las aplicaciones eléctricas y electrónicas [26].

Desde el transporte de electricidad de alta tensión hasta los microcircuitos y desde los generadores eléctricos hasta los ordenadores, el cobre es un metal vital y eficiente desde el punto de vista energético en todos los aspectos relacionados con la generación, transporte y uso de electricidad [26].

De acuerdo a los resultados de la Encuesta Mensual Manufacturera, realizada por el Departamento Nacional de Estadística, el comportamiento de la fabricación de aparatos y equipo electrónico se presenta en la siguiente gráfica:



Fuente: Departamento Nacional de Estadística [27]

* Los valores de 2018, corresponden a la variación año corrido hasta el mes de octubre.

En Colombia, el sector de fabricación de aparatos y equipo eléctrico, representado en su producción y ventas, ha tenido variaciones negativas en los últimos años, con excepción de 2014 y 2018, como se evidencia en la anterior gráfica.



En la sección de anexos se encuentra el Balance de Cobre referente a oferta y utilización en valores; referenciado como Anexo J

Bibliografía

- [01] Cordoba Minerals Corp, «San Matias». [En línea]. Disponible en: <https://cordobaminerals.com/projects/san-matias>. [Accedido: 02-nov-2018].
- [02] Ministerio de Minas y Energía, «PIRE - Córdoba», 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.minminas.gov.co/en/pire-cordoba>. [Accedido: 02-nov-2018].
- [03] Agencia Nacional de Minería, «Cobre». 2018. Disponible en: http://mineriaencolombia.anm.gov.co/images/FICHA_COBRE_ESPA%C3%91OL_____pdf
- [04] Unidad de Planeación Minero Energética - UPME-, «Cobre». 2013. Disponible en: <http://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Documents/COBRE.png>
- [05] Unidad de Planeación Minero Energética - UPME-, «Cobre - Unidad de Planeación Minero Energética UPME | Tableau Public», Tableau Software. [En línea]. Disponible en: https://public.tableau.com/views/Cobre_1/Historia1?%3Aembed=y&%3AshowVizHome=no&%3Adisplay_count=y&%3Adisplay_static_image=y&%3AbootstrapWhenNotified=true.
- [06] GOVERNMENT PUBLISHING OFFICE, MINERAL COMMODITIES SUMMARY 2018. S.I.: U S GOVT PRINTING OFFICE, 2018.
- [07] Unidad de Planeación Minero Energética - UPME-, «Plan Nacional de Desarrollo Minero con Horizonte a 2025. Minería responsable con el territorio», Unidad de Planeación Minero Energética, 2017.
- [08] Ministerio de Minas y Energía, «Minería - Ministerio de Minas y Energía». [En línea]. Disponible en: <https://www.minminas.gov.co/en/proyectos-de-interes-regional-estrategico-pire>.
- [09] Ernst & Young, «Top risks for the copper industry». 2018.
- [10] INTERNATIONAL COPPER STUDY GROUP, «THE WORLD COPPER FACTBOOK 2018». 08-oct-2018.
- [11] Servicio Geológico Colombiano, «ATLAS GEOQUÍMICO DE COLOMBIA CONCENTRACIÓN DE COBRE (Cu)», 2016.
- [12] Atico Mining Corporation, 2018. Disponible en: <http://aticomining.com/el-roble-mine/ni-43-101-mineral/>
- [13] Agencia Nacional de Minería, «EDICTO PARB No.27//2013». 2013. Disponible en: https://www.anm.gov.co/sites/default/files/atencion_minero/edictos-parb-anm-nos-27-32-pdf.pdf
- [14] RCN Radio, «Polémica en El Peñón, Santander, por concesión para explotar cobre | RCN Radio», 16-mar-2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.rcnradio.com/colombia/santanderes/polemica-en-el-penon-santander-por-concesion-para-explotacion-de-cobre>.
- [15] Redacción Vivir, «Consejo de Estado frenó la consulta minera en El Peñón, Santander», ELESPECTADOR.COM, 08-may-2018.
- [16] Resumen Latinoamericano, «Colombia. Consulta popular inmediata: La exigencia de las comunidades del Peñón – Santander», Resumen Latinoamericano.
- [17] Redacción digital BLUE Radio, «Manifestación por explotación minera en El Peñón, Santander», BLU Radio, 23-may-2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.bluradio.com/bucaramanga/denuncian-agresion-de-policias-manifestantes-contra-la-mineria-en-el-penon-179279-ie3509886>.

- [18] La FM, «En El Peñón, Santander, hay polémica por una concesión para explotación de cobre», 16-mar-2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.lafm.com.co/colombia/en-el-penon-santander-hay-polemica-por-una-concesion-para-explotacion-de-cobre>.
- [19] Agencia Nacional de Minería, «Colombia: Un país Privilegiado - Minería en Colombia», Colombia tierra de oportunidades mineras. [En línea]. Disponible en: <http://mineriaencolombia.anm.gov.co/index.php/es/colombia-un-pais-privilegiado>.
- [20] Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), «Anuario de la Minería de Chile 2017», Servicio Nacional de Geología y Minería, abr. 2018.
- [21] Grupo Antofagasta Mineral, «Etapas del proceso productivo de una mina», 2012. Disponible en: <http://www.sonami.cl/site/wp-content/uploads/2016/04/01.-Etapas-del-Proceso-Productivo-de-una-Mina.pdf>
- [22] Departamento Administrativo Nacional de Estadística, «Balances Oferta Utilización - Minerales estratégicos», oct. 2018.
- [23] Atico Mining Corporation, «CORPORATE PRESENTATION», oct-2018. Disponible en: http://aticomining.com/_resources/presentations/corporate-presentation.pdf?v=0.358
- [24] Agencia Nacional de Minería, «Cobre». 2018. Disponible en: http://mineriaencolombia.anm.gov.co/images/Presentaciones/FICHA-MINERAL---COBRE-2018_.pdf
- [25] G. Calvo, G. Mudd, A. Valero, y A. Valero, «Decreasing Ore Grades in Global Metallic Mining: A Theoretical Issue or a Global Reality?», Resources, vol. 5, n.º 4, p. 36, nov. 2016.
- [26] European Copper Institute, «Propiedades del cobre», European Copper Institute, 2018.
- [27] Departamento Administrativo Nacional de Estadística, «Encuesta Mensual Manufacturera». [En línea]. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/industria/encuesta-mensual-manufacturera>

Cobre

Modelo de oferta y demanda 2018 - 2035



Colombia 2035: Continuidad

Febrero, 2035

“Solamente aquel que construye el futuro tiene derecho a juzgar el pasado.”

Friedrich Nietzsche

Las expectativas prometían cambios radicales que impulsarían al Estado hacia una sólida visión; sin embargo, al llegar el 2035, las amenazas no materializadas y las oportunidades no aprovechadas en el sector minero, son las que determinan su realidad. El País es administrado a través de entidades públicas que siguen sin lograr una óptima sincronización, lo que lleva a que en ocasiones las reglas de juego no sean claras y justas para todos.

Premisas modelo de continuidad

El comportamiento histórico de la oferta y la demanda del mineral incluye o muestra el efecto que el estado de las fuerzas motoras han tenido a la fecha sobre el mineral. Por ejemplo los niveles de producción históricos de un mineral acogen el efecto de las fuerzas motoras, si los grupos sociales han tenido un impacto negativo, para un mineral en particular, que ha ocasionado una parada en la producción, este efecto estará representado en la serie histórica como una disminución en la producción en el periodo asociado a dicho evento.

Teniendo en cuenta lo anterior, y considerando que el escenario de continuidad establece que las fuerzas y el comportamiento actual siguen la misma tendencia actual, los modelos de demanda y oferta para este escenario sólo se basan en los modelos matemáticos de proyección de series futuras.

Dichos modelos matemáticos se basan solamente en la información histórica disponible para cada mineral, razón por la cual la proyección va a seguir un comportamiento parecido a la series históricas utilizadas. Lo anterior significa que si en la serie histórica se tienen pendientes positivas fuertes seguidas de pendientes negativas, la proyección también las va a tener. Así mismo, si la información histórica en su mayoría se mantiene en un rango de valores determinado, el modelo va a tender a estar alrededor de ese rango de valores.

Adicional, dependiendo de la cantidad de datos históricos que se tengan, se va a ver influenciado la precisión del modelo. Entre mayor sea el tiempo de la proyección, más datos se van a requerir para hacer la proyección, y menos preciso va ha ser.

Los casos donde no se realizaron algunas proyecciones, ya sea de producción, importaciones, consumo intermedio o exportaciones es porque: 1) No existen datos: en la información del BOU las cifras son cero. 2) Los datos son marginales: cuando la magnitud de los datos no proporciona una gráfica que ofrezca información adecuada para análisis (dado que, en escala, el contraste con respecto a los otros datos disponibles los hace irrelevante).

Modelo de proyección de oferta y demanda para Cobre

Para la construcción del modelo para la proyección de oferta y demanda del Cobre, se consideraron las mismas variables que corresponden al análisis de Balance Oferta / Utilización, es decir, las mismas empleadas por el DANE en el Sistema de Cuentas Nacionales, en el capítulo de Bienes y Servicios, y que están relacionadas con el entregable Balance Nacional de Minerales 2012 – 2016 realizado en el marco del proyecto.

Para las realizar las proyecciones se utilizaron las fuentes de datos que se describen a continuación, con las respectivas series de datos que se indican al lado de cada una, tanto para oferta como para demanda. El esquema de la información que se presenta a continuación es:

[Tipo de dato]	[fuente]	(serie de tiempo)
Consumo Intermedio	DANE	(2012 - 2016)

Series de datos relativos a DEMANDA

- Consumo Intermedio - DANE (2012 - 2016)
- Variación Existencias - DANE (2012 - 2016)
- Exportaciones - DANE (2012 - 2016)
- Exportaciones - UPME (1970 - 2018)
- Valor FOB Exportaciones - DANE (2000 - 2018)
- Valor FOB Exportaciones TEST (2000 - 2018)
- Exportaciones mundiales cobre refinado- CRU (2008 -2017)
- Exportaciones mundiales concentrado de cobre - CRU (2008 -2017)
- Demanda mundial histórica y proyectada - CRU (2008 - 2035)
- Precio base regalías - UPME (2014 - 2018)
- PIB Minerales Minas y Canteras Base - UPME(2006 - 2035)

Series de datos relativos a OFERTA

- Producción - DANE (2012 - 2016)
- Importaciones - DANE (2012 - 2016)
- Reservas totales mundiales – CRU (2008 - 2017)
- Oferta histórica y proyección de la producción – CRU (2008 – 2035)
- Balance histórico Demanda – CRU (2008 – 2035)
- Precio (LME 3 meses) (2017 US\$/t) – CRU (2008 – 2035)
- Proyección precios divergencia – CRU (2018 – 2035)
- Proyección precios coexistencia – CRU (2018 – 2035)
- Histórico títulos vigentes – ANM (2000 – 2016)

Variables modelo de continuidad

Para la construcción del modelo, se consideraron específicamente las variables que se enuncian a continuación, dado que el índice de correlación de mayor de 0,4 como valor absoluto:

Producción:	Exportaciones:
<ul style="list-style-type: none"> • Producción DANE • Valor FOB de las exportaciones - DANE • Demanda de cobre internacional- CRU 	<ul style="list-style-type: none"> • Exportaciones DANE • Demanda de cobre internacional- CRU • PIB Minerales Minas y Canteras Base

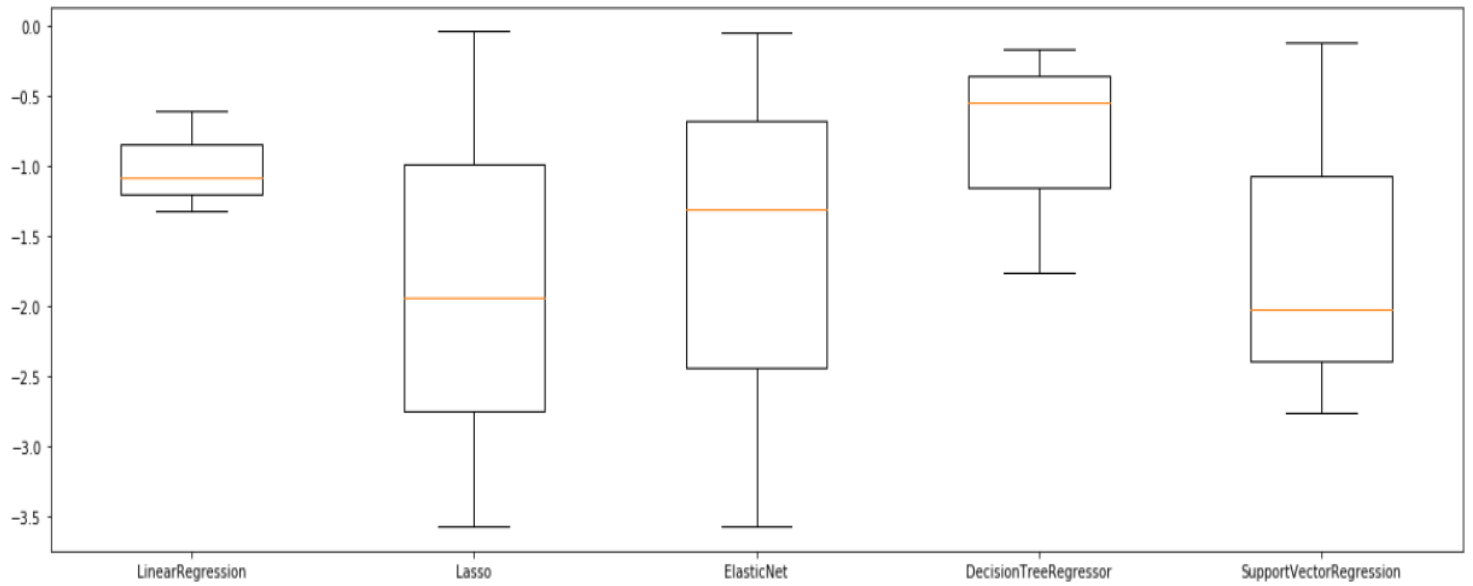
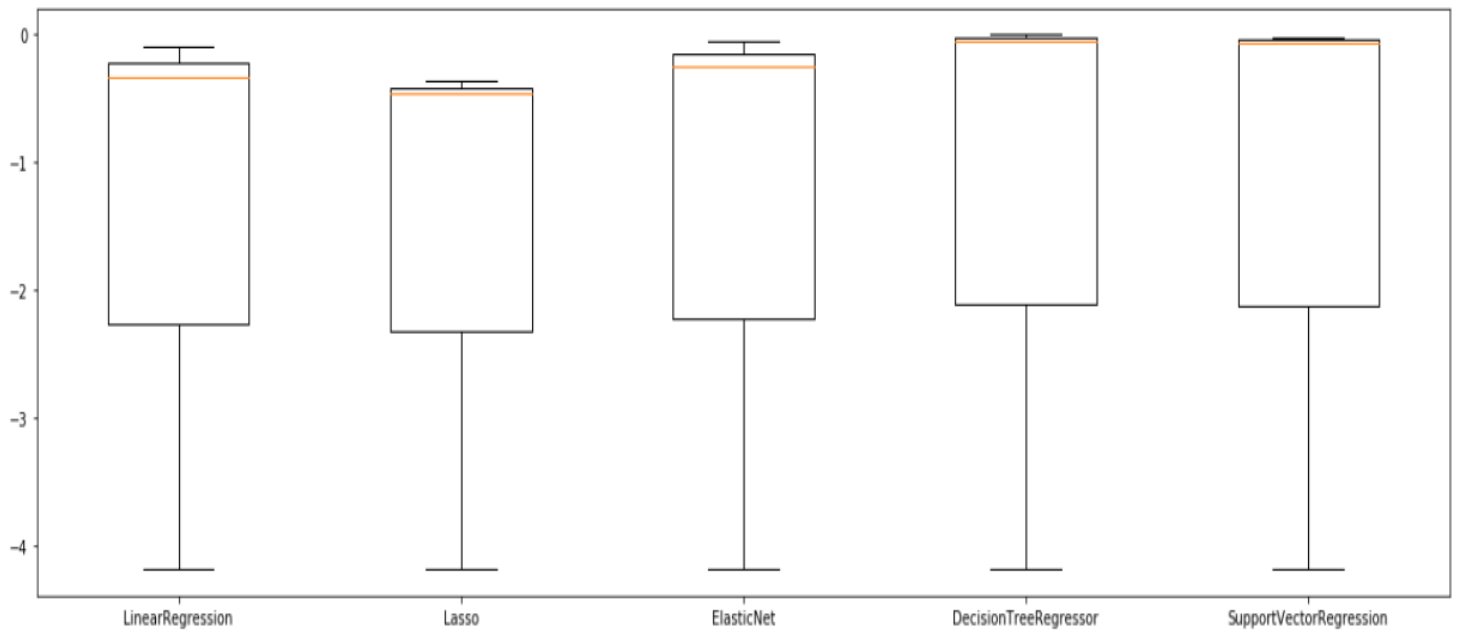
Los modelos requieren de su misma serie para “aprender” su comportamiento histórico y su relación con las otras variables utilizadas. Por lo anterior es que para el modelo de oferta (producción) una de las variables utilizadas es la serie histórica de producción y para el modelo de demanda (exportaciones) una de las variables utilizadas es la serie de exportaciones.

En los modelos de oferta y/o demanda también se incluyeron variables como: el PIB de minas y canteras, que es una representación de los esfuerzos por mejorar el sector, ya sea que estos esfuerzos provengan desde el gobierno, desde la inversión privada en el sector de minas o dado por el comportamiento del mercado de la canasta de minerales con la que cuenta el país. De igual forma, se incluyó la demanda internacional de Cobre, dado que el uso que se le da a este mineral en Colombia es con fines de exportación.

Selección del modelo utilizado

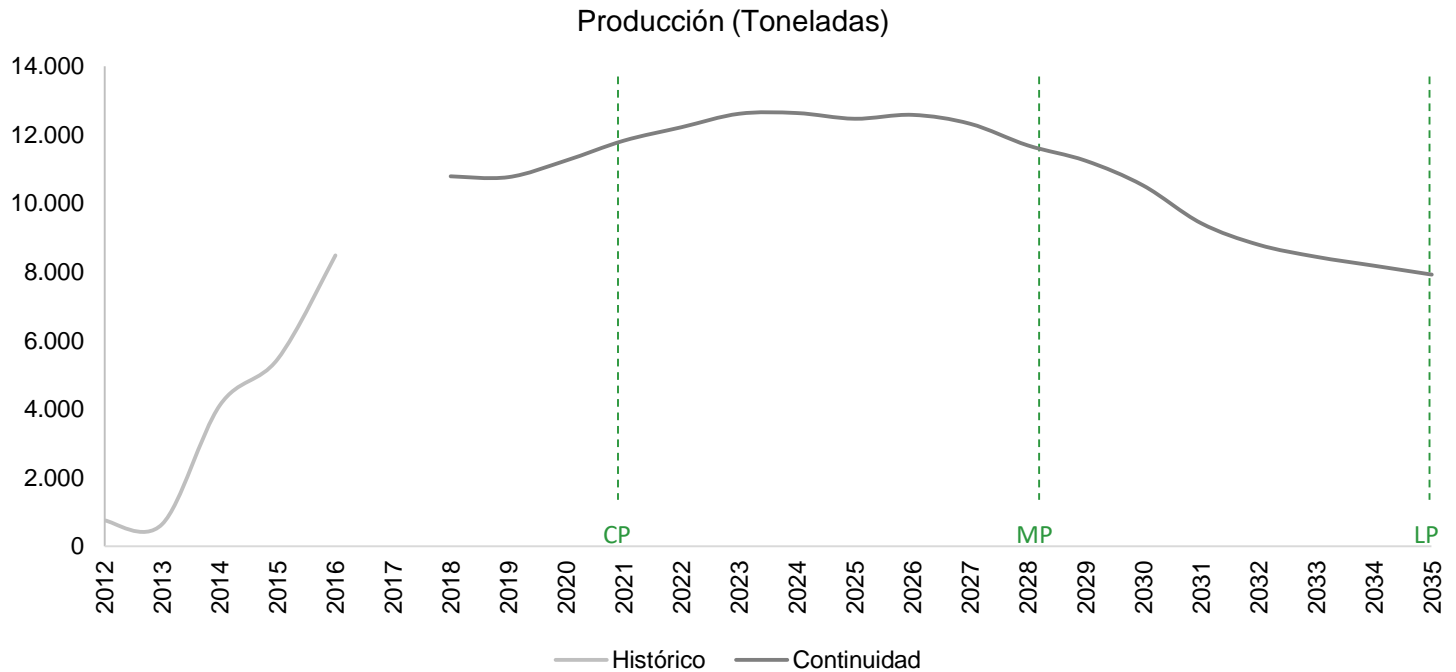
Las proyecciones se realizaron a partir de 5 técnicas diferentes de machine learning con el fin de evaluar cuál de ellas se adapta mejor a los datos históricos que permiten el entrenamiento de los modelos. Adicionalmente, se implementaron técnicas de entrenamiento cruzado de modelos para aprovechar al máximo los datos de entrenamiento (series históricas). Como resultado del entrenamiento cruzado de los modelos, se obtienen diferentes métricas del error (Ej. MSE, RMSE, R^2 , AAE) las cuales son evaluadas con el fin de seleccionar el modelo que de un mejor ajuste hacia los datos.

La siguientes gráficas muestran el MSE obtenido para los 5 modelos en el entrenamiento cruzado para producción y exportaciones. En la de producción se puede ver que los modelos de Regresión Lineal y Regresión de Árboles de decisión tienen MSE similares lo cual indica que son candidatos para realizar la proyección. Y para las exportaciones se puede ver que todos los modelos tienen MSE similares lo cual indica que son candidatos para realizar la proyección.

Producción**Exportaciones**

Las medidas de error se presentan en los anexos asociados al mineral (ver anexo J)

Modelo de oferta



- Actualmente la única mina que explota Cobre en Colombia es la mina El Roble de la canadiense Atico Mining Corp.
- La empresa Atico Mining Corp se hace responsable de la operación de la mina El Roble a finales del 2013.
- De acuerdo con la información oficial, desde el 2012 la producción nacional registra valores menores a mil toneladas; sin embargo, desde 2014 la empresa ha mostrado valores crecientes de producción hasta alcanzar las 9.355 toneladas en 2017, volumen que espera superar en 2018.
- Así mismo, la empresa Atico Mining Corp aumentó su capacidad nominal original de 400 a 800 toneladas día.
- Hay varios proyectos de exploración de cobre en Colombia (Mandé Norte, Pantanos, Comita, entre otros). Sin embargo, se encuentran en fases muy tempranas de exploración y algunos de ellos se encuentran en zonas de reserva forestal y/o donde hay presencia de grupos minoritarios (p.ej. comunidades indígenas)

Considerando la información anteriormente expuesta, este escenario considera los siguientes supuestos:

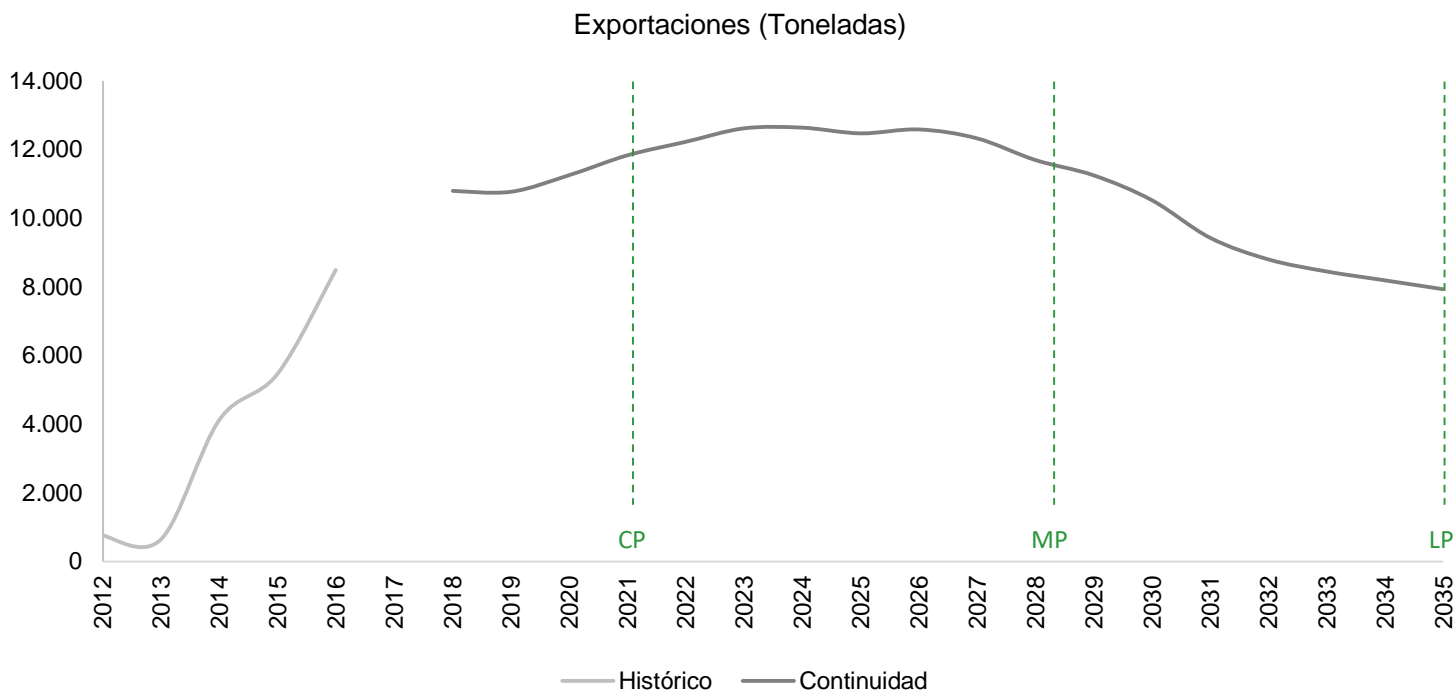
- Continua la producción de la mina El Roble, con las mismas tendencias históricas que ha tenido desde 2014.
- No entran nuevos proyectos a explotación
- No hay inconvenientes entre las comunidades aledañas a la mina El Roble y la operación minera

Lo anterior da, según los resultados de los modelos matemáticos, un aumento paulatino de la producción hasta alcanzar valores de 12.645 toneladas para luego empezar un decrecimiento lento, hasta cerrar en 2035 con valores alrededor de las 7.931 toneladas en el largo plazo (LP).

En el corto plazo (CP) la gráfica muestra un crecimiento anual compuesto entre 2016 y 2021 del 7,3%, relacionado con las mejoras en tecnificación y exploración que la empresa Atico Mining ha venido desarrollando.

Mientras que en el mediano plazo (MP) se observa que se alcanza un máximo en 2024 para seguir con un leve decrecimiento de aproximadamente un 2% anual compuesto entre 2024 y 2028. El cual se puede encontrar asociado a una no identificación de nuevos yacimientos.

Modelo de demanda



Las exportaciones de este mineral se encuentran apalancadas en los niveles de producción y en las condiciones de mercado, por lo cual presenta el mismo comportamiento que la producción, como se muestra en la gráfica de exportaciones.

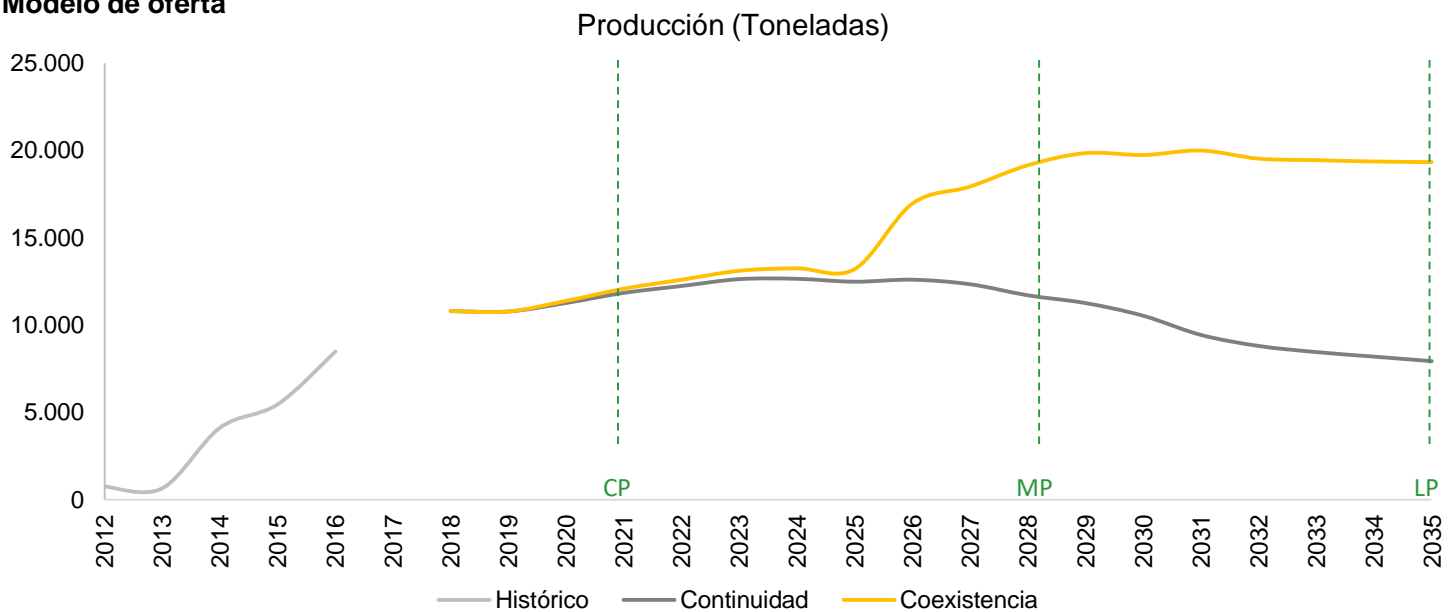
Colombia 2035: Coexistencia

Febrero, 2035

“La mejor forma de predecir el futuro es crearlo”

Peter Drucker

Colombia comprende que la riqueza está en aquello que nos complementa y que la minería responsable con el medio ambiente, las comunidades y con otras actividades que utilicen el suelo, es un instrumento de prosperidad. El equilibrio entre el impulso Estatal, una comunidad constructiva, activa y participante, y una minería apalancada en el conocimiento de su potencial, le permitieron a Colombia avanzar en espirales ascendentes de creación de valor compartido.

Modelo de oferta

En el escenario de coexistencia, se observa una tendencia creciente en la producción de Cobre, hasta alcanzar un valor alrededor de las 19,7 mil toneladas en 2030, con un decrecimiento gradual hasta llegar en 2035 con una producción alrededor de las 19,3 mil toneladas en el largo plazo (LP).

Mientras en el corto plazo (CP) presenta un comportamiento similar al escenario de continuidad, en el mediano plazo (MP) se ve un aumento progresivo, con una tasa de crecimiento anual compuesta del 6,8% entre 2021 y 2028.

El anterior comportamiento se encuentra asociado con los siguientes supuestos:

- Actualmente, el proyecto de exploración de Cobre que se encuentra en una etapa más avanzada en relación con los anteriormente mencionados es el proyecto San Matías, ubicado en el Departamento de Córdoba, de la empresa Cordoba Minerals Corp.

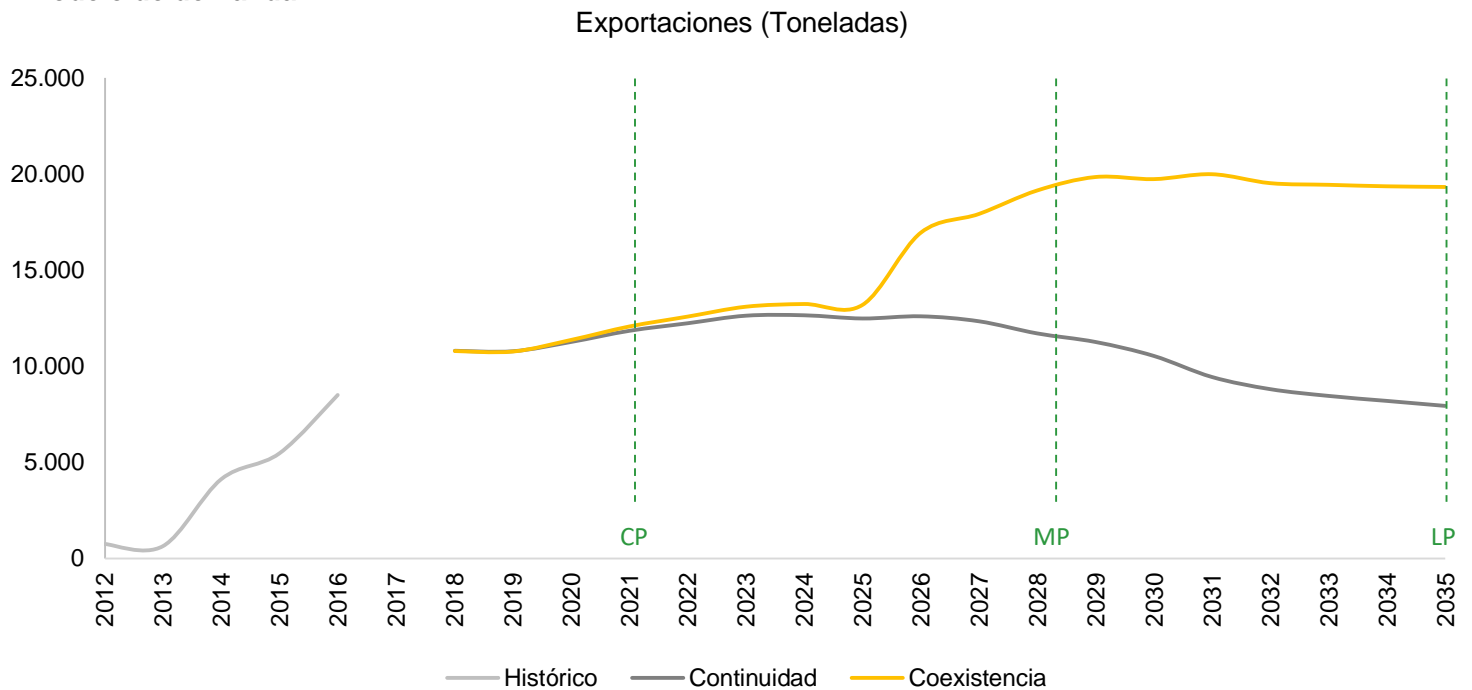
- En este escenario se considera que el proyecto San Matías entra a producción para el año 2026, lo que hace que la producción total de Cobre aumente a partir de dicho año, como se muestra en la gráfica.
- Actualmente, Atico Mining está evaluando un yacimiento aledaño al actual. Este escenario considera que este yacimiento entra a producción hacia finales del periodo en evaluación.

Para que el proyecto pueda entrar, es necesario que:

- Las condiciones de mercado sean favorables, lo cual incluye precios internacionales óptimos.
- Condiciones de infraestructura que permitan la retirada del material a costos competitivos con relación al mercado internacional
- Aprobación de la comunidad para la explotación del mineral

- Tramites agiles que eviten demoras en la obtención del titulo de explotación, las licencias ambientales y demás requisitos legales.
- Las condiciones del yacimiento hacen que sea económicamente factible su explotación
- Las buenas condiciones de mercado también impulsan a una mayor producción de la mina El Roble en comparación con el escenario de continuidad.

Modelo de demanda



Para el escenario de coexistencia se tiene que las exportaciones presentan una tendencia creciente, con un comportamiento similar a la producción. Este aumento en las exportaciones se podría encontrar apalancado en:

- El aumento de la producción, dado que toda la producción se exporta, dependiendo de las condiciones de mercado.
- La revolución tecnológica ha apalancado un aumento en la demanda de Cobre, dado el uso de este mineral en todos los avances tecnológicos actuales y futuros, como lo es el caso de los vehículos eléctricos.
- Lo anterior podría generar unas condiciones de mercado que impulsarían la producción y la exploración de nuevos yacimientos en Colombia.

Impacto de las fuerzas para el escenario



Posición estatal ante recursos mineros y ambientales
(Un Estado activo)



El supuesto en este escenario es que el gobierno tiene una visión de desarrollo minero sostenible, que ha permitido un mejor desarrollo en el proceso de obtención de licencias ambientales y la concesión de los títulos. Lo anterior soporta que en este escenario la fuerza tenga un efecto positivo sobre la proyección.

Los hitos que se encuentran asociados con esta fuerza son:

- Entrada en funcionamiento del proyecto San Matías en 2026.



Gobernanza y Gobernabilidad
(Un Estado confiable)



Una mejor gobernanza en la zona de explotación minera habilitaría una mayor comunicación entre las comunidades, la mina y el gobierno.

Los hitos que se encuentran asociados con esta fuerza son:

- Entrada en funcionamiento del proyecto de San Matías en 2026.
- Promoción y control del impacto ambiental de la explotación minera en la zona.



Grupos sociales
(Un ciudadano que exige)



Otro supuesto relacionado con este escenario es que los grupos sociales presentan en su mayoría una posición de apoyo a la explotación del mineral.

Los hitos que se encuentran asociados con esta fuerza son:

- Entrada en funcionamiento del proyecto de San Matías en 2026. Si la comunidad apoya el proyecto aprobará la consulta previa y no interpondrá ningún otro mecanismo legal que detenga o demore mas de lo esperado la entrada en operación del proyecto.



Condiciones de mercado
(Un juego con reglas y competidores)



Posibles condiciones de mercado favorables para la explotación de Cobre en Colombia, que podrían estar impulsadas por el crecimiento de los avances tecnológicos asociados a la revolución industrial 4.0, que aumentaría el consumo de Cobre a nivel internacional, impulsando aumento en los precios internacionales.

Los hitos que se encuentran asociados con esta fuerza son:

- Entrada en funcionamiento del proyecto San Matías en 2026.
- Incremento en la producción de la mina El Roble



Dotación minera y su conocimiento
(Un conocimiento de todos)



Las condiciones de los yacimientos asociados al proyecto San Matias después del proceso de análisis de factibilidad, podría tener las características geológicas (tenor/ reservas) requeridas para que la explotación sea viable desde la perspectiva económica. Así mismo, el proyecto El Roble podría tener capacidad (en relación a las condiciones del yacimiento) que les permita aumentar su producción por encima del escenario de continuidad.

Los hitos que se encuentran asociados con esta fuerza son:

- Entrada en funcionamiento del proyecto San Matias en 2026.
- Mayor producción que en el escenario de continuidad para la mina El Roble.

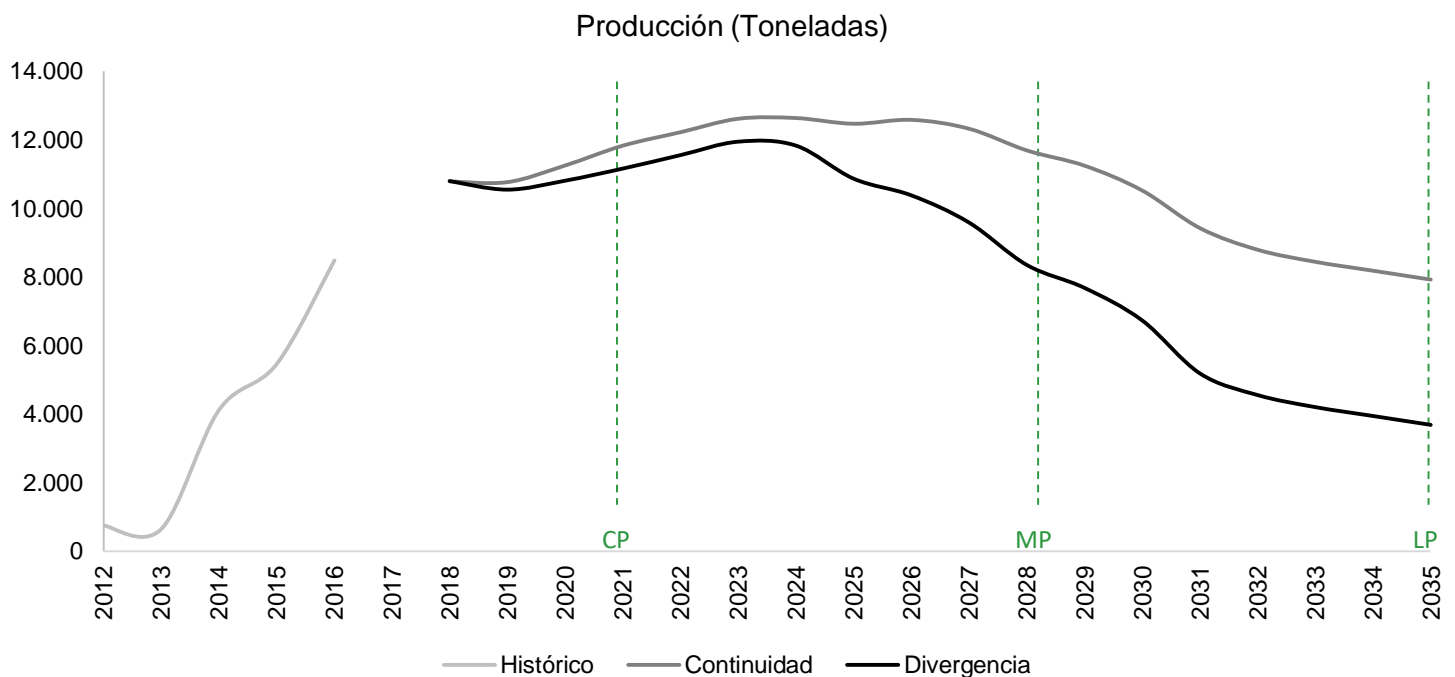
Colombia 2035: Divergencia

Febrero, 2035

“Si el ritmo de cambio de afuera excede el ritmo de cambio al interior, el fin esta cerca ”

Jack Welch

La perspectiva de futuro donde la actividad minería era boyante y aportaba los recursos necesarios para apalancar el progreso del País, se disolvió entre actores de integridad cuestionable y el aire insalubre que ahoga al mundo. Fracasaron los esfuerzos en pro del desarrollo sostenible y se materializa la distopía. Algunos piensan que perdieron los mineros, pero la verdad es que todos perdimos un poco... o todo.

Modelos de oferta

En el escenario de divergencia, se observa una tendencia decreciente en la producción de Cobre, hasta alcanzar un valor alrededor de las 3,6 mil toneladas en 2035 en el largo plazo (LP).

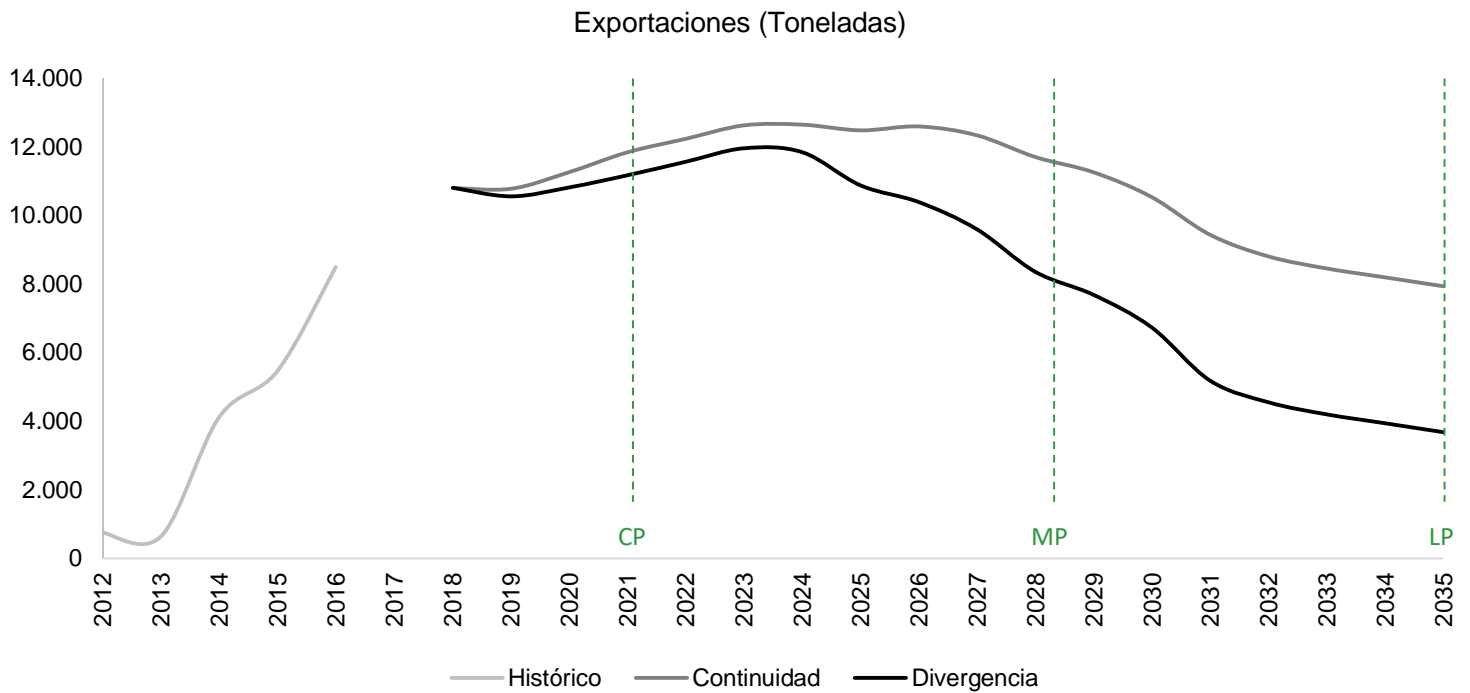
Para el corto plazo (CP) se observa que hay un crecimiento en la producción, menor al presenciado en el escenario de continuidad, del 5,6% anual compuesto. Este crecimiento se observa hasta 2024, a partir del cual comienza a entrar en un proceso de reducción en su producción, con una tasa de decrecimiento anual compuesta del 8,3% entre 2024 y 2028, para el mediano plazo (MP).

El anterior comportamiento se encuentra asociado con los siguientes supuestos:

- Problemas de infraestructura para exportar el material.
- Condiciones de mercado desfavorables, que incluyen precios internacionales del Cobre que no promueven una mayor producción, preferencia del mercado por Cobre de Chile y costos de explotación nacional poco competitivos en comparación con el mercado internacional.

- Aumento de los costos de explotación por un aumento en la profundidad de las perforaciones, asociado con el agotamiento paulatino del mineral en la mina.

Modelo de demanda



Para el escenario de divergencia se tiene que las exportaciones presentan una tendencia decreciente, con un comportamiento similar a la producción.

Este comportamiento está dado en que la exportación está relacionada con la capacidad de producción, por lo cual, al disminuir la producción las exportaciones también disminuyen.

Impacto de las fuerzas para el escenario



Posición estatal ante recursos mineros y ambientales
(Un Estado activo)



Los hitos que se encuentran asociados con esta fuerza son:

- No entran nuevos proyectos, el proyecto San Matías no entra en operación.



Condiciones de mercado
(Un juego con reglas y competidores)



Condiciones de mercado desfavorables para la explotación de Cobre en Colombia, que podrían estar impulsados por un aumento de los costos de explotación por el agotamiento progresivo del yacimiento y el problemas de infraestructura para el envío del mineral a puerto.

Los hitos que se encuentran asociados con esta fuerza son:

- La estructura de costos versus las condiciones de mercado disminuyen la rentabilidad de la explotación del mineral.



Dotación minera y su conocimiento
(Un conocimiento de todos)

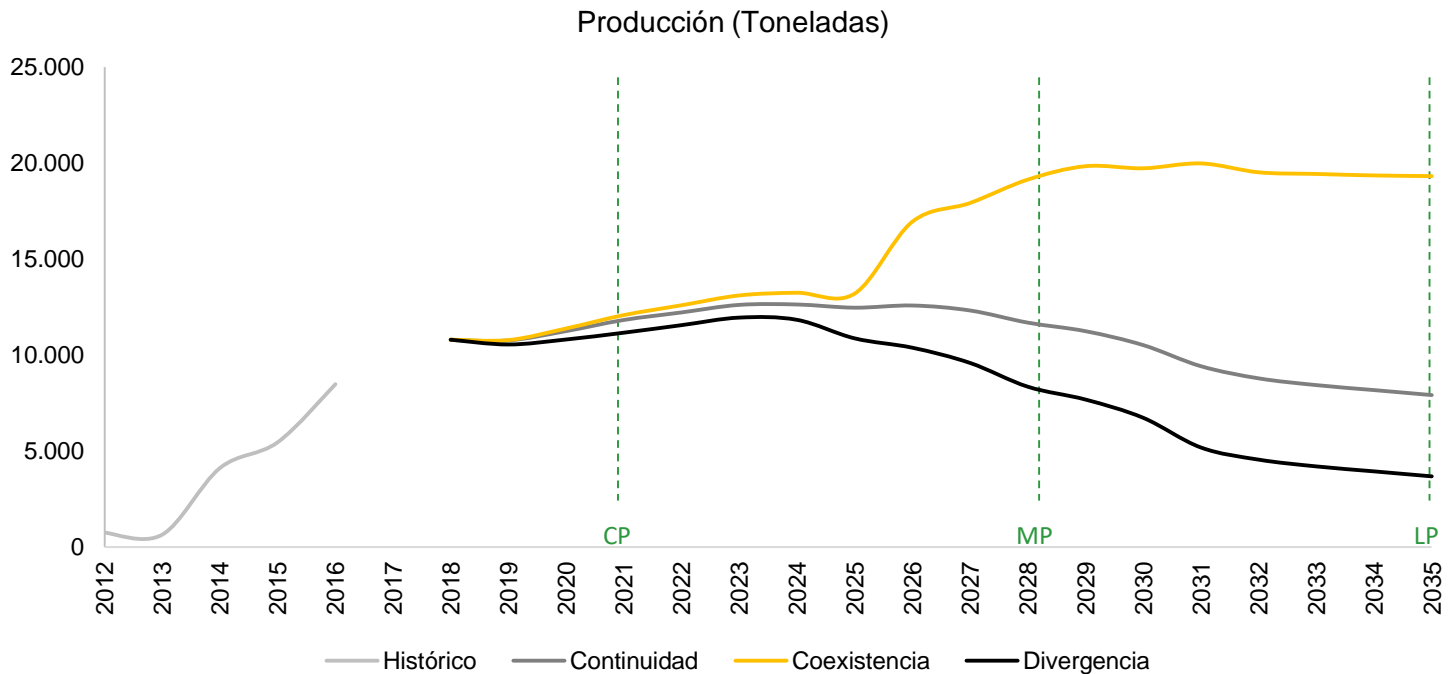


Las condiciones de los yacimientos asociados al proyecto San Matías después del proceso de análisis de factibilidad, podrían no tener las características geológicas (tenor/ reservas) requeridas para que la explotación sea viable desde la perspectiva económica.

Los hitos que se encuentran asociados con esta fuerza son:

- El resultado de los estudios de factibilidad sobre el proyecto San Matías dan como resultado que el yacimiento no es económicamente viable.
- La estructura de costos versus las condiciones de mercado disminuyen la rentabilidad de la explotación del mineral.
- Comienzos de un agotamiento del yacimiento en la mina El Roble

Modelo de oferta



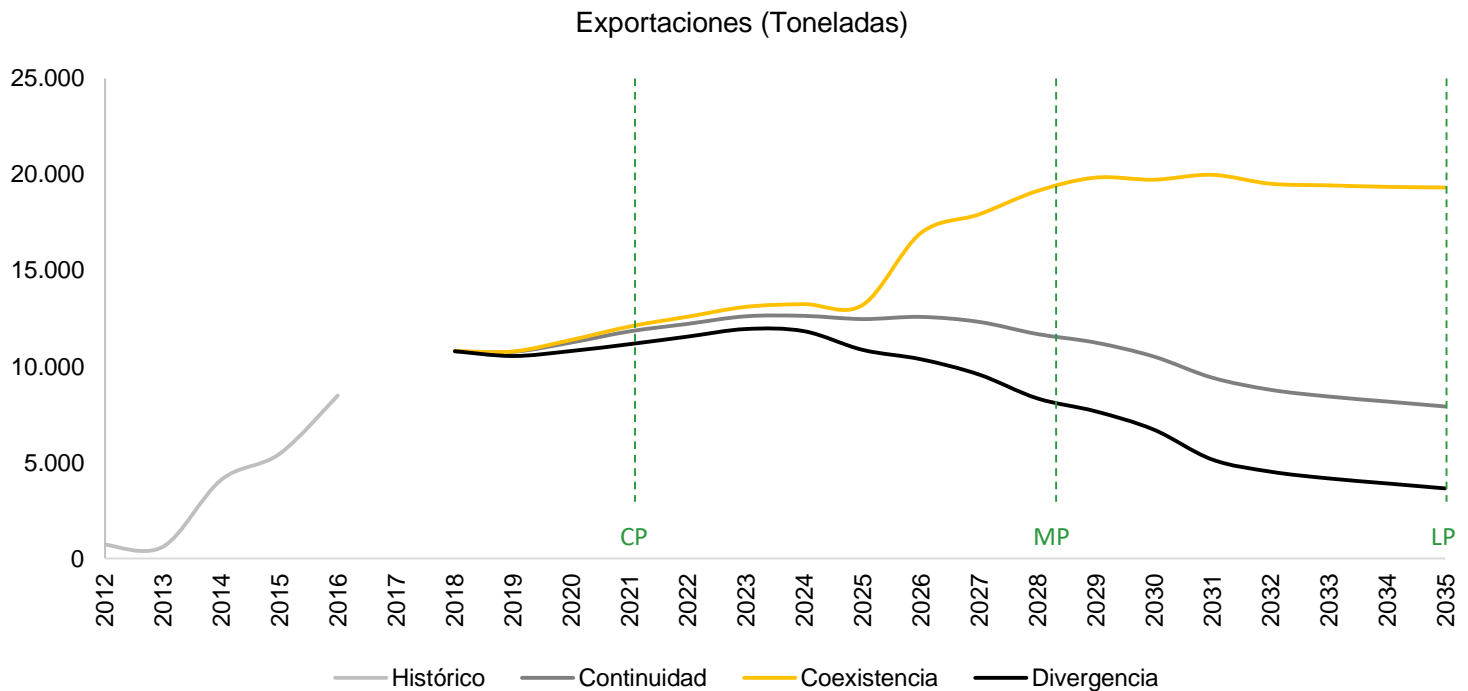
Cifras proyección de la producción (cifras en toneladas) – Tabla 1/2

Escenario	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Coexistencia	10.774	11.380	12.079	12.592	13.104	13.245	13.199	16.952	10.774
Continuidad	10.774	11.260	11.839	12.232	12.624	12.645	12.479	12.592	10.774
Divergencia	10.549	10.810	11.164	11.557	11.949	11.835	10.869	10.382	10.549

Cifras proyección de la producción (cifras en toneladas) – Tabla 2/2

Escenario	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Coexistencia	17.929	19.149	19.847	19.739	19.993	19.529	19.443	19.366	19.331
Continuidad	12.333	11.701	11.255	10.531	9.433	8.801	8.449	8.190	7.931
Divergencia	9.588	8.351	7.680	6.731	5.183	4.551	4.199	3.940	3.681

Modelo de demanda



Cifras proyección de las exportaciones (cifras en toneladas) – Tabla 1/2

Escenario	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Coexistencia	10.774	11.380	12.079	12.592	13.104	13.245	13.199	16.952	10.774
Continuidad	10.774	11.260	11.839	12.232	12.624	12.645	12.479	12.592	10.774
Divergencia	10.549	10.810	11.164	11.557	11.949	11.835	10.869	10.382	10.549

Cifras proyección de las exportaciones (cifras en toneladas) – Tabla 2/2

Escenario	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Coexistencia	17.929	19.149	19.847	19.739	19.993	19.529	19.443	19.366	19.331
Continuidad	12.333	11.701	11.255	10.531	9.433	8.801	8.449	8.190	7.931
Divergencia	9.588	8.351	7.680	6.731	5.183	4.551	4.199	3.940	3.681