



Medición de Encadenamientos productivos de la industria minera en Chile

DEPP 10/2022

Registro Propiedad Intelectual N° 2022-A-9071



Resumen ejecutivo

La minería es señalada como la principal actividad económica de Chile y en ese sentido resulta necesario establecer metodologías que permitan precisar y detallar su aporte a la economía en forma directa pero también indirecta.

En términos directos, la minería ponderó un 6,3% en el 1996 y 14,6% del PIB en el 2021, medido a moneda corriente, con un promedio de 10,3% en los últimos 26 años.

Al igual que en las ediciones precedentes, el objetivo de este documento es aplicar una metodología objetiva para cuantificar los impactos directos e indirectos que genera la minería, de manera de identificar su evolución en el tiempo y la capacidad de la actividad para generar valor económico en toda su cadena de valor.

Si bien, los efectos indirectos que genera una actividad económica son variados, en este estudio se estiman los efectos inducidos atribuidos a las compras intermedias y por el proceso de inversiones.

Se utiliza como metodología el modelo de Leontief de matrices inversas. Esta metodología implica hacer algunos supuestos de diseño de las matrices inversas, debido a que asigna todas las producciones secundarias a la actividad principal.

Dentro de los efectos inducidos de la actividad minera están aquellos generados por las inversiones mineras (formación bruta de capital fijo) y asociadas a las industrias manufacturera, construcción y servicios empresariales.

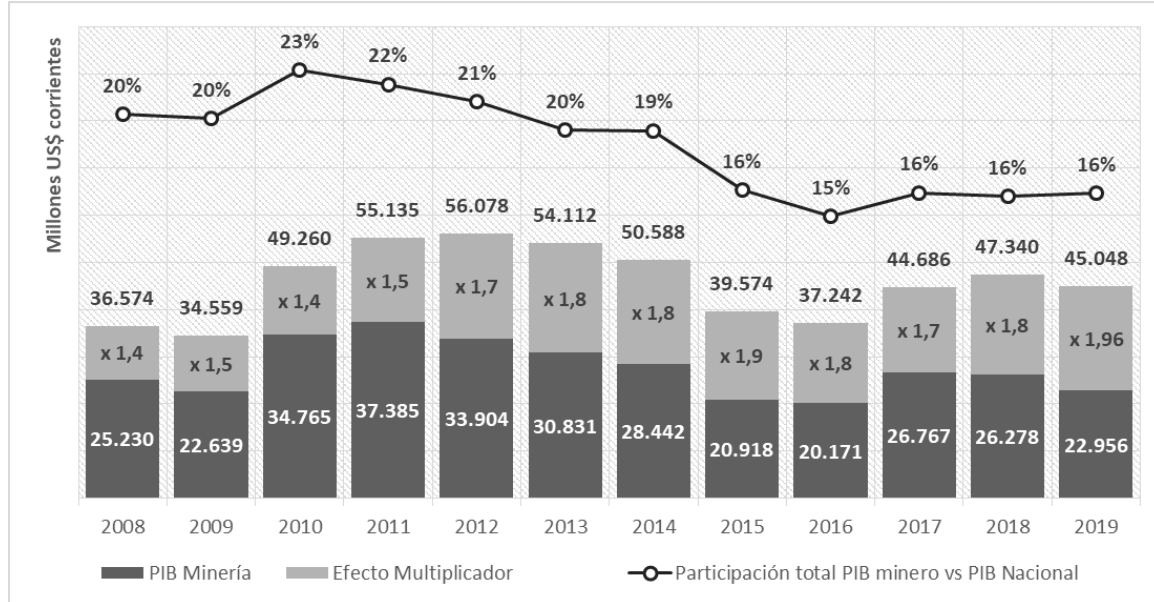
Un aspecto metodológico a considerar es que no se consideran los efectos indirectos que la minería “auto induce” en su propio sector. De igual forma, por razones de alcance, no se consideran los efectos inducidos atribuidos a compras realizadas por los trabajadores y dueños de capital, y el gasto público.

Entre los años 2008 y 2019, el sector minero se desplazó desde el cuadrante que agrupa a los sectores independientes hacia el de los sectores impulsores. Es decir, la minería fortaleció su efecto de arrastre, convirtiéndose en un dinamizador de la economía a partir del año 2015, pero manteniendo un bajo encadenamiento hacia adelante.

En cuanto a los efectos multiplicadores de la minería como sector, se mantiene la tendencia creciente observada en las ediciones pasadas de este estudio. Entre los años 2008 y 2019, el multiplicador del PIB minero pasó de US\$1,45 a US\$ 1,96. O dicho de otra forma, en el año 2008 por cada dólar de PIB directo, la minería indujo indirectamente US\$ 0,45 en otros sectores. Dicha relación aumentó a US\$ 0,96 en el 2019. Dada la evolución del efecto multiplicador, todo parece indicar que el efecto inducido de la minería igualaría al PIB sectorial en los próximos años. La siguiente figura resume los resultados:



Figura I: PIB de la Minería y efecto Multiplicador



Fuente: Cochilco

El sector que se ve mayormente inducido por la inversión y la compra de bienes y servicios para la producción de bienes mineros son: la intermediación financiera y los servicios empresariales. La preponderancia de la minería en dicha industria se ha acrecentado durante el periodo analizado, ya que su efecto inducido total alcanzó los US\$ 0,33 por dólar de PIB directo en el periodo 2014-2019. En el otro extremo las industrias menos inducidas son los servicios personales y la Administración Pública.

En particular y al analizar los efectos inducidos del sector de la minería del cobre, las actividades de arquitectura e ingeniería, generación y transmisión eléctrica representan el 31% del efecto inducido generado por la minería del cobre a partir de las compras intermedias. Por otro lado, la construcción de obras de ingeniería civil representa, por sí solo, el 42,2% del efecto inducido generado por las inversiones de la minería del cobre.

Comparativamente, el efecto multiplicador PIB del sector minería, en su conjunto, es superior que el efecto que ejerce por si sola la minería del cobre en otras actividades económicas. Contrario a lo que podría pensarse, lo anterior podría ser el indicio de que las actividades mineras, tales como el molibdeno y sus concentrados, hierro, oro, plata y otros metalíferos no ferrosos y minerales no metálicos, generan un importante efecto inductor, a pesar de que en conjunto dichos sectores representan un 11% del PIB directo de la minería.

1 Tabla de contenido

Resumen ejecutivo	i
2 Introducción.....	1
3 Objetivos y alcances	2
4 Metodología y cálculos.....	5
5 Resultados y conclusiones	6
5.1 Efecto directo en el PIB.....	6
5.2 Eslabonamientos hacia atrás y adelante	6
5.3 Efectos indirectos inducidos en el PIB	9
5.4 Análisis de efectos multiplicadores.....	11
5.5 Efectos inducidos PIB Minería del Cobre	16
6 Comentarios finales	24
7 Referencias	25

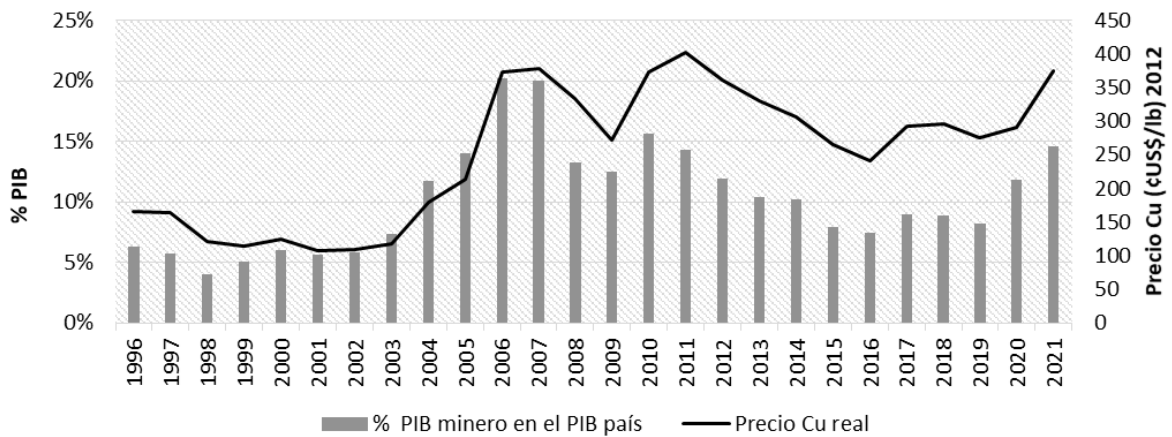


2 Introducción

La minería es habitualmente señalada como la principal actividad económica de Chile y en ese sentido se hace necesario establecer metodologías que permitan precisar su aporte a la economía, tanto de forma directa como indirecta.

En términos directos la minería ha ponderado, en promedio, un 10% del PIB en el periodo 1996 - 2021. Con periodos como los años 2006 y 2007 donde superó el 20% y años, como 1998, donde su aporte fue inferior al 5%.

Figura 2-1: Participación de la actividad de la minería en el PIB corriente de Chile 1996-2021



Fuente: Cochilco sobre series PIB corriente BCCH

Las fuertes fluctuaciones tienen en gran medida su explicación en los ciclos de precio del cobre, que por décadas ha sido el principal producto de la minería chilena. En el periodo 2012-2021 el cobre representó, en promedio, el 87% de las exportaciones mineras.

Si bien el PIB directo es un indicador importante para ver el aporte que hace la actividad minera, especialmente considerando que gran parte de la producción minera se exporta, por otro lado, no es suficiente ya que no es posible ponderar de manera adecuada el aporte que hace la actividad teniendo en cuenta los encadenamientos que genera. Esto hace necesario un indicador más completo, que es lo que se plantea en el presente estudio.

En esta línea, desde el año 2008 COCHILCO ha intentado establecer metodologías que permitan precisar el aporte de la actividad (Análisis Histórico y Estimaciones Futuras del Aporte de la Minería al Desarrollo de la Economía Chilena, Comisión Chilena del Cobre, 2008 y Análisis del Empleo Indirecto en el Sector Minero, Comisión Chilena del Cobre, 2013). La mayor parte de estos aportes han venido del análisis del sistema de cuentas nacionales y de las matrices insumo producto que elabora sistemáticamente el Banco Central de Chile, ya que este sistema tiene la ventaja de ser completo e integrado, de manera que permite medir los impactos sin duplicar efectos.



3 Objetivos y alcances

El objetivo de este documento es aplicar una metodología objetiva que mida los impactos directos e indirectos que genera la actividad minera, de manera de identificar su evolución en el tiempo, y la capacidad de la actividad para generar valor económico en toda su cadena de valor.

Se plantean dos tipos de alcances: estadísticos y temporales y alcances metodológicos.

En relación a los alcances estadísticos y su dimensión temporal se utilizan las cuentas nacionales anuales, entregando resultados válidos para varios años. En la primera versión se consideraron impactos directos y se estimaron los impactos indirectos para el periodo 2008-2014. En la segunda versión se ampliaron las estimaciones al año 2017. En esta tercera versión, se actualizó la información al año 2019 (última información disponible).¹

En términos de desagregación, en la presente versión se utilizan matrices nacionales desagregadas en 12 y 111 actividades. Por lo tanto, los resultados son válidos para el territorio completo y para la actividad minera agregada, no siendo posible hacer estimaciones o interpretaciones regionales, o de una agregación geográfica o administrativa menor. Sin embargo, con las matrices de 111 actividades es factible hacer desagregaciones por tipo de minería (cobre, oro, hierro u otras). Al respecto y dada su relevancia, en la presente versión se hace una desagregación a nivel de la minería del cobre.

Cabe mencionar que todas estas agregaciones son de gran interés pero se requiere de modelamientos que sobrepasan el alcance y objetivo de este trabajo, básicamente por temas de desagregación y disponibilidad de información. No obstante, la metodología y cálculos utilizados son replicables, siempre y cuando estén disponibles las estadísticas y/o ciertas estimaciones necesarias.

En términos de alcances metodológicos, en este estudio y al igual que en la versiones anteriores, se asume que en Chile toda la actividad de la industria extractiva es generada por comercio exterior, esto implica que toda la actividad minera es inducida por las exportaciones, lo que su vez anula la estimación de efectos aguas abajo como podría ser el valor agregado de la industria de fabricación de productos semielaborados o semi manufacturados de cobre, como alambrión, tubos, láminas y otros, dentro de las fronteras del país. Al respecto se mantiene lo señalado en los últimos reportes en cuanto a que la producción de semielaborados de cobre en Chile no supera las 50.000 toneladas, lo que representa menos del 1% de la producción de cobre nacional.

Otro elemento asociado al alcance metodológico tiene relación con identificar los efectos inducidos que se consideran en el presente estudio. De acuerdo con la disponibilidad de información del sistema de Cuentas Nacionales del Banco Central del Chile, es posible identificar al menos cinco efectos inducidos aguas arriba por la existencia de la industria minera en Chile:

- i. Efecto inducido por compras intermedias: Valor agregado generado en actividades distintas a la actividad minera que se produce por la compra de bienes y servicios necesarios para la producción de bienes mineros en Chile.
- ii. Efecto inducido por compras realizadas por trabajadores: Valor agregado generado en actividades distintas a la actividad minera que se produce por la compra de bienes y

¹ La metodología es ampliable para todos los años en los que existan matrices insumo - producto publicadas por el Banco Central de Chile.



servicios en Chile por parte de los trabajadores de la industria minera a partir del componente salarios del valor agregado de la minería.

- iii. Efecto inducido por las compras de los dueños del capital: Valor agregado generado en actividades distintas a la actividad minera que se produce por la compra de bienes y servicios en Chile por parte de los dueños de las compañías mineras a partir de los excedentes.
- iv. Efecto inducido por el proceso de inversiones: Valor agregado generado en actividades distintas a la actividad minera, que se produce por la compra de bienes y servicios en Chile por parte de la actividad minera en su proceso de inversiones. Considera el valor agregado directo de las actividades industria manufacturera, construcción y servicios empresariales por efecto de las inversiones destinadas al sector minero.
- v. Efecto inducido por el gasto público: Valor agregado generado en actividades distintas a la actividad minera, que se produce por la compra de bienes y servicios en Chile por parte del Estado a partir de los ingresos que obtiene desde la actividad minera, ya sea por impuestos o por excedentes de sus empresas. En este efecto habría que incorporar las transferencias directas que realizan las compañías a las comunidades, sean estas deducibles tributariamente o no.

Al igual que en la versiones anteriores, se estiman los efectos inducidos por las compras intermedias (i) y por el proceso de inversiones (iv). Las razones para no incorporar los otros efectos en este estudio son:

- Efecto inducido por compras de trabajadores: No existe disponibilidad de información pública respecto de los comportamientos de compra por parte de los trabajadores de la minería. Si bien es posible asumir que los trabajadores de la minería tienen un comportamiento similar al del resto de las personas en Chile, los resultados podrían ser poco representativos, toda vez que las rentas de la minería son sustancialmente superiores a las del promedio de la economía. De acuerdo con las cifras de remuneraciones de la Superintendencia de Pensiones² la renta imponible promedio de la actividad minera en el marzo de 2022 fue de \$1.929.066 mensuales, mientras que el promedio del sistema fue de \$942.268, es decir, las rentas imponibles de la actividad minera son 105% superiores al del promedio del país, lo que justifica no considerar este efecto.
- Efecto inducido por las compras de los dueños del capital: La razón para no considerar este efecto, además de las mencionadas para no considerar el efecto de las compras de los trabajadores (ii), está en que de las compañías mineras privadas un alto porcentaje pertenece a capitales extranjeros, lo que implica que parte importante de los excedentes que forman el valor agregado salen del país como remesas³. Sin embargo, en el caso de las

²

<https://www.spensiones.cl/apps/centroEstadisticas/paginaCuadrosCCEE.php?menu=sci&menuN1=cotycot&menuN2=ingimp>

³ Para un grupo de empresas mineras privadas que representan el 67% de la producción nacional de cobre 2021, el 89% de dicha producción es atribuible a capitales extranjeros.



compañías mineras de capitales chilenos este efecto debiera ser considerado, no obstante no existe un sistema de información robusta, como el de las cuentas nacionales del Banco Central de Chile, que permita tener una buena estimación de dicho efecto.

- Efecto inducido por el gasto público: Si bien para la Administración Pública existe buena información en cuanto al monto recaudado, a los montos gastados y a la estructura de este gasto, la existencia de un sistema de presupuesto estructural de largo plazo provoca una disociación temporal entre la recaudación y el gasto que en muchos casos puede ser de más de un año, lo que impide medir la evolución de dicho efecto inducido. No obstante, para el caso de un ejercicio donde la variable temporal no sea relevante, utilizar promedios podría ser una buena solución. Sin embargo, dados los objetivos de este trabajo no se consideran.



4 Metodología y cálculos

Como metodología para la estimación de los dos efectos considerados en este estudio se utiliza el modelo de Leontief de matrices inversas. Esta metodología implica hacer algunos supuestos de diseño de las matrices inversas, ya que asigna todas las producciones secundarias a la actividad principal, es decir, la construcción de las matrices inversas obliga a llevar toda la producción secundaria, por ejemplo de la actividad minera, a la actividad que primariamente originaría esa producción.

En el caso de las matrices inversas elaboradas por el Banco Central de Chile y que sirven de base para los cálculos de este estudio, se utilizan aquellas construidas sobre la Matriz Insumo Producto doméstica a precio básico actividad por actividad y bajo el supuesto de estructuras fijas por producto, es decir, la producción secundaria se agrega a la actividad principal con la estructura de costos de esta última.

Para la estimación del efecto indirecto inducido por las compras intermedias, se utilizan las compras intermedias estimadas desde las matrices domésticas a precio básico por actividad, es decir, sólo considera las compras domesticas dejando fuera las exportaciones directas. En el caso de las importaciones indirectas compradas vía comercio, estas en si no generan efecto, salvo por la actividad de comercio que se calcula a partir de los márgenes.

Para los efectos inducidos por las compras a partir del proceso de inversiones, el Banco Central de Chile modificó la presentación de las matrices de inversión, por lo cual en este trabajo utiliza información contenida en los cuadros publicados para el periodo 2008-2012 y que se resumen en la Tabla N° 1.

Tabla N° 1: Estructura de inversiones en relación a FBCF Minería (%)

	2008	2009	2010	2011	2012
NACIONAL					
Productos manufacturados	5%	4%	4%	5%	5%
Productos de la construcción	49%	55%	57%	51%	52%
Servicios financieros y empresariales	10%	9%	9%	13%	11%
IMPORTADO					
Productos manufacturados	35%	28%	30%	30%	31%
Productos de la construcción					
Servicios financieros y empresariales	2%	4%	1%	2%	1%

Fuente: Elaboración Cochilco a partir de Matriz de Inversión, Cuadros de Oferta y Uso 2008-2012, Banco Central de Chile.

Por las razones antes expuestas, para el periodo 2013- 2019 se asumen constantes los valores del año 2012 (último disponible).

Para la estimación de los encadenamientos se utilizan los porcentajes de Formación Bruta de Capital Fijo (FBCF), que por definición son nacionales y asociados a una determinada actividad.

Si bien las matrices son elaboradas en pesos, los resultados de los encadenamientos son llevados a dólares corrientes de Estados Unidos, convertidos al valor promedio de cada año, utilizando como fuente el tipo de cambio nominal observado, publicado por el Banco Central de Chile.

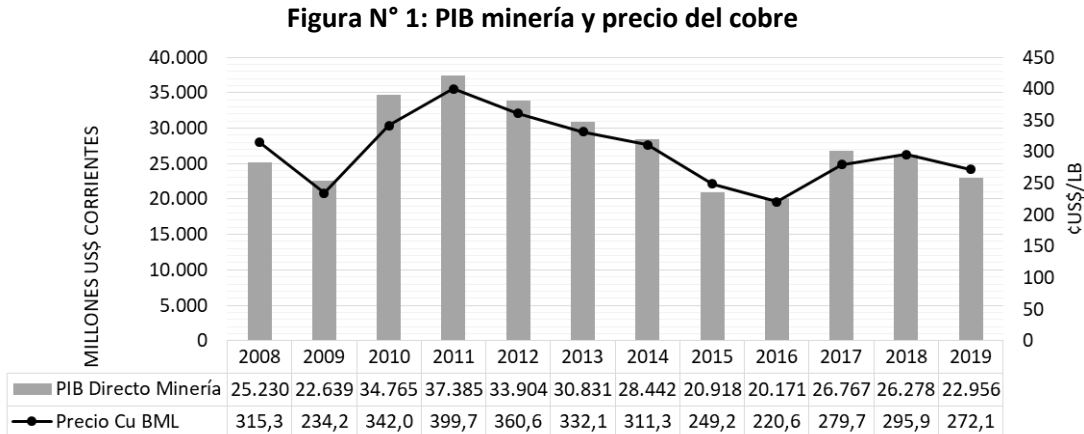
En el Anexo metodológico se entregan mayores detalles sobre el cálculo de los efectos inducidos.



5 Resultados y conclusiones

5.1 Efecto directo en el PIB

Previo a la entrega de los resultados de las estimaciones de encadenamiento cubiertas por el presente estudio, se identifica el efecto directo generado por la actividad minera (PIB minería), es decir, el valor agregado directo.



Fuente: Cochilco y Banco Central de Chile.

Como es de esperar, en la Figura N° 1 se aprecia que el aporte directo de la actividad minera presenta una alta correlación con el precio del cobre, lo que muestra la alta dependencia de los indicadores macroeconómicos de la economía chilena de variables exógenas, como es el caso del precio del cobre.

5.2 Eslabonamientos hacia atrás y adelante

Previo al análisis de los efectos inducidos, es necesario evaluar el posicionamiento de la minería en relación al resto de los sectores de la economía.

Los encadenamientos productivos muestran la interdependencia entre las industrias de una economía. En su proceso productivo, los sectores toman el rol tanto de oferentes como de demandantes de insumos intermedios, si bien no todas las actividades tienen la misma capacidad de inducir impactos multiplicadores sobre otras (Schuschny 2005). De ahí la importancia de los eslabonamientos hacia atrás y hacia adelante.

Los eslabonamientos hacia atrás describen qué sectores influyen en la actividad de otros sectores al requerir de sus insumos para producir. Por otro lado, los eslabonamientos hacia adelante miden la relevancia de un sector como proveedor de insumos para las actividades productivas de otros sectores. Al respecto, Rasmussen y Hirschman propusieron índices para analizar los eslabonamientos, también llamados índices de poder de dispersión y de sensibilidad de dispersión.

Los índices de Rasmussen-Hirschman distinguen entre encadenamientos hacia atrás y encadenamientos hacia adelante. Los primeros (BLj) comparan la capacidad que tiene un sector j para estimular al resto de sectores de una economía, con el promedio de los requerimientos del conjunto de sectores que conforman dicha economía. Un sector tendrá mayor capacidad y su BL

será mayor, cuantos más insumos requiera directa e indirectamente para producir. Por su parte, los segundos (FL_i) miden cómo un sector *i* transfiere sus productos a los demás sectores, que necesitan incorporarlos como insumos intermedios para sus procesos productivos. Dicho de otro modo, el FL sirve para evaluar el potencial de un sector como proveedor de insumos (Durán Lima y Banacloche 2021).

Dependiendo de si el valor de los índices es mayor o menor a 1, los sectores económicos pueden clasificarse en:

Sectores claves (BL>1, FL >1): Sectores con altos encadenamientos hacia adelante y hacia atrás. Estos sectores destacan como demandantes y oferentes de insumos intermedios, lo que les otorga una mayor capacidad para influir en el resto de sectores de la economía.

Sectores impulsados (BL<1, FL >1): Son aquellos sectores con bajos encadenamientos hacia atrás y altos encadenamientos hacia adelante. Destacan como proveedores de insumos al resto de sectores, es decir, son impulsados por la demanda del resto de sectores. Tanto los sectores claves como los sectores impulsados pueden generar los llamados cuellos de botella frente a shocks de demanda: ante un aumento inesperado del consumo, la inversión o debido a políticas fiscales expansivas, estos sectores pueden responder con lentitud, ralentizando el proceso de producción de un país.

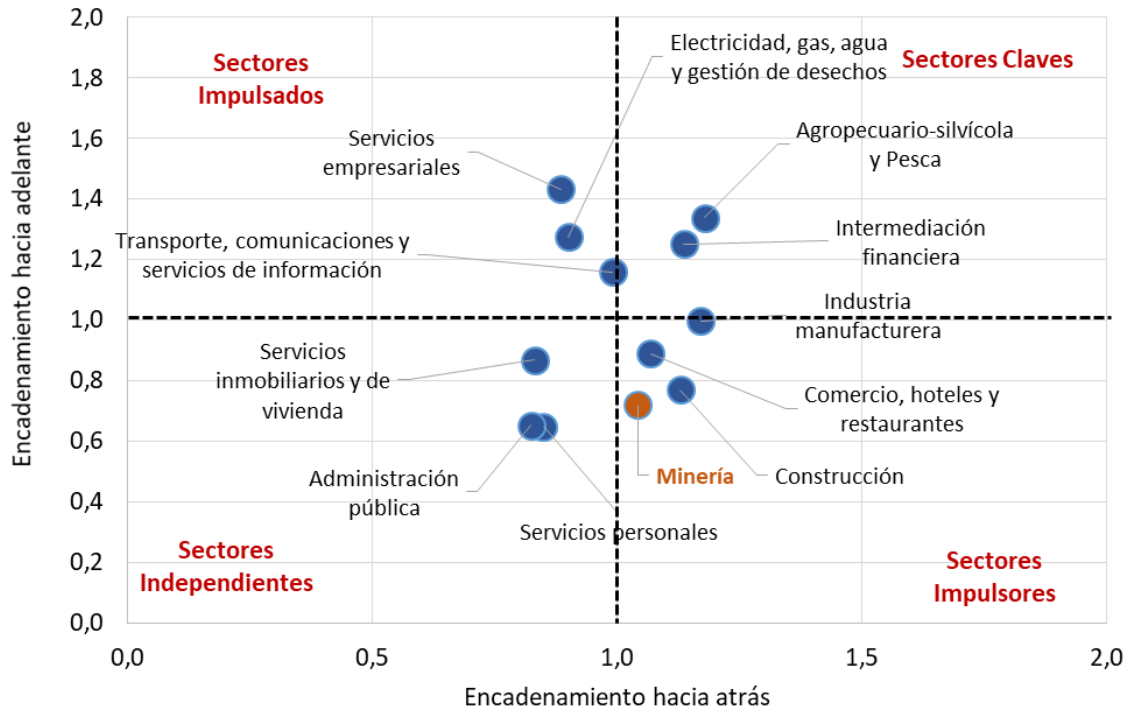
Sectores independientes (BL<1, FL <1): Son aquellos sectores con bajos encadenamientos tanto hacia atrás como hacia adelante. Esto significa que dichos sectores, por un lado, no son importantes proveedores de insumos intermedios, indicando que su producción se destina principalmente a satisfacer la demanda final; por otro lado, ejercen un bajo efecto de arrastre, con lo cual no son grandes dinamizadores de la economía. Un aumento de la demanda de productos de dicho sector no generaría grandes aumentos de la oferta de productos procedentes de otros sectores.

Sectores impulsores (BL>1, FL <1): Son aquellos sectores con altos encadenamientos hacia atrás y bajos encadenamientos hacia adelante. Ejercen un potente efecto de arrastre, con potencial para dinamizar la economía, pero su oferta abastece principalmente a la demanda final.

En la siguiente figura se presentan los índices de Rasmussen-Hirschman para 12 industrias de la economía de Chile (año 2019).



Figura N° 2: Eslabonamiento hacia atrás y adelante, Chile (2019)



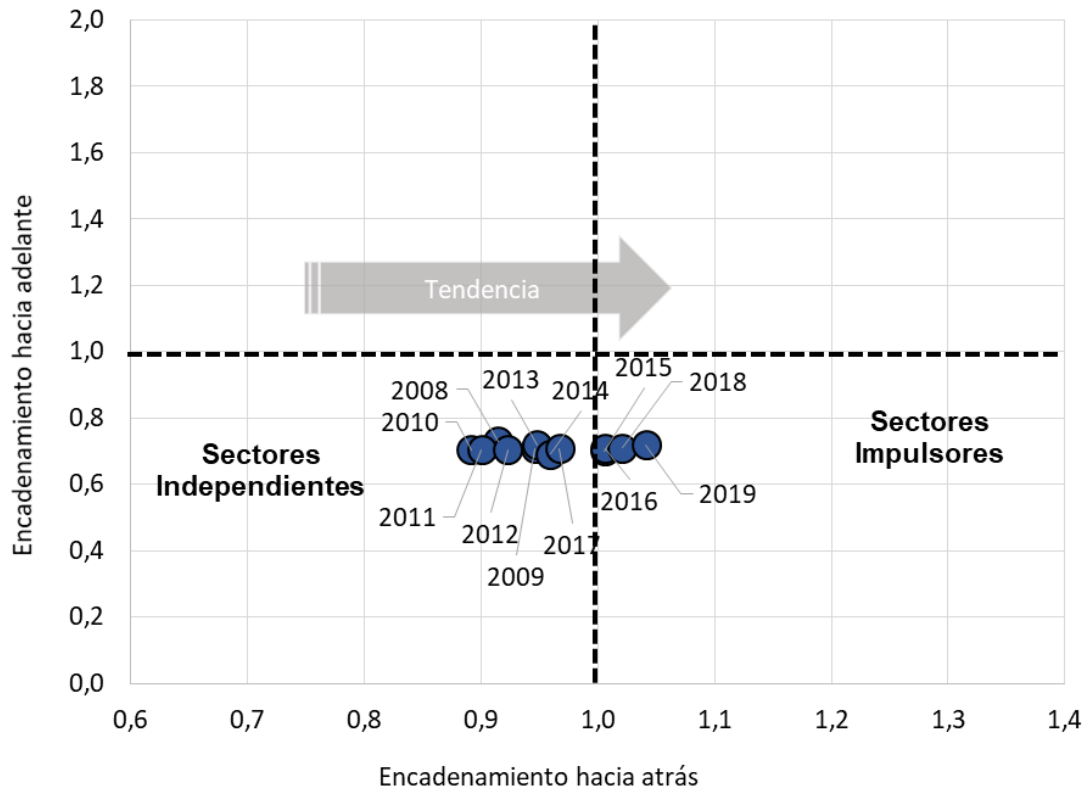
Fuente: Cochilco

La minería se ubica en el cuadrante de los sectores impulsores, es decir, posee un alto encadenamiento hacia atrás y bajo encadenamiento hacia adelante. Es un sector que muestra un consumo intermedio relativamente elevado, mientras que su oferta de productos irá principalmente hacia los consumidores finales (fundamentalmente al extranjero).

Sin embargo, la fotografía del sector minería del año 2019 difiere si se le compara con el posicionamiento exhibido en años anteriores.



Figura N° 3: Eslabonamiento hacia atrás y adelante, Chile (periodo 2008-2019)



Fuente: Cochilco

La situación del sector minero ha cambiado en el periodo 2008-2019, desplazándose desde el cuadrante que agrupa a los sectores independientes hacia el de los sectores impulsores. Es decir, el sector minero ha fortalecido su efecto de arrastre, convirtiéndose en un dinamizador de la economía a partir del año 2015. Sin embargo, a lo largo de todo el periodo presenta un bajo encadenamiento hacia adelante, es decir y tal como se ha mencionado anteriormente, esto puede que tenga su explicación en la oferta de productos con bajo valor agregado y que mayoritariamente se exportan.

5.3 Efectos indirectos inducidos en el PIB

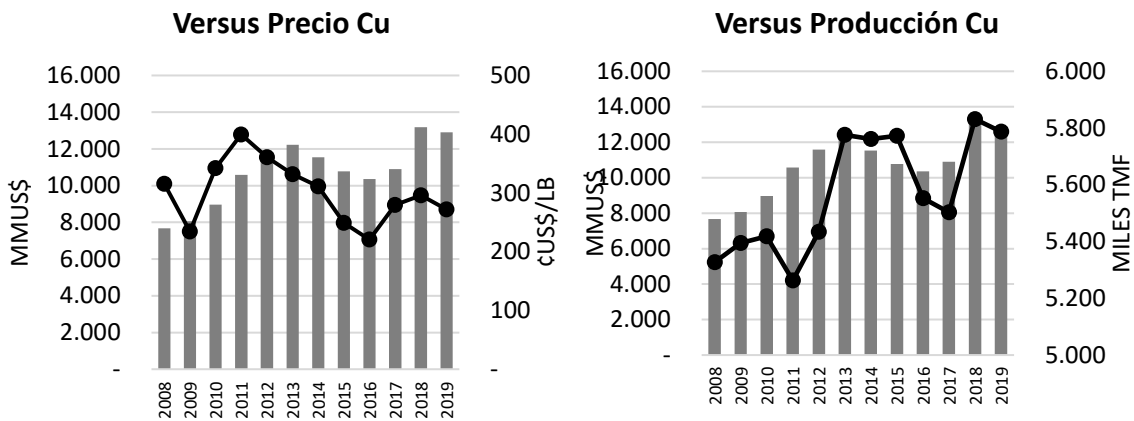
En el presente acápite se presentan los efectos inducidos de la minería atribuido a las compras intermedias y a las inversiones.

Figura N° 4 muestra, por un lado, la relación entre el efecto inducido por las compras intermedias y el precio del cobre y, por el otro, la comparación con la producción de cobre.

Figura N° 4: Efecto indirecto de compras intermedias



Medición de Encadenamientos productivos de la industria minera en Chile

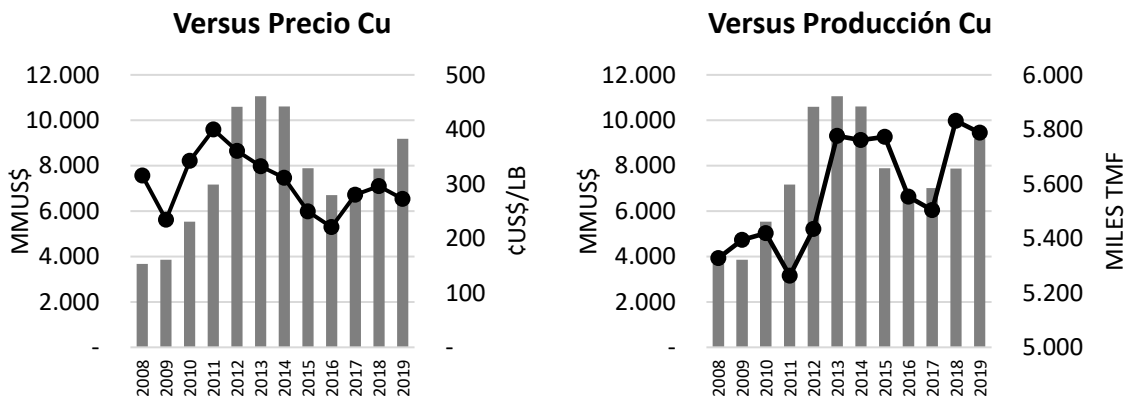


Fuente: Cochilco

El efecto del precio del cobre no es el principal determinante, siendo más estable y mayormente explicado por la producción física de minerales (en este caso el cobre).

Para el caso de los efectos inducidos en el proceso de inversión, la Figura N° 5 muestra que el proceso inversiones y la capacidad para generar encadenamientos en la economía, presenta una baja relación con el precio del cobre y con algún rezago, especialmente en los momentos del quiebre del precio tanto al alza como a la baja, situación que ocurre en los años 2009, 2011 y 2018.

Figura N° 5: Efecto indirecto de inversiones



Fuente: Cochilco

La situación cambia al comparar el efecto indirecto de las inversiones con la producción de cobre, ya que la correlación entre ambas variables aumenta (0,62).

Sin embargo, no es posible identificar dependencia ya que el proceso de inversiones parece influido por el precio del cobre (con algún rezago) y, a su vez, el proceso de inversiones podría explicar los cambios en la producción física. Este tipo de dependencia si bien es posible intuirlos, excede el alcance del presente documento.

5.4 Análisis de efectos multiplicadores

Tabla N° 2: Efectos inducidos y sus multiplicadores, PIB minero



(millones US\$)						
	PIB Directo Minería	PIB Indirecto Consumo Intermedio (1)	PIB Indirecto Inversión (2)	PIB Inducido (1+2)	Multiplicador PIB minero	
					(US\$ inducido por US\$ PIB directo)	(veces)
2008	25.230	7.669	3.675	11.345	0,45	x 1,45
2009	22.639	8.058	3.862	11.919	0,53	x 1,53
2010	34.765	8.964	5.532	14.495	0,42	x 1,42
2011	37.385	10.583	7.167	17.749	0,47	x 1,47
2012	33.904	11.576	10.599	22.175	0,65	x 1,65
2013	30.831	12.228	11.054	23.282	0,76	x 1,76
2014	28.442	11.539	10.607	22.146	0,78	x 1,78
2015	20.918	10.770	7.885	18.655	0,89	x 1,89
2016	20.171	10.361	6.710	17.071	0,85	x 1,85
2017	26.767	10.907	7.012	17.919	0,67	x 1,67
2018	26.278	13.182	7.880	21.062	0,80	x 1,8
2019	22.956	12.908	9.183	22.091	0,96	x 1,96

Fuente: Cochilco

La Tabla N° 2 resume los efectos inducidos considerados en este estudio, para dimensionar el valor del PIB que se crea por cada unidad monetaria del PIB directo de la minería. Es decir, que cantidad de dólares o pesos (ya que el efecto multiplicador es neutral a la unidad de medida), se genera por cada unidad de PIB directo.

Otra forma de visualizar el efecto multiplicador en la Tabla N° 2 es a través de la columna que indica el número de veces que el PIB minero directo se incrementa al considerar el efecto inducido.

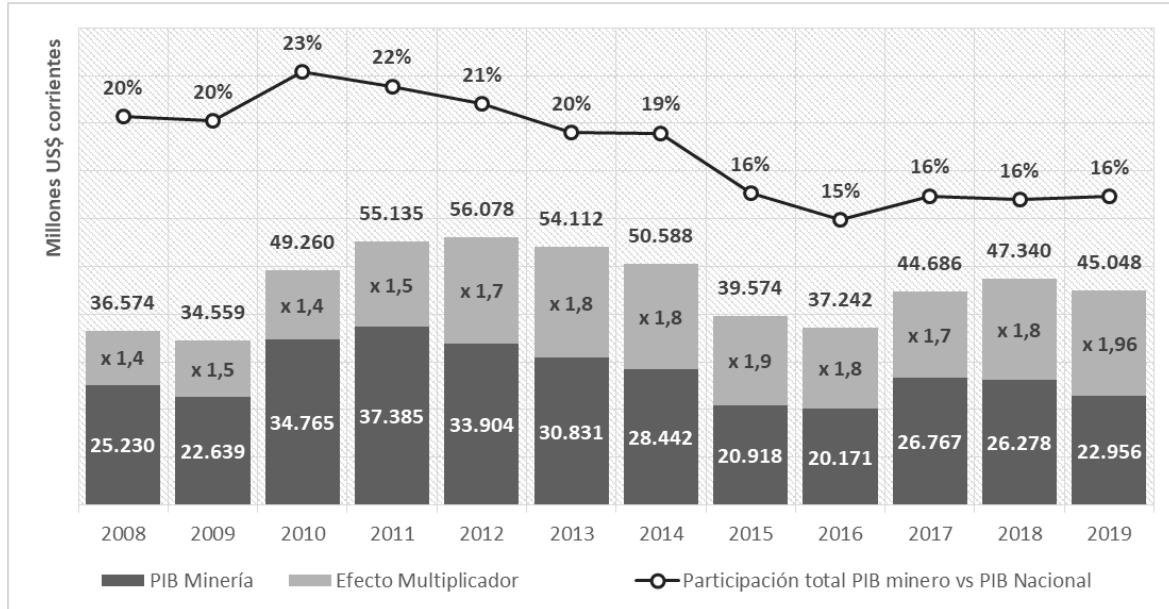
Así, por ejemplo, en el año 2008 por cada dólar de PIB directo que generó la actividad minera logró inducir 0,45 dólares de PIB indirecto.

El multiplicador ha tenido una tendencia creciente, aumentando hasta el año 2015, luego cae en los años 2016 y 2017 y posteriormente retoma el crecimiento. Las razones de estas variaciones pueden estar dadas tanto por los cambios en la estructura productiva de la actividad, como por el efecto de cambios en los precios relativos dentro de los bienes e insumos en los que se encadena la actividad.

La Figura N° 6 se presenta la evolución del efecto multiplicador (veces) de la minería producto de los encadenamientos productivos y su participación en el PIB nacional.



Figura N° 6: PIB de la Minería y efecto Multiplicador



Fuente: Cochilco

En términos promedio, el 59% del efecto inducido es atribuible al consumo intermedio y el 41% restante a las inversiones.

Otra forma de visualizar los resultados es descomponer los efectos multiplicadores por actividad económica.

La Tabla N° 3 resume los efectos inducidos por actividad económica que se genera por el consumo intermedio. Por lejos la actividad económica donde se produce el mayor encadenamiento por consumo intermedio es la intermediación financiera y los servicios empresariales. La preponderancia de la minería en dicha industria se ha ido acrecentando en el periodo analizado, ya que su efecto inductor alcanzó los US\$ 0,231 por dólar de PIB directo en el 2019. Cabe señalar que la intermediación financiera se refiere a los productos y servicios ofrecidos por las entidades financieras y los servicios empresariales, tales como las consultorías.

Mucho más atrás le sigue el sector electricidad, gas, agua y gestión de desechos, que presenta un efecto de US\$ 0,083 por dólar de PIB directo (promedio periodo 2014-2019), y que también ha aumentado su efecto inducido, pasando de \$0,052 en el 2008 a US\$ 0,104 en el 2019 por dólar de PIB directo minero.

Una tercera línea de industrias se ve inducidas por la actividad minera en un rango relativamente similar: industria manufacturera; comercio, hoteles y restaurantes; y transporte, comunicaciones y servicios de información. Las tres industrias presentan un efecto inducido que totaliza los US\$ 0,154 por dólar de PIB directo (promedio periodo 2014-2019).

En el otro extremo hay dos industrias que se ven inducidas marginalmente por la minería: administración pública y servicios personales. Para el primer caso se refiere a, por ejemplo, el gasto del gobierno central, municipalidades, fuerzas de orden y seguridad, etc. Por otro lado, los servicios personales incluyen actividades tales como la educación, salud pública y privada.



Tabla N° 3: Efectos inducidos consumo intermedio y multiplicador PIB minero (US\$ inducido por US\$ PIB directo)

	Agropecuario-silvícola y Pesca	Minería	Industria manufacturera	Electricidad, gas, agua y gestión de desechos	Construcción	Comercio, hoteles y restaurantes	Transporte, comunicaciones y servicios de información	Intermediación financiera y servicios empresariales	Servicios inmobiliarios y de vivienda	Servicios personales	Administración pública	Total
2008	0,009	-	0,044	0,052	0,003	0,036	0,028	0,125	-0,000	0,005	0,001	0,304
2009	0,011	-	0,052	0,065	0,003	0,037	0,030	0,151	-	0,006	0,001	0,356
2010	0,007	-	0,036	0,047	0,002	0,027	0,022	0,111	-	0,004	0,001	0,258
2011	0,008	-	0,038	0,050	0,002	0,030	0,021	0,128	-	0,004	0,001	0,283
2012	0,009	-	0,044	0,054	0,003	0,037	0,027	0,162	-	0,005	0,001	0,341
2013	0,010	-	0,051	0,060	0,003	0,044	0,032	0,190	-	0,006	0,001	0,397
2014	0,011	-	0,045	0,056	0,004	0,040	0,045	0,184	0,015	0,003	0,003	0,406
2015	0,013	-	0,056	0,087	0,005	0,047	0,061	0,222	0,017	0,003	0,004	0,515
2016	0,012	-	0,048	0,090	0,005	0,049	0,061	0,224	0,017	0,003	0,004	0,514
2017	0,009	-	0,035	0,072	0,004	0,040	0,045	0,182	0,014	0,003	0,004	0,407
2018	0,013	-	0,052	0,087	0,002	0,052	0,063	0,207	0,016	0,004	0,006	0,502
2019	0,015	-	0,057	0,104	0,002	0,056	0,070	0,231	0,017	0,005	0,006	0,562
Promedio	0,011	-	0,047	0,069	0,003	0,041	0,042	0,176	0,008	0,004	0,003	
Promedio (2014-2019)	0,012	-	0,049	0,083	0,003	0,047	0,058	0,208	0,016	0,003	0,005	0,484

Fuente: Cochilco

A continuación, en la Tabla N° 4 se resumen los efectos inducidos por actividad económica generada por la inversión minera (formación bruta de capital fijo), la cual incluye los efectos inducidos generados a partir de la industria manufacturera, construcción, intermediación financiera y los servicios empresariales⁴.

Al igual que en el caso anterior, la intermediación financiera y servicios empresariales juegan un rol relevante en los encadenamientos con US \$0,122 por dólar de PIB directo. Sin embargo, la construcción es el que genera el mayor encadenamiento, en especial al considerar la porción del PIB directo de dicho sector que es atribuible a la inversión minera. En una posición muy secundaria se ubican la industria manufacturera; comercio, hoteles y restaurantes; y transporte, comunicaciones y servicios de información que en conjunto totalizan US\$ 0,059 por dólar de PIB directo, respectivamente (promedio periodo 2014-2019).

Al igual que en el análisis para las compras intermedias, la administración pública y servicios personales son industrias inducidas marginalmente por la inversión minera.

⁴ En el periodo 2008-2013, la nomenclatura de las MIP publicadas por el Banco Central de Chile consideraban a las industrias intermediación financiera y los servicios empresariales como parte de un mismo código.



Tabla N° 4: Efectos inducidos en inversión y multiplicador PIB minero (US\$ inducido por US\$ PIB directo)

	Agropecuario-silvícola y Pesca	Minería	Industria manufacturera	Electricidad, gas, agua y gestión de desechos	Construcción	Comercio, hoteles y restaurantes	Transporte, comunicaciones y servicios de información	Intermediación financiera y servicios empresariales	Servicios inmobiliarios y de vivienda	Servicios personales	Administración pública	Total
2008	0,003	-	0,016	0,002	0,069	0,008	0,004	0,043	-0,000	0,001	0,000	0,146
2009	0,004	-	0,019	0,002	0,087	0,008	0,004	0,045	-	0,001	0,000	0,171
2010	0,003	-	0,016	0,002	0,084	0,008	0,004	0,041	-	0,001	0,000	0,159
2011	0,004	-	0,019	0,002	0,093	0,009	0,004	0,059	-	0,001	0,000	0,192
2012	0,006	-	0,030	0,003	0,156	0,014	0,007	0,094	-	0,002	0,000	0,313
2013	0,007	-	0,035	0,004	0,179	0,016	0,008	0,108	-	0,002	0,000	0,359
2014	0,009	-	0,036	0,004	0,148	0,016	0,013	0,140	0,006	0,001	0,000	0,373
2015	0,008	-	0,037	0,005	0,151	0,016	0,014	0,138	0,006	0,001	0,001	0,377
2016	0,007	-	0,031	0,004	0,137	0,014	0,012	0,120	0,005	0,001	0,001	0,333
2017	0,006	-	0,023	0,003	0,108	0,012	0,009	0,095	0,004	0,001	0,000	0,262
2018	0,006	-	0,025	0,004	0,127	0,014	0,014	0,102	0,006	0,001	0,001	0,300
2019	0,009	-	0,033	0,006	0,170	0,018	0,018	0,137	0,008	0,002	0,001	0,400
Promedio	0,006	-	0,027	0,003	0,126	0,013	0,009	0,094	0,003	0,001	0,000	
Promedio (2014-2019)	0,008	-	0,031	0,004	0,140	0,015	0,013	0,122	0,006	0,001	0,001	0,341

Fuente: Cochilco

5.5 Efectos inducidos PIB Minería del Cobre

La Tabla N° 5 resume la evolución de la participación de la minería del cobre en el PIB del sector, la cual se mantiene relativamente estable y en torno al 90%, aunque en los últimos periodos ha tendido a decrecer.

Tabla N° 5: Participación Minería del Cobre en PIB Minero

	<i>PIB Minería (MMUS\$)</i>	<i>Minería del Cobre (MMUS\$)</i>	<i>Participación (%)</i>
2008	25.230	23.012	91,2%
2009	22.639	20.815	91,9%
2010	34.765	32.055	92,2%
2011	37.385	33.337	89,2%
2012	33.904	30.040	88,6%
2013	30.831	27.220	88,3%
2014	28.442	25.862	90,9%
2015	20.918	19.007	90,9%
2016	20.171	17.736	87,9%
2017	26.767	24.130	90,1%
2018	26.278	23.382	89,0%
2019	22.956	20.410	88,9%

Fuente: Cochilco

Aplicando la metodología utilizada en el capítulo anterior, se procedió a evaluar las MIP 111x111 con el objeto de determinar los encadenamientos de la minería del Cobre. Debido a alta preponderancia de la minería del cobre en el PIB sectorial, los encadenamientos presentan un comportamiento relativamente similar al exhibido por el sector minero en su conjunto.

Por otro lado, debido a la mayor apertura de información que entregan las MIP 111 x 111, se puede acceder a una mayor desagregación de los efectos inducidos.

La Tabla N° 6 resume los efectos inducidos de la Minería el Cobre.

Tabla N° 6: Efectos inducidos y sus multiplicadores, PIB minería del Cobre

	PIB Directo Minería del Cobre	PIB Indirecto Consumo Intermedio (1)	PIB Indirecto Inversión (2)	PIB Inducido Minería del Cobre (1+2)	Multiplicador PIB minero	
					(US\$ inducido por US\$ PIB directo)	(veces)
2008	23.012	6.162	3.378	9.540	0,41	x 1,4
2009	20.815	6.742	3.593	10.335	0,50	x 1,5
2010	32.055	7.643	4.661	12.303	0,38	x 1,4
2011	33.337	8.959	5.942	14.901	0,45	x 1,4
2012	30.040	9.797	7.862	17.658	0,59	x 1,6
2013	27.220	10.195	7.859	18.054	0,66	x 1,7
2014	25.862	9.368	6.184	15.551	0,60	x 1,6

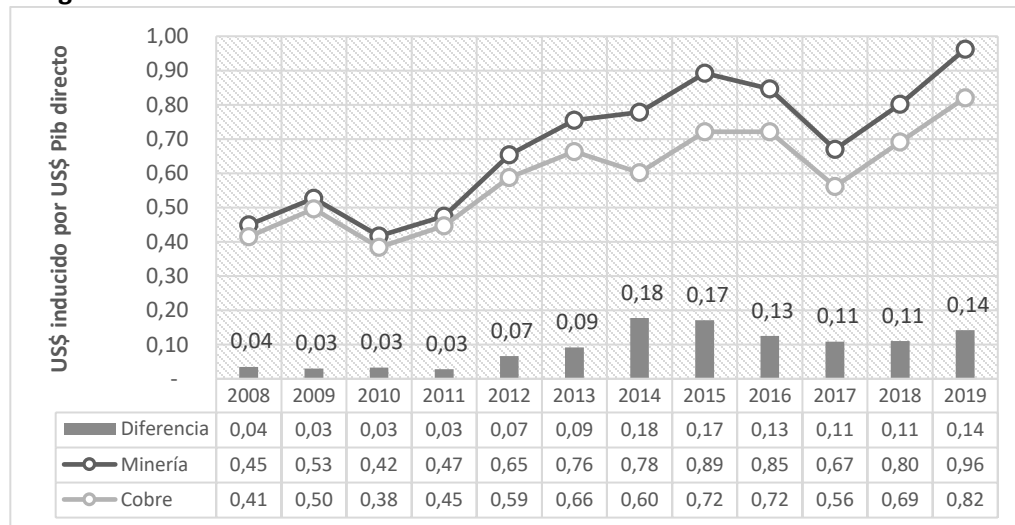
Medición de Encadenamientos productivos de la industria minera en Chile

	PIB Directo Minería del Cobre	PIB Indirecto Consumo Intermedio (1)	PIB Indirecto Inversión (2)	PIB Inducido Minería del Cobre (1+2)	Multiplicador PIB minero	
					(US\$ inducido por US\$ PIB directo)	(veces)
2015	19.007	9.110	4.591	13.701	0,72	x 1,7
2016	17.736	8.885	3.908	12.793	0,72	x 1,7
2017	24.130	9.441	4.098	13.540	0,56	x 1,6
2018	23.382	11.494	4.662	16.155	0,69	x 1,7
2019	20.410	11.291	5.457	16.748	0,82	x 1,8

Fuente: Cochilco

Comparativamente, el efecto multiplicador PIB del sector minería, en su conjunto, es superior que el efecto que ejerce la minería del cobre sobre otras actividades económicas. La Figura N° 7, muestra como ha variado la diferencia entre ambos efectos inducidos, pudiendo apreciarse que dicha diferencia aumentó en el periodo 2014-2015, para luego reducirse hasta el año de la última medición (2019).

Figura N° 7: Diferencia entre efecto inducido de la Minería vs Minería del Cobre



Fuente: Cochilco.

Contrario a lo que se puede intuir, lo anterior puede ser un indicio de que las actividades mineras, tales como el molibdeno y sus concentrados, hierro, oro, plata y otros metalíferos no ferrosos y minerales no metálicos, estarían generando un importante efecto inductor, a pesar de que su conjunto dichos sectores representan un 11% del PIB directo de la minería.

A continuación se presentan los efectos inducidos de las compras intermedias que genera la minería del cobre por actividad económica.

Tabla N° 7: Efectos inducidos consumo intermedio y multiplicador PIB minería del Cobre (US\$ inducido por US\$ PIB directo)

	Agropecuario-silvícola y Pesca	Minería	Industria manufacturera	Electricidad, gas, agua y gestión de desechos	Construcción	Comercio, hoteles y restaurantes	Transporte, comunicaciones y servicios de información	Intermediación financiera y servicios empresariales	Servicios inmobiliarios y de vivienda	Servicios personales	Administración pública	Total
2008	0,001	0,005	0,040	0,046	0,001	0,035	0,025	0,110	0,000	0,004	0,001	0,268
2009	0,002	0,005	0,052	0,059	0,001	0,036	0,027	0,136	-	0,004	0,001	0,324
2010	0,001	0,003	0,037	0,043	0,001	0,027	0,020	0,101	-	0,003	0,001	0,238
2011	0,001	0,004	0,041	0,046	0,001	0,031	0,020	0,120	-	0,003	0,001	0,269
2012	0,002	0,006	0,048	0,051	0,001	0,037	0,025	0,151	-	0,004	0,001	0,326
2013	0,002	0,006	0,056	0,058	0,001	0,044	0,028	0,175	-	0,004	0,001	0,375
2014	0,002	0,003	0,076	0,018	0,002	0,037	0,034	0,143	0,011	0,005	0,031	0,362
2015	0,003	0,003	0,120	0,024	0,002	0,044	0,047	0,176	0,014	0,007	0,040	0,479
2016	0,003	0,004	0,123	0,024	0,002	0,048	0,048	0,184	0,014	0,008	0,043	0,501
2017	0,002	0,003	0,092	0,019	0,002	0,039	0,035	0,146	0,012	0,006	0,035	0,391
2018	0,003	0,005	0,113	0,029	0,000	0,050	0,053	0,173	0,015	0,010	0,041	0,492
2019	0,003	0,006	0,130	0,037	0,000	0,055	0,059	0,193	0,016	0,010	0,045	0,553
Promedio	0,002	0,004	0,077	0,038	0,001	0,040	0,035	0,151	0,007	0,006	0,020	
Promedio (2014-2019)	0,003	0,004	0,109	0,025	0,001	0,045	0,046	0,169	0,014	0,008	0,039	

Fuente: Cochilco

Los efectos inducidos del consumo intermedio de la minería del cobre se concentran en las industrias intermediación financiera y servicios empresariales y en la industria manufacturera, los que en conjunto totalizan un efecto inducido de US\$ 0,278 por US\$ de PIB directo. En una segunda línea figuran las industrias transporte, comunicaciones y servicios de información; comercio y la administración pública con efectos que suman US\$ 0,130 por US\$ de PIB directo de la minería.

En el otro extremo, las industrias que se ven poco inducidas por las compras intermedias de la minería del cobre son: agroindustria- silvícola, pesca y la construcción.

Otra forma de visualizar los impactos, es a través del porcentaje que representa cada industria respecto del efecto inducido total generado a partir de las compras intermedias de la minería del cobre, utilizando las glosas de 111 actividades.



Figura N° 8: Principales industrias inducidas (Compras Intermedias Minería del Cobre año 2019)



Fuente: Cochilco

Existen actividades que se ven inducidas en mayor medida que el resto. La suma de las actividades de arquitectura e ingeniería, generación y transmisión eléctrica representan el 31% del efecto inducido generado por la minería del cobre a partir de las compras intermedias.

Por otro lado, los efectos inducidos de las inversiones que genera la minería del cobre por actividad económica son los siguientes:

Tabla N° 8: Efectos inducidos inversión y multiplicador PIB minería del Cobre por producto (US\$ inducido por US\$ PIB directo)

	Agropecuario-silvícola y Pesca	Minería	Industria manufacturera	Electricidad, gas, agua y gestión de desechos	Construcción	Comercio, hoteles y restaurantes	Transporte, comunicaciones y servicios de información	Intermediación financiera y servicios empresariales	Servicios inmobiliarios y de vivienda	Servicios personales	Administración pública	Total
2008	0,000	0,003	0,015	0,002	0,076	0,008	0,005	0,038	0,000	0,001	0,000	0,147
2009	0,001	0,003	0,019	0,002	0,094	0,008	0,005	0,041	-	0,001	0,000	0,173
2010	0,000	0,002	0,014	0,002	0,079	0,007	0,004	0,036	-	0,001	0,000	0,145
2011	0,001	0,003	0,018	0,002	0,087	0,008	0,005	0,055	-	0,001	0,000	0,178
2012	0,001	0,004	0,025	0,002	0,135	0,011	0,007	0,076	-	0,001	0,000	0,262
2013	0,001	0,004	0,030	0,002	0,145	0,012	0,008	0,085	-	0,001	0,000	0,289
2014	0,001	0,004	0,032	0,001	0,103	0,014	0,009	0,065	0,007	0,001	0,004	0,239
2015	0,001	0,003	0,031	0,001	0,106	0,013	0,010	0,064	0,007	0,001	0,004	0,242
2016	0,001	0,004	0,028	0,001	0,099	0,012	0,008	0,057	0,006	0,001	0,004	0,220
2017	0,001	0,003	0,021	0,001	0,076	0,009	0,006	0,045	0,005	0,001	0,003	0,170
2018	0,000	0,003	0,024	0,001	0,097	0,010	0,009	0,046	0,004	0,001	0,003	0,199
2019	0,001	0,004	0,031	0,002	0,130	0,014	0,012	0,061	0,006	0,002	0,005	0,267
Promedio	0,001	0,003	0,024	0,002	0,102	0,011	0,007	0,056	0,003	0,001	0,002	
Promedio (2014-2019)	0,001	0,004	0,028	0,001	0,102	0,012	0,009	0,056	0,006	0,001	0,004	

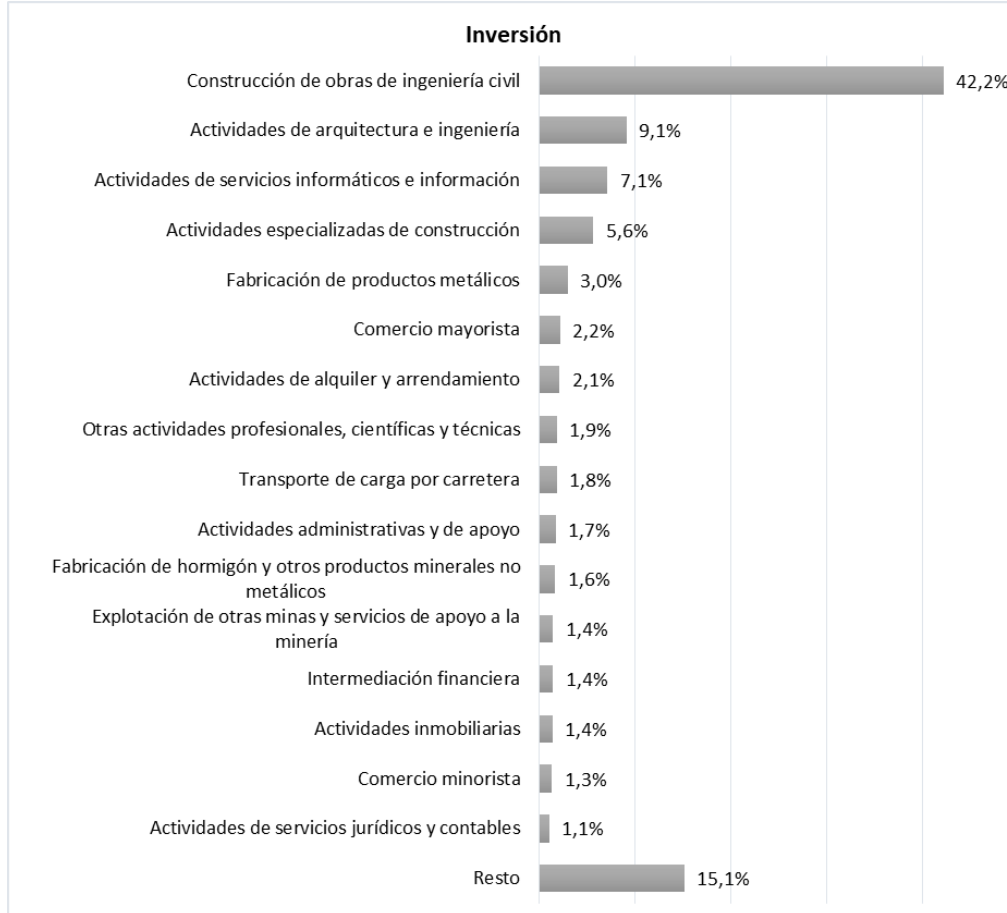
Fuente: Cochilco

El efecto inducido generado en la construcción, en gran medida corresponde a la porción del PIB directo de dicho sector atribuido a la minería y corresponde a US\$ 0,102 por US\$ de PIB directo. En una segunda línea, los efectos inducidos de la inversión en la minería del cobre se concentran en las industrias intermediación financiera y servicios empresariales e industria manufacturera, cuyos efectos totalizan US\$ 0,084 por US\$ de PIB directo. Mucho más atrás figuran las industrias comercio, hoteles y restaurantes; y transporte, comunicaciones y servicios de información, cuyos efectos suman US\$ 0,021 por US\$ de PIB directo de la minería del cobre.

En el otro extremo, las industrias que se ven menos inducidas a raíz de la inversión en la minería del cobre son: agroindustria- silvícola y pesca; electricidad, gas, agua y gestión de desechos; y servicios personales.

Al igual que para el caso de las compras intermedias, otra forma de visualizar los impactos, es a través del porcentaje que representa cada industria respecto del efecto inducido total generado a partir de las inversiones de la minería del cobre, utilizando las glosas de 111 actividades.



Medición de Encadenamientos productivos de la industria minera en Chile**Figura N° 9: Principales industrias inducidas (Inversiones Minería del Cobre año 2019)**

Fuente: Cochilco

Por si solo, las actividades de construcción de obras de ingeniería civil representan el 42% del efecto inducido generado por las inversiones de la minería del cobre. Le siguen en relevancia las actividades especializadas de construcción; servicios informáticos e información; y arquitectura e ingeniería que en conjunto representan un 22% del efecto inducido.



6 Comentarios finales

Al igual que en las entregas precedentes, este trabajo propone una metodología basada en información completa y validada para la determinación de los efectos inducidos que se producen por la compra de bienes y servicios necesarios para la producción de bienes mineros en Chile y, por otro, para la actividad minera en su proceso de inversiones.

Mediante el cálculo de los índices de Rasmussen-Hirschman, se determinó que durante el periodo 2008-2019, el sector minero se desplazó desde el cuadrante que agrupa a los sectores independientes hacia el de los sectores impulsores. Es decir, la minería fortaleció su efecto de arrastre, convirtiéndose en un dinamizador de la economía a partir del año 2015. Sin embargo, mantiene un bajo encadenamiento hacia adelante.

En cuanto a los efectos multiplicadores de la minería como sector, se mantiene la tendencia creciente, observada en las versiones de años anteriores. Entre los años 2008 y 2019, el efecto inductor del PIB minero pasó de US\$ 0,45 a 0,96 por US\$ de PIB directo, es decir, el multiplicador de la minería apunta a igualar al PIB sectorial en los próximos años.

En términos promedio, el 59% del efecto inducido es atribuible al consumo intermedio y el 41% restante a las inversiones.

El sector que presenta una mayor inducción a partir de la compra de bienes y servicios para la producción de bienes mineros son la intermediación financiera y los servicios empresariales. La preponderancia de la minería en dicha industria se ha acrecentado durante el periodo analizado, ya que su efecto inducido alcanzó los US\$ 0,231 por dólar de PIB directo en el 2019.

En el otro extremo hay dos industrias se ven inducidas marginalmente por la minería: administración pública y servicios personales.

Al analizar por separado el sector de la minería del cobre, las actividades de arquitectura e ingeniería, generación y transmisión eléctrica representan el 31% del efecto inducido generado por la minería del cobre a partir de las compras intermedias. Por otro lado, la construcción de obras de ingeniería civil representa, por sí sola, el 42% del efecto inducido generado por las inversiones de la minería del cobre.

Un aspecto a considerar es el efecto multiplicador de las actividades que abarcan la minería no cobre. Contrario a lo que se podría pensar y a pesar de su relativamente baja participación en el PIB sectorial, todo parece indicar que el efecto multiplicador es relevante. Como se trata de un subgrupo que abarca distintos tipos de minería, da pie para que sea analizado con mayor detalle.

Tal como se mencionó en los alcances de este estudio, la metodología no considera todos los efectos multiplicadores de la actividad minera en la economía chilena. Por tal razón, puede que los resultados sean conservadores al no considerar otras variables. La factibilidad de dimensionar los efectos multiplicadores faltantes está supeditada a la formulación de metodologías y disponibilidad de información.



7 Referencias

- Aroca, Patricio. *Impacto en la minería en la II Región*. Santiago: Dolmen Ediciones, 2002.
- Banco Central de Chile. «Cuentas Nacionales, 2008 al 2019.» *Banco Central de Chile*. s.f. <https://www.bcentral.cl/web/banco-central/cuentas-nacionales-anuales-excel>.
- Durán Lima, José, y Santacruz Banacloche. “Análisis económicos a partir de matrices de insumo-producto: definiciones, indicadores y aplicaciones para América Latina”. Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2021.
- Eurostat. *Eurostat Manual of Supply, Use and Input-Output Tables*. 2008.
- Leontief, Wassily. «Structure of the world economy. Outline of a Simple Input-Output Formulation.» *The Swedish Journal of Economics*, 1974.
- Miller, Ronald E., y Peter D. Blair. *Input-Output Analysis - Foundations and Extensions*. Cambridge University Press, 2009.
- Schuschny, Andres. «Tópicos sobre el modelo de Insumo-producto: Teoría y aplicaciones.» *Cepal. Serie Estudios Estadísticos y Prospectivos, División de Estadísticas*, 2005.
- United Nations. *Handbook of Input-Output Table Compilation and Analysis*. New York, 1999.



Anexo Metodológico

El modelo Insumo-Producto y su aplicación a la economía chilena para la estimación de efectos indirectos en el PIB.

Una matriz insumo-producto es una representación simplificada de una economía. Ésta muestra, a través de un conjunto de interrelaciones, la estructura de la generación y uso de la oferta de bienes y servicios para un periodo determinado.

Dentro de estas interrelaciones económicas es común que las diferentes actividades produzcan bienes finales con distintas clasificaciones. En efecto, la industria minera además de minerales también produce bienes industriales (ácido sulfúrico, por ejemplo) o servicios de maquila. Esta situación, si bien refleja el verdadero comportamiento de la economía, genera un problema para el análisis matricial, ya que para poder operar con matrices se requiere que éstas sean simétricas. Dado esto, y de acuerdo a la hipótesis de homogeneidad (Schuschny 2005), la aplicación de esta metodología requiere suponer la no existencia de producciones secundarias. Algebraicamente, lo anterior supone un desplazamiento o reasignación de estas producciones fuera de la diagonal.

Existen distintas formas de reasignar producción, pero específicamente para el caso de las matrices de Chile publicadas por el Banco Central, se utiliza el criterio llamado tecnología actividad. Esta metodología, supone que la producción atípica de un sector se incorpora como producción principal del sector correspondiente, pero manteniendo la estructura de costos de la industria que efectivamente realizó la producción. Por ejemplo, la producción secundaria de ácido sulfúrico de la minería del cobre corresponde a producción de un bien industrial, por lo tanto se resta como ingreso y como costo del sector minero. En contrapartida, estos ingresos y costos son imputados en la actividad industrial. No así con la producción secundaria de molibdeno, oro o plata de la minería del cobre que sigue siendo producto minero.

Luego de realizados los ajustes y reasignaciones correspondientes, se obtienen nuevas estructuras productivas, donde cada producción nacional está asociada a una única industria. Para el caso puntual de este trabajo, utilizamos las matrices ajustadas y publicadas por el Banco Central.

Si suponemos que existen “n” sectores económicos interrelacionados entre sí y que la producción de cada sector, puede venderse en el mercado de productos intermedios o como producto final, el destino de la producción del sector i-ésimo puede representarse como:

$$X_i = X_{i1} + X_{i2} + \dots + X_{in} + C_i + I_i + G_i + N_i + E_i \quad (1)$$

donde,

- X_i es el valor de la producción doméstica del sector i-ésimo, con $i = 1, 2, \dots, n$.
- X_{ik} corresponde al valor de la producción doméstica que el sector i-ésimo le vende al sector k-ésimo.
- C_i es el valor de la producción doméstica del sector i-ésimo que es vendido como consumo por los residentes locales.
- I_i es el valor de la producción doméstica del sector i-ésimo que es vendida como inversión a los residentes locales (Formación Bruta de Capital Fijo).
- G_i es el valor de la producción doméstica del sector i-ésimo que es vendida al sector público.
- N_i es el valor de la producción doméstica del sector i-ésimo que es destinada a inventarios.
- E_i es el valor de la producción doméstica del sector i-ésimo que es vendida al resto del mundo.

Si agrupamos los componentes de la demanda:



$$Y_i = C_i + I_i + G_i + N_i + E_i \quad (2)$$

Podemos rescribir la ecuación (1) como sigue:

$$X_i = \sum_{k=1}^n X_{ik} + Y_i, \text{ con } 1 \leq i \leq n \quad (3)$$

De la ecuación (3) se desprende que la producción total del bien o servicio X_i se puede dividir en demanda intermedia del producto i por la actividad k , (X_{ik}) y demanda final del producto i , (Y_i).

Otro supuesto básico del modelo, es que se debe cumplir la condición básica de equilibrio de mercados, vale decir, que la oferta total por el producto i -ésimo es igual a la demanda total (intermedia y final) por este:

$$X_1 = X_{11} + X_{12} + X_{13} + \dots + X_{1n} + Y_1$$

$$X_2 = X_{21} + X_{22} + X_{23} + \dots + X_{2n} + Y_2$$

...

$$X_n = X_{n1} + X_{n2} + X_{n3} + \dots + X_{nn} + Y_n$$

Si denotamos como H a la matriz cuyos elementos son $H_{ik} = X_{ik}$; X el vector columna cuyos elementos son los X_i , Y el vector columna con los componentes de la demanda y con $|1|$ el vector columna de unos. La expresión anterior la podemos resumir como:

$$X = H * |1| + Y \quad (4)$$

Un supuesto importante del modelo es que los insumos comprados por cada sector son sólo función del nivel de producción de esa industria. De esta manera, la cantidad de insumos varía en la misma proporción en que varía la producción. Es decir, tal como plantea Schuschny (2005), se asume la hipótesis de proporcionalidad estricta, lo que implica que la composición de los productos dentro de cada industria es fija. De esta manera los coeficientes de producción se asumen constantes, ya que se supone que el nivel de producción que el sector i -ésimo vende al sector j -ésimo es una proporción fija del nivel de producción de este último. Esto es:

$$X_{ik} = \alpha_{ik} * X_k, \text{ con } 1 \leq i \leq n; 1 \leq k \leq n \quad (5)$$

Donde α_{ik} representa el coeficiente técnico.

Considerando que para producir una cierta cantidad de producto i se requiere una determinada combinación de factores, su oferta total se puede reescribir como:

$$X_1 = \alpha_{11} X_1 + \alpha_{12} X_2 + \dots + \alpha_{1n} X_n + Y_1$$

$$X_2 = \alpha_{21} X_1 + \alpha_{22} X_2 + \dots + \alpha_{2n} X_n + Y_2$$

...

$$X_n = \alpha_{n1} X_1 + \alpha_{n2} X_2 + \dots + \alpha_{nm} X_n + Y_n$$

Matricialmente podemos definir A como la matriz de requerimientos directos α_{ik} , y sus elementos indican la proporción en la que cada insumo es demandado para generar una unidad de producto, la expresión anterior es equivalente a:

$$X = AX + Y \quad (6)$$

Aplicando álgebra matricial, obtenemos:



$$X = (I - A)^{-1} Y \quad (7)$$

La expresión $(I - A)^{-1}$ corresponde a la matriz inversa de Leontief o de requerimientos totales (directos e indirectos).

Definiendo $B = (I - A)^{-1}$ y a cada elemento β_{ik} como la cantidad adicional de producto i demandado por la actividad k ante un cambio de una unidad en la demanda final.

De esta forma, los elementos β_{ik} de la matriz inversa, capturan - en un mismo número - tanto los efectos directos como los indirectos que se observan sobre el i -ésimo sector, cuando la demanda final del sector k -ésimo cambia en una pequeña magnitud. Esto es así, porque el producto de cada sector afectado deberá impactar no sólo sobre sí mismo, sino que también en los demás sectores que lo utilizan como insumo.

Haciendo uso de las propiedades de las series geométricas, podemos escribir:

$$(I - A)^{-1} \Delta Y = \Delta Y + A \Delta Y + A^2 \Delta Y + A^3 \Delta Y + \dots + A^n \Delta Y + \dots = \sum_{j=1}^{\infty} A^j \Delta Y \quad (8)$$

Es decir, que el aumento inicial de la producción total es gatillado por un cambio en la demanda final, vale decir, por ΔY . Sin embargo, para que ΔY sea producido, se requiere una cierta cantidad de insumos, $A \Delta Y$ (segunda ronda). Pero, para poder satisfacer $A \Delta Y$, se requiere nuevamente de producción adicional, $A * A \Delta Y = A^2 \Delta Y$ (tercera ronda), y así sucesivamente. Luego, la ecuación (8) muestra la cantidad de producto total que se requiere en la economía ante un pequeño cambio en la demanda final.

Por lo tanto, a partir de esta ecuación distinguimos los dos tipos de efectos que interesa analizar. Los efectos directos son aquellos que se observan inmediatamente después del cambio en la demanda final, lo que provoca un cambio de igual magnitud en la oferta de producto. Lo anterior se refleja en que los elementos de la diagonal de la matriz B (inversa de Leontief) son siempre iguales o mayores que la unidad. Los efectos indirectos se observan una vez que ya se han disipado los efectos directos. Esto último, porque esta mayor demanda de insumos provoca un nuevo aumento en la producción, que se traduce en un nuevo incremento de la demanda por insumos.

A modo de ejemplo, en la tabla N°A1 se muestra la matriz inversa de Leontief para Chile con datos del 2008. Se observa, por ejemplo, que para incrementar en una unidad la producción final de la industria minera (actividad 3), se requiere de 1,1211 unidades de insumos provenientes de la propia industria, de la cual 1,00 se destina al consumo final (exportación, por ejemplo) y 0,1211 se destinan a la producción de más productos mineros como insumos intermedios.



Tabla A1: Matriz de coeficientes directos e indirectos 2008

(Matriz inversa de Leontief)

Fuente: Banco Central de Chile

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1,180	0,062	0,011	0,118	0,019	0,031	0,020	0,011	0,006	0,005	0,010	0,009
2	0,012	1,172	0,006	0,064	0,010	0,016	0,008	0,006	0,003	0,003	0,004	0,003
3	0,024	0,030	1,121	0,056	0,013	0,026	0,011	0,007	0,007	0,005	0,005	0,004
4	0,229	0,646	0,109	1,254	0,202	0,317	0,151	0,115	0,052	0,056	0,084	0,063
5	0,047	0,055	0,115	0,073	1,667	0,034	0,052	0,033	0,024	0,014	0,048	0,056
6	0,005	0,007	0,003	0,005	0,016	1,004	0,012	0,009	0,007	0,165	0,011	0,033
7	0,094	0,117	0,047	0,080	0,047	0,100	1,097	0,081	0,040	0,019	0,051	0,034
8	0,059	0,110	0,048	0,082	0,059	0,054	0,160	1,209	0,050	0,013	0,037	0,054
9	0,171	0,186	0,115	0,166	0,092	0,178	0,296	0,174	1,248	0,090	0,134	0,108
10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000
11	0,007	0,013	0,004	0,010	0,006	0,006	0,014	0,007	0,010	0,001	1,042	0,018
12	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,004	0,004	0,001	0,000	0,002	1,004
Total	1,829	2,400	1,581	1,909	2,133	1,766	1,824	1,657	1,447	1,371	1,429	1,387

Fuente: Banco Central de Chile

Efecto inducido de compras intermedias

Corresponde al valor agregado de aquellas actividades inducidas por la actividad minera a raíz de la compra de bienes y servicios para la producción de bienes mineros en Chile.

Para la determinación del efecto inducido de las compras intermedias en la minería, se supone que toda la producción minera se exporta. Por lo tanto, basado en dicho supuesto y según se detalla en (Durán Lima y Banacloche 2021), el valor agregado doméstico total, directo e indirecto (VADt), contenido en las exportaciones brutas de un país queda plasmado en la siguiente fórmula:

$$VADt = \sum_{i,j=1}^N \hat{V} * (I-A)^{-1} * \hat{e}$$

Del mismo modo, para el cálculo del valor agregado doméstico directo (VADd) contenido en las exportaciones brutas es calculado de la siguiente forma:

$$VADd = \sum_{i,j=1}^N \hat{V} * \hat{e}$$

Donde \hat{V} es un vector diagonalizado de los coeficientes de valor agregado por industria de origen, $(I-A)^{-1}$ es la matriz Inversa de Leontief y \hat{e} es el vector de exportaciones diagonalizado, que para nuestro análisis corresponde a la producción a precios básicos.

El efecto inducido de las compras intermedias se obtiene de restar VADd a VADt.



Para efectos de este trabajo también se descuenta el efecto indirecto correspondiente a la autoinducción que se genera en el propio sector minero. Es decir, se tiene lo siguiente:

$$\text{Efecto inducido compras intermedias (año } x) = \text{PPB}_{\text{minería}} * [\sum_{i=1}^n (I - A)^{-1}_{i, \text{minería}} * (\text{VA}_i / \text{PPB}_i)] - \text{PPB}_{\text{minería}} * (I - A)^{-1}_{\text{minería, minería}} * (\text{VA}_{\text{minería}} / \text{PPB}_{\text{minería}})$$

donde:

PPB_i = Producción Precios Básicos Actividad Económica i.

i = Actividad Económica i (con i=1,...,12).

VA_i = Valor agregado actividad económica i.

Al efecto agregado total que genera la actividad minera (directa e indirecta), por la compra de bienes y servicios en otros sectores, se resta el valor agregado (directo e indirecto) de la minería en su propio sector.

Efecto inducido por el proceso de inversiones

La formación bruta de capital fijo, expresada en moneda nacional, se desagrega en 3 actividades económicas: industria manufacturera, construcción y servicios empresariales. La inversión en la actividad económica j se obtiene de:

$$\text{Inversión}_j = \text{FBKF} * \% \text{MN}_j$$

donde:

FBKF = Formación bruta de capital fijo en la minería.

% MN_j = Porcentaje de la inversión en bienes de capital nacionales, asociada a la actividad económica j, respecto a la inversión total en la minería (con j= industria manufacturera, construcción y servicios empresariales).⁵

A partir de la inversión de la actividad económica j en la minería, se determinan los efectos inducidos, utilizando una relación similar a la aplicada para el cálculo del efecto inducido por compras intermedias:

$$\text{Efecto inducido inversión año } x, \text{ de la actividad económica } j = \text{Inversión}_j * [\sum_{i=1}^n (I - A)^{-1}_{ij} * (\text{VA}_i / \text{PPB}_i)] - \text{Inversión}_{\text{minería}} * (I - A)^{-1} * (\text{VA}_{\text{minería}} / \text{PPB}_{\text{minería}})$$

donde:

Inversión_j = Inversión de la Actividad j en el sector minero (bienes de capital nacionales).

PPB_i = Producción Precios Básicos Actividad Económica i.

i, j = Actividades económicas (j= industria manufacturera, construcción y servicios empresariales).

VA_i = Valor agregado actividad económica i.

⁵ La desagregación entre bienes de capitales nacionales e importados, por industria, se obtiene a partir de las matrices de inversión, publicadas por el Banco Central hasta el año 2012. Desde el año 2013 en adelante, se dejó de publicar dichos cuadros debido a una reestructuración en la entrega de información.



Víctor Garay Lucero

Director de Estudios y Políticas Públicas (S)

Este trabajo fue elaborado en la
Dirección de Estudios y Políticas Públicas por:

Ronald Monsalve Helfant

Analista de Mercado Minero

Francisco Donoso Rojas

Analista de Mercado Minero

Septiembre 2022

