



Medición de los Encadenamientos productivos de la industria minera en Chile

DEEPP 02/2020

Registro Propiedad Intelectual
© N° 2021-A-1027



Resumen ejecutivo

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

En términos directos la minería pondera entre un 4,6% en 1998 y un 20,7% en el año 2006 del PIB medido a moneda corriente, con un promedio entre el año 1960 y el año 2019 de 9,6%

El objetivo de este documento es mediante una metodología simple, transparente y objetiva cuantificar los impactos directos e indirectos que genera la actividad, 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 pueden ser muy variados, en este estudio se estiman los efectos inducidos por 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 esta el efecto directo, o PIB directo, del sector construcción que se genera por la actividad minera.

Los resultados muestran que, mientras que en el año 2008 la minería tenía un multiplicador del PIB por los efectos inducidos medidos de 0,41, es decir que por cada dólar de PIB directo que aporta la minería, aportó 0,41 dolares adicionales en los efectos inducidos medidos, en el año 2017 este multiplicador pasó a 0,61 y alcanzó un máximo el año 2015 con 0,89. En esta variación existe un importante componente precio, mientras los componentes del multiplicador por efecto inducido de compras intermedias e inversiones, no presentaban tan alta correlación con el precio y particularmente el efecto de las compras intermedias, que representa el mayor porcentaje del multiplicador, mostraba niveles bastante más estables.



Contenido

Resumen ejecutivo	ii
1 Introducción.....	4
2 Objetivos y alcances	5
3 Metodología y cálculos	7
3.1 Metodología de cálculo	9
4 Resultados.....	11
4.1 Efecto directo en el PIB.....	11
4.2 Efectos indirectos inducidos en el PIB	11
4.3 Análisis de efectos multiplicadores	13
5 Conclusiones	13
6 Referencias	22

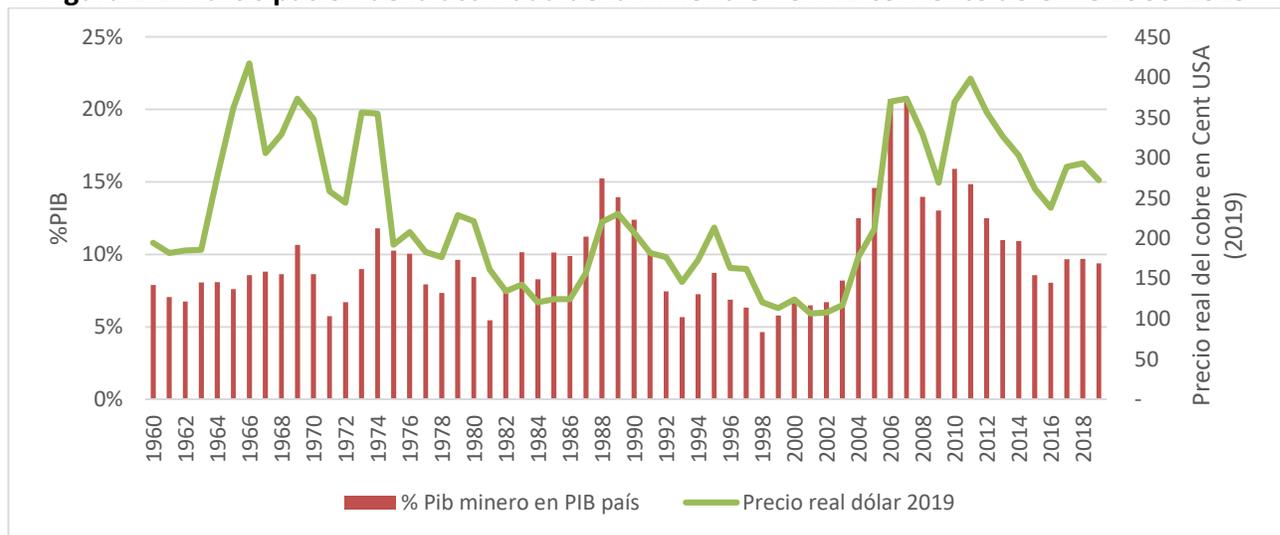


1 Introducción

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

En términos directos la minería ha ponderado en promedio un 9,6% del PIB desde el año 1960 al 2019. Con períodos como los años 2006 y 2007 dónde superó el 20% y años como 1998 donde su aporte fue apenas 4,6%.

Figura 1-1: Participación de la actividad de la minería en el PIB corriente de Chile 1960-2019



Fuente: Cochilco sobre series PIB corriente BCCH

Las fuertes fluctuaciones tienen gran parte de su explicación en los ciclos de precio del cobre, que ha sido por décadas el principal producto de la minería chilena. En promedio el cobre representa aproximadamente el 90% 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 esta actividad genera. Lo que hace necesario un indicador más completo, que es lo que se plantea en el presente estudio.

En los últimos años, COCHILCO ha realizado intentos por 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 del 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. Pero estos intentos no han tenido continuidad, lo que se pretende corregir con el presente estudio.

2 Objetivos y alcances

Como se plantea en la introducción, el objetivo de este documento es establecer una metodología simple, transparente y objetiva de 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.

En términos de alcances, estos se pueden clasificar en función de alcances estadísticos y temporales y alcances metodológicos.

En relación a los alcances estadísticos y su dimensión temporal se utilizan cuentas nacionales anuales, entregando resultados válidos para varios años. Para esta primera versión se consideran impactos directos y se estiman impactos indirectos para los años 2008 al 2017, que es el último año disponible de matriz insumo producto publicada por el Banco Central de Chile. No obstante, la metodología es ampliable para todos los años en los que existan matrices insumo producto publicadas por el Banco Central de Chile.

En términos de desagregación, se utilizan matrices nacionales agregadas a 12 productos y actividades, por lo que los resultados son válidos para el territorio completo y para la actividad minera agregada, no siendo posible hacer, a partir de estos resultados, estimaciones o interpretaciones regionales, o de una agregación geográfica o administrativa menor, así como tampoco para desagregaciones de actividad como minería del cobre, oro, hierro u otras ni tampoco por estratos productivos asociados a escalas de producción.

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 de información. No obstante, las metodologías y cálculos utilizados son perfectamente replicables de contarse con las estadísticas o estimaciones necesarias.

En términos de alcances metodológicos, en este estudio 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 semileaborados o semimanufacturados de cobre, como alambrón, tubos, laminas y otros, dentro de las fronteras del

país. En los últimos años 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 que es necesario precisar en este estudio, es el número de efectos inducidos que se consideran. De acuerdo a la disponibilidad de información del sistema de cuentas nacionales del Banco Central de 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 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. Adicionalmente se considera el valor agregado directo del sector construcción por efecto de 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.

En este estudio se estiman solamente 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:

- i. Efecto inducido por compras de trabajadores: No existe disponibilidad de información de 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 substancialmente superiores a las del promedio de la economía. De acuerdo a

las cifras de remuneraciones de la Superintendencia de Pensiones la renta imponible promedio de la actividad minera en el septiembre de 2017 fue de \$1.292.257 mensuales, mientras que el promedio del sistema fue de \$741.280, lo que implica que las rentas imponibles de la actividad minera son un 74,3% superiores al del promedio del país, lo que dado el alcance de este documento nos lleva a decidir no considerar este efecto. No obstante, se plantea la necesidad de estimar dicho efecto en estimaciones futuras.

- ii. 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 un alto porcentaje de los excedentes que forman el valor agregado salen del país como remesas. Sin embargo, en el caso de las compañías mineras de capitales chilenos este efecto debiera ser considerado, no obstante no existe un sistema de información tan robusto como el de cuentas nacionales del Banco Central de Chile que permita tener una buena estimación de dicho efecto.

- iii. 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.

Con estas exclusiones, estamos subestimando el aporte indirecto de la actividad, pero permite tener un estimador robusto de los aportes productivos, es decir asociados al proceso de producción y de inversiones de la minería. Actividades que son absolutamente atribuibles a la existencia de la actividad minera.

3 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 matrices inversas construidas sobre la Matriz Insumo Producto doméstica a precio básico actividad por actividad y construidas con el supuesto de estructuras fijas por producto, es decir, la producción secundaria se agrega a la actividad principal con la estructura de costos de la actividad principal.

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

Para los efectos inducidos por las compras a partir del proceso de inversiones, se utilizan dos estadísticas distintas generadas por el propio Banco Central.

Para los años 2008 al 2013, considerando que no hay actualizaciones de las matrices de inversión, ni estadísticas de destino de la construcción por clase de actividad económica, se utiliza como estructura la matriz de inversión publicada el año 2008, que tiene la composición que se presenta en la tabla 3-1.

Tabla 3-1: Estructura de inversiones

	Nacional	Importado	Total
Productos manufacturados	5%	37%	42%
Productos de la construcción	52%		52%
Servicios financieros y empresariales	6%	1%	7%
Otros bienes y servicios	-1%		-1%

Fuente: Banco Central de Chile, Compilación de referencia 2008.

Por lo tanto para la estimación de los encadenamientos se utiliza solamente el 57% de la Formación Bruta de Capital Fijo estimada para la actividad, que corresponde un 5% a compra de productos manufacturados y un 52% a compra de productos de la construcción, que por definición son nacionales.

Para los años 2014 al 2017, se utiliza como fuente directa de inversión en construcción los datos publicados por el banco central de inversiones en edificaciones no habitacionales y obras de ingeniería destinadas al sector cobre y otra minería, para el caso específico de la inversión en construcción. Para el caso de inversión en productos financieros se mantienen las estimaciones utilizadas y descritas para el período 2008-2013.

Es importante señalar que dentro de los efectos indirectos considerados, también se incluye el efecto directo que tiene la minería en el sector construcción, es decir el porcentaje del valor agregado del sector construcción que se destina a edificaciones y obras de ingeniería demandadas directamente por el sector de la minería.

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 la serie de tipo de cambio nominal mensual publicada por el Banco Central de Chile, y utilizando como valor anual, el promedio simple de la serie mensual.

3.1 Metodología de cálculo

La metodología utilizada se basa en las “matrices estructurales de la economía nacional” o “matrices insumo-producto”, como se le conoce de forma general a esta herramienta de análisis económico. A juicio de Leontief (1949), esta metodología tiene la ventaja de presentar una solución al problema de combinar el análisis de equilibrio general, con la preservación de una clasificación diferenciada de todos los aspectos individuales que componen el fenómeno económico. Es decir, este método de análisis posee la ventaja de incorporar de manera integrada todos los efectos, tanto directos e indirectos, provenientes de los encadenamientos productivos entre los distintos sectores de la economía.

Schuschny (2005), por su parte, destaca que el uso de matrices insumo-producto facilita el análisis de la estructura productiva de una economía, sus tendencias y cambios a través del tiempo, sin necesidad de tener que recurrir a sofisticados modelos econométricos. Ello, debido a que una vez identificados los principales flujos de producción e intercambio y los requerimientos de bienes para su uso intermedio y final, es posible conocer también la importancia relativa de cada sector, los grados de articulación y sus interrelaciones.

Dadas estas ventajas, es que para este trabajo se utiliza como método de estimación de los impactos indirectos, las matrices insumo-producto publicadas por el Banco Central de Chile.

Una matriz insumo-producto es una representación simplificada de una economía, en la cual se 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. De esta manera los insumos requeridos para producir un tipo de bien generan un efecto encadenamiento en las actividades que elaboran esos insumos.

Esta multiplicación de efectos o encadenamientos es la que Leontief desarrolla de manera algebraica, para llegar finalmente a una matriz de multiplicadores conocida como Matriz inversa de Leontief, dado que para su elaboración se requiere realizar una inversión de la matriz de coeficientes directos. El detalle del desarrollo algebraico de la metodología y la demostración, de cómo a través del álgebra matricial se pueden encontrar los multiplicadores totales de la economía, se encuentran en el anexo metodológico de este documento que se sustenta en el documento elaborado en Cochilco el año 2007 “Análisis histórico y estimaciones futuras del aporte de la minería

al desarrollo de la economía chilena”. No obstante, es importante entregar algunos conceptos básicos de la metodología algebraica.

La llamada matriz inversa de Leontief logra concentrar a partir de una serie de supuestos técnicos, como estructuras constantes de producción, inexistencia de producciones secundarias y equilibrio de mercado, en un solo coeficiente todos los efectos que provoca en un insumo el cambio en los niveles de producción del producto final. Esto implica que el resultado de la aplicación del modelo muestra los cambios en la demanda total de un insumo específico ante cambios en la producción del producto final.

En este estudio analizamos el efecto total en la demanda de insumos para la minería de la producción minera, el efecto total en la demanda de insumos industriales para la elaboración de bienes destinados a la formación de capital de la industria minera y el efecto total en la demanda de insumos para la construcción de infraestructura destinada a la industria minera.

En términos simplificados, la metodología permite determinar cuanto de un insumo, por ejemplo energía eléctrica, requiere la producción minera (efecto directo), pero también cuanta energía eléctrica se requiera para producir los otros bienes y servicios que requiere la minería.

Un ejemplo interesante ocurre con los bienes agrícolas, que por ejemplo la matriz insumo producto de compras domésticas del año 2008, identifica solamente 203 millones de pesos destinados directamente desde la industria agrícola a la minería. Sin embargo, la minería requiere de 1.342.910 millones de pesos de bienes industriales en la misma matriz, y para la producción de bienes industriales se requiere de 109.041 millones de pesos de bienes agrícolas, por ejemplo maderas elaboradas (efecto directo en industria y primer encadenamiento de efecto indirecto de la minería). Finalmente considerando tanto los efectos directos, como la sumatoria de todos los efectos indirectos consolidados en los coeficientes de la matriz de Leontief, la minería termina explicando 235.322 millones de pesos de la producción agrícola de Chile en el año 2008.

Para la obtención del efecto total, directo e indirecto, se calcula el producto entre el vector de multiplicadores de la minería, obtenido de la Matriz inversa de Leontief, y el valor de la actividad minera, obteniéndose así el valor total de cada insumo que depende de la producción minera. Luego, cada valor de demanda intermedia obtenida es ponderado por el porcentaje que representa el valor agregado de cada actividad económica. De esta manera se obtiene el aporte indirecto al PIB total derivado de la actividad minera.

Para el caso de los efectos totales de la inversión, se descompone en los efectos directo y los indirectos de la construcción. Los efectos directos se estiman como el porcentaje del valor agregado del sector construcción que corresponde a la minería, estimada dicha proporción como el porcentaje del valor bruto de la producción del sector construcción destinado a minería, sobre el total del valor bruto del sector construcción.

Para los efectos indirectos de la inversión se descompone el cálculo. Primero se utiliza el valor de las compras de bienes y equipos nacionales obtenidos con los supuestos de la tabla 3-1 por el vector de multiplicadores de la actividad industrial de la matriz inversa. Para el caso de la construcción, se multiplica el componente construcción derivado de la tabla 3-1, para los años 2008 al 2013, y el valor directo entregado por el Banco Central para los años 2014 al 2017, por el vector de multiplicadores de la actividad de la construcción de la matriz inversa.

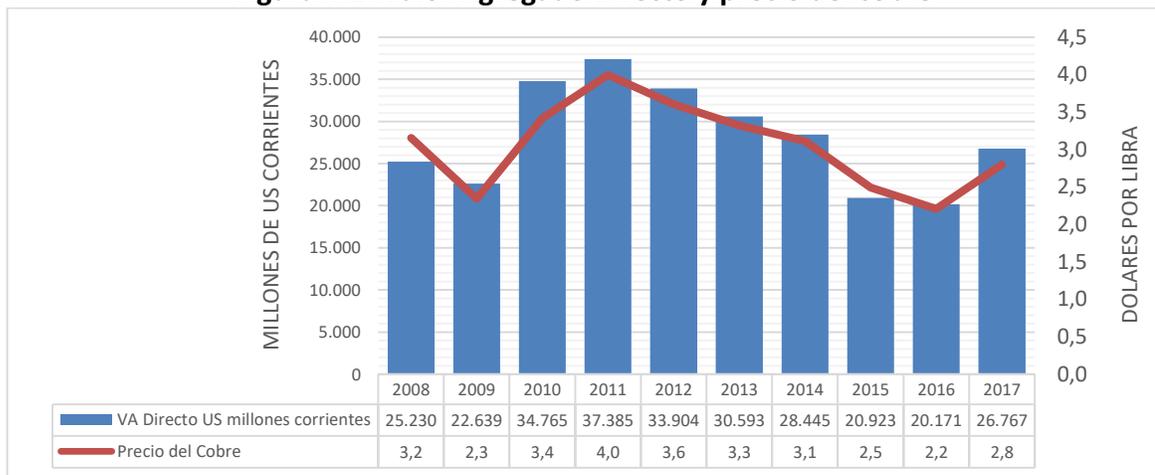
Un ajuste importante que se hace a los resultados, es no considerar el potencial efecto indirecto que la actividad minera pudiera tener en la propia actividad, ya que se considera que el efecto directo, es decir el PIB minero, recoge todo ese efecto.

4 Resultados

4.1 Efecto directo en el PIB

Los resultados de las estimaciones de encadenamiento cubiertas por el presente estudio parten considerando el efecto directo de la actividad minera, es decir el valor agregado que genera la actividad directamente.

Figura 4-1: Valor Agregado Directo y precio del cobre



Fuente: COCHILCO y estimación COCHILCO con datos del Banco Central de Chile.

En el análisis de la figura 4-1 se aprecia que el aporte directo de la actividad presenta una correlación muy alta del precio del cobre, lo que muestra la alta dependencia de los indicadores macroeconómicos de la economía chilena de variables exógenas, como es el precio del cobre.

4.2 Efectos indirectos inducidos en el PIB

Como ya se ha desarrollado en los capítulos anteriores, en este informe se incluyen solamente los efectos inducidos por las compras intermedias y por el proceso de inversiones. La figura 4-2 muestra

Medición de los Encadenamientos productivos de la industria minera en Chile

la relación entre el efecto inducido por las compras intermedias y el precio del cobre donde se aprecia que el efecto precio del cobre no es el principal determinante, siendo más estable y en gran medida explicado por la producción física de minerales.

Figura 4-2: Efecto indirecto de compras intermedias y precio del cobre



Fuente: COCHILCO y estimación COCHILCO con datos del Banco Central de Chile.

En el caso de los efectos inducidos en el proceso de inversión, las figura 4-3 muestra que el proceso inversiones, y a su vez, la capacidad para generar encadenamientos en la economía, presenta relación con el precio pero con algún rezago, especialmente en los momentos que quiebre del precio tanto al alza como a la baja, situación que ocurre en los años 2012 y 2017 con mayor claridad.

Figura 4-3: Efecto indirecto de inversiones y precio del cobre



Fuente: COCHILCO y estimación COCHILCO con datos del Banco Central de Chile.

4.3 Análisis de efectos multiplicadores

Tabla 4-1: Efectos inducidos y sus multiplicadores específicos

PIB/Multiplicador	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
PIB directo	25.230	22.639	34.765	37.385	33.904	30.593	28.445	20.923	20.171	26.767
PIB Indirecto Consumo Intermedio	7.669	7.447	8.329	10.109	11.035	12.461	11.595	10.753	10.348	10.907
PIB Total inversion	2.790	2.832	3.873	4.896	7.402	8.628	9.011	7.871	6.498	5.541
PIB Inducido	10.459	10.280	12.201	15.005	18.437	21.089	20.605	18.624	16.846	16.448
Multiplicador PIB minero	0,41	0,45	0,35	0,40	0,54	0,69	0,72	0,89	0,84	0,61

Fuente: Cochilco.

En la tabla 4-1 se resumen los efectos de cada uno de los efectos inducidos considerados en este estudio. Esto permite determinar qué valor de PIB se crea por efecto de cada unidad monetaria del efecto estimado directo. 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.

Así, por ejemplo, en el año 2008 por cada dólar de PIB directo que generó la actividad minera logró inducir 0,41 dólares de PIB indirecto.

En este análisis se aprecia que la tendencia del multiplicador fue creciendo en el período de estudio. Las razones para estos aumentos pueden estar dadas tanto por cambios en la estructura productiva de la actividad, como por efecto de cambios en los precios relativos dentro de los bienes e insumos en los que se encadena la actividad.

5 Conclusiones

Este trabajo cumple con entregar una metodología transparente y sólida, basada en información completa, validada y robusta lo que nos permite publicar un primer indicador de los efectos indirectos y una aproximación sistemática al efecto multiplicador de la actividad minera. Asimismo, los resultados muestran que la suma de encadenamientos ha mostrado una tendencia al alza en el período analizado. Sin embargo, la metodología utilizada no entrega respuestas por sí sola de las razones de dicha variación, pero sí es posible intuir que existe un importante componente del efecto precio.

Si bien esta es una primera aproximación sistemática, dista de considerar los efectos multiplicadores totales de la actividad minera en la economía chilena, por lo que a futuro se propone desarrollar metodologías similares para incorporar los efectos de efecto inducido por compras de trabajadores, el efecto inducido por las compras en Chile de los dueños del capital públicos y privados; y el efecto inducido por el gasto público por efecto recaudación tributaria.

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 secundarias¹. 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 (tabla A1).

Tabla A1 Matriz de insumo-producto 2008-serie 2008
Doméstica a precio básico, actividad por actividad
 Supuesto: estructura de ventas fija por producto
 (miles de millones de pesos de 2008)(BCCH)

	Agropecuaria-silvícola	Pesca	Minería	Industria manufacturera	Electricidad, gas y agua	Construcción	Comercio, hoteles y restaurantes	Transporte y comunicaciones	Intermediación financiera y servicios empresariales	Servicios de vivienda	Servicios personales	Administración pública	Total
Agropecuaria-silvícola	922	0,25	0,203	3.260	0,01	3,51	93	0,31	14	0	17	12	4.322
Pesca	0	228	0,027	1.788	0,02	0,01	6	0,10	0,26	0	0,17	0,03	2.023
Minería	68	1	2.297	1.542	18	143	41	20	72	0	11	3	4.217
Industria manufacturera	956	818	1.343	5.810	844	3.496	1.755	1.156	619	0	671	158	17.626
Electricidad, gas y agua	93	11	1.269	1.108	3.682	81	395	187	227	26	308	165	7.552
Construcción	11	5	18	64	79	10	161	102	123	966	117	176	1.833
Comercio, hoteles y restaurantes	394	104	605	1.673	153	1.015	1.302	960	613	0	478	109	7.407
Transporte y comunicaciones	139	75	507	1.529	182	218	2.159	2.850	703	6	224	194	8.786
Intermediación financiera y servicios empresariales	542	98	1.337	2.984	226	1.337	3.804	1.719	4.619	283	1.122	368	18.440
Servicios de vivienda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Servicios personales	18	10	40	198	20	25	171	68	166	0,00	523	87	1.328
Administración pública	2	1	11	27	5	4	51	59	13	0,07	24	18	214
Total	3.147	1.353	7.428	19.983	5.209	6.334	9.939	7.121	7.169	1.280	3.494	1.291	73.747

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 describir la ecuación (1) como sigue:

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

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

$$\mathbf{X} = \mathbf{H} * |\mathbf{1}| - \mathbf{Y} \quad (4)$$

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:

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

Donde α_{ik} representa el coeficiente técnico

La tabla A2 representa los coeficientes técnicos de la matriz insumo elaborada por el Banco Central de Chile para el año 2008.

Tabla A2 Matriz de coeficientes técnicos directos año 2008

	Agropecuaria-silvícola	Pesca	Minería	Industria manufacturera	Electricidad, gas y agua	Construcción	Comercio, hoteles y restaurantes	Transporte y comunicaciones	Intermediación financiera y servicios empresariales	Servicios de vivienda	Servicios personales	Administración pública
Agropecuaria-silvícola	0,1365	0,0001	0,0000	0,0812	0,0000	0,0002	0,0046	0,0000	0,0006	0,0000	0,0012	0,0022
Pesca	0,0000	0,1222	0,0000	0,0445	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Minería	0,0100	0,0006	0,1035	0,0384	0,0019	0,0097	0,0021	0,0011	0,0029	0,0000	0,0008	0,0006
Industria manufacturera	0,1416	0,4375	0,0605	0,1447	0,0904	0,2373	0,0877	0,0635	0,0246	0,0000	0,0493	0,0279
Electricidad, gas y agua	0,0138	0,0061	0,0572	0,0276	0,3944	0,0055	0,0197	0,0103	0,0090	0,0043	0,0226	0,0291
Construcción	0,0016	0,0027	0,0008	0,0016	0,0084	0,0007	0,0081	0,0056	0,0049	0,1642	0,0086	0,0311
Comercio, hoteles y restaurantes	0,0583	0,0558	0,0273	0,0417	0,0164	0,0689	0,0651	0,0527	0,0243	0,0000	0,0351	0,0193
Transporte y comunicaciones	0,0206	0,0399	0,0228	0,0381	0,0195	0,0148	0,1079	0,1565	0,0279	0,0010	0,0164	0,0342
Intermediación financiera y servicios empresariales	0,0803	0,0525	0,0603	0,0743	0,0242	0,0907	0,1901	0,0944	0,1835	0,0481	0,0824	0,0650
Servicios de vivienda	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Servicios personales	0,0027	0,0054	0,0018	0,0049	0,0022	0,0017	0,0086	0,0037	0,0066	0,0000	0,0384	0,0154
Administración pública	0,0004	0,0006	0,0005	0,0007	0,0005	0,0003	0,0026	0,0032	0,0005	0,0000	0,0018	0,0031
Total	0,4659	0,7236	0,3347	0,4978	0,5579	0,4299	0,4967	0,3911	0,2848	0,2177	0,2568	0,2279

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.

En la tabla N°A3 se muestra la matriz inversa para Chile con datos de 2003. Se observa, por ejemplo, que para incrementar en una unidad la producción final de la industria minera, se requiere de 1,1211 unidades de insumos provenientes de la propia industria, de la cual 1,00 que se destina al consumo final (exportación, por ejemplo) y 0,1211 que se destinan a la producción de más productos mineros como insumos intermedios.



Tabla A3 Matriz de coeficientes técnicos directos año 2008

	Agropecuario-silvícola	Pesca	Minería	Industria manufacturera	Electricidad, gas y agua	Construcción	Comercio, hoteles y restaurantes	Transporte y comunicaciones	Intermediación financiera y servicios empresariales	Servicios de vivienda	Servicios personales	Administración pública
Agropecuario-silvícola	1,1802	0,0617	0,0106	0,1185	0,0194	0,0308	0,0203	0,0114	0,0059	0,0054	0,0098	0,0087
Pesca	0,0116	1,1721	0,0056	0,0637	0,0103	0,0161	0,0080	0,0059	0,0026	0,0028	0,0043	0,0032
Minería	0,0240	0,0304	1,1211	0,0561	0,0131	0,0258	0,0106	0,0075	0,0066	0,0046	0,0055	0,0044
Industria manufacturera	0,2287	0,6461	0,1090	1,2541	0,2022	0,3169	0,1509	0,1149	0,0516	0,0555	0,0843	0,0629
Electricidad, gas y agua	0,0467	0,0547	0,1154	0,0727	1,6667	0,0339	0,0521	0,0325	0,0243	0,0140	0,0480	0,0564
Construcción	0,0048	0,0074	0,0034	0,0051	0,0157	1,0037	0,0122	0,0090	0,0071	0,1653	0,0109	0,0331
Comercio, hoteles y restaurantes	0,0945	0,1166	0,0467	0,0797	0,0475	0,1002	1,0975	0,0807	0,0397	0,0187	0,0512	0,0344
Transporte y comunicaciones	0,0595	0,1097	0,0484	0,0817	0,0586	0,0538	0,1600	1,2088	0,0501	0,0127	0,0371	0,0543
Intermediación financiera y servicios empresariales	0,1710	0,1863	0,1149	0,1659	0,0916	0,1776	0,2956	0,1741	1,2482	0,0898	0,1335	0,1085
Servicios de vivienda	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000
Servicios personales	0,0070	0,0131	0,0044	0,0096	0,0063	0,0061	0,0135	0,0074	0,0095	0,0015	1,0421	0,0179
Administración pública	0,0011	0,0020	0,0010	0,0015	0,0013	0,0011	0,0036	0,0043	0,0010	0,0002	0,0022	1,0036
Total	1,8486	1,5587	1,8736	1,9151	1,8558	1,7342	1,6580	1,4682	1,3899	1,4399	1,3950	1,3462

6 Referencias

- Aroca, Patricio. *Impacto en la minería en la II Región*. Santiago: Dolmen Ediciones, 2002.
- Banco Central. «Cuentas Nacionales Chile, Compilación de Referencia 2008.» *Banco Central*. s.f. www.bcentral.cl.
- . «Cuentas Nacionales de Chile, Compilación de Referencia 2013.» *Banco Central*. s.f. www.bcentral.cl.
- . «Cuentas Nacionales, 2008 al 2014.» *Banco Central*. s.f. www.bcentral.cl.
- . «Cuentas Nacionales, 2013 al 2019.» *Banco Central*. s.f. www.bcentral.cl.
- Comisión Chilena del Cobre. «Anuario Estadístico, varios años.» s.f. www.cochilco.cl.
- Comisión Chilena del Cobre; Jorge Cantallopé, Patricio Pérez y Roberto Molina. *Análisis histórico y estimaciones futuras del aporte de la minería al desarrollo de la economía chilena*, 2008.
- Comisión Chilena del Cobre, Daniela Rojas. *Análisis del empleo indirecto en el sector minero*. Comisión Chilena del Cobre, 2013.
- Leontief, Wassily. «Structure of the world economy. Outline of a Simple Input-Output Formulation.» *The Swedish Journal of Economics*, 1974.
- Schuschny, Andres. «Tópicos sobre el modelo de Insumo-producto: Teoría y aplicaciones.» *Cepal. Serie Estudios Estadísticos y Prospectivos, División de Estadísticas*, 2005.

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

Jorge Cantallopts Araya
Director de Estudios y Políticas Públicas

Diciembre 2020