

Medición de los Encadenamientos Productivos e Impacto Económico de la Minería en la Región de Antofagasta



Universidad
Católica del Norte

Autores:

Dusan Paredes Araya
Cristian Mardones Poblete

Agradecimiento Asistencia Técnica:

Alicia Chávez Soto
Leonidas Neftaly Hernández Cruz

Diciembre 2021

ÍNDICE

4 RESUMEN EJECUTIVO

6 INTRODUCCIÓN

10 METODOLOGÍA

11 Recopilación de Información

13 Estimación de los Coeficientes Técnicos Regionales

14 Elección del Coeficiente de Locación (LQ)

20 RESULTADOS

20 Matriz de Coeficientes Técnicos y Encadenamientos Regionales

22 Matriz de Coeficientes Técnicos y Encadenamientos Regionales

22 Encadenamientos Productivos Regionales

33 Efectos sobre el Producto Interno Bruto Regional (PIB)

36 Efectos Regionales de la Inversión Minera

40 CONCLUSIONES

42 Referencias

43 Anexos

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe tiene por objetivo estimar los encadenamientos regionales del sector minero para luego simular diferentes shocks exógenos en la demanda final e inversión minera regional. Para cumplir con este objetivo se propone construir la Matriz de Coeficientes Técnicos (MCT) de la Región de Antofagasta para los años 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017. La construcción de la matriz utiliza modernas técnicas de simulación que mejoran significativamente los métodos previamente discutidos en la literatura (Mardones & Silva, 2021).

Los resultados muestran que el sector Minería (S2) lidera los encadenamientos a nivel regional en conjunto con el sector Agropecuario (S1) y Manufactura (S3). Los tres sectores poseen un encadenamiento por sobre el promedio a lo largo de todos los años. En específico, el sector Minería (S2) lidera los encadenamientos regionales el año 2017 bordeando un multiplicador de 1.20. El resto de los sectores productivos muestran un encadenamiento significativamente menor a los recién mencionados. En adición a lo anterior, Minería (S2), Agropecuario (S1) y Manufactura (S3) han fortalecido sus encadenamientos entre el año 2013 y 2017. En cuanto al impacto económico regional causado por un incremento exógeno del 1% del PIB sectorial, los resultados sugieren que el sector Minería (S2) lidera el impacto a nivel regional para todos los años. Este impacto es secundado por los sectores Construcción (S5) y Servicios Empresariales (S10). A modo de ejemplo, el aumento de la demanda final del sector minero equivalente a un 1% del PIB minero regional incrementaría el valor bruto de la producción regional en 103 mil millones de pesos para el año 2017, lo que representa un aumento del 0.65% del PIB regional. Esto es seguido sólo por el sector Construcción (S5) con 18.27 mil millones y Servicios Empresariales (S10) con 12.26 mil millones, representando el 0.12% y 0.11%, respectivamente. Esto implica

una razón del impacto de 5.58 y 8.40 veces, respectivamente. Finalmente, el informe también simula la inversión regional del sector Minería (S2). El impacto inicial de la inversión minera se manifiesta a través de compras a los sectores Construcción (S5), Manufactura (S3), Transporte, Comunicaciones y Servicios de Información (S7), y Servicios Empresariales (S10). Este ejercicio muestra que una inversión del sector Minería (S1) de 3.750 mil millones generaría un impacto total de 4.229 mil millones de pesos inyectados a esta región. Esto implica que la inversión no sólo generaría un impacto directo a nivel regional, sino que también favorecería la producción indirecta de 480 mil millones de pesos en el resto de los sectores.

A pesar de los resultados, el sector Minería (S2) aún enfrenta una serie de desafíos para lograr una mayor integración de su cadena de valor al desarrollo del tejido productivo local. Si bien el sector lidera el encadenamiento productivo al año 2017, su valor absoluto aún es bajo y representa un área de mejora significativa para la industria minera. Acciones que vinculen al sector productivo con el tejido local, tal como el fomento a la innovación local o fortalecer el programa de proveedores locales, son alternativas que tributarían directamente a este objetivo. Adicionalmente, el impacto de la inversión minera está determinado por la capacidad de absorción regional a dichos requerimientos. Es decir, los impactos de inversión son apreciables, pero pueden difuminarse rápidamente en caso de que los sectores afectados inicialmente, Construcción (S5) o Manufactura (S3), por ejemplo, no logren localizar sus procesos productivos en la región. En cualquier caso, las estimaciones aquí ofrecidas constituyen la línea base sobre la cual el sector minero podría desarrollar su agenda estratégica a mediano y largo plazo.

INTRODUCCIÓN

Chile es uno de los mayores países mineros del mundo. El desarrollo, crecimiento económico y parte considerable del presupuesto público del país han estado y están altamente relacionados con el precio de los metales y minerales. El sector minero ha mantenido una participación promedio del 10% del PIB durante las últimas décadas (OECD, 2018). Así mismo, su rol en las exportaciones es predominante, constituyendo cerca del 55% de todo el valor de exportaciones de Chile durante el primer semestre del año 2021. A pesar de lo relevante de estos números, no necesariamente reflejan la contribución del sector minero a nivel local, entendiendo local como las regiones y municipalidades que albergan la industria extractiva (Oyarzo & Paredes, 2018). Así, dado los impactos positivos y negativos que el sector genera en la calidad de vida en regiones mineras, existe un creciente consenso tanto académico, gremial y político sobre la necesidad de contrastar los beneficios y costos que la minería produce a nivel país y a nivel local, especialmente en aquellas regiones donde se llevan a cabo las actividades mineras.

Existen al menos tres razones que justifican el análisis de los efectos sociales y económicos generados por la minería a nivel local. Primero, es difícil sustentar el desarrollo y promoción de una industria si es que ésta sólo se traduce en beneficios agregados nacionales, pero no afecta positivamente la calidad de vida de las comunidades en donde se genera el proceso extractivo. Segundo, la industria minera está altamente normada por criterios ambientales que son propios a su proceso productivo y, por ende, es importante cuantificar todos los impactos económicos para contrastarlos con las externalidades medioambientales de dicho proceso. Tercero, los diferentes cambios políticos e institucionales que enfrenta Chile

requieren de un análisis técnico que identifique y cuantifique los impactos económicos regionales, especialmente en un país con poca experiencia en políticas económicas locales. Sin estos análisis, las políticas públicas podrían transformarse peligrosamente en políticas geográficamente ciegas (que no distinguen diferencias regionales), provocando impactos económicos locales imprevistos y no deseados (Paredes & Rivera, 2017).

Este análisis regional precisa de ciertas condiciones empíricas para garantizar su fiabilidad técnica: 1) Debe ser medible a través de tiempo y espacio geográfico, 2) Replicable en otros contextos similares y 3) Idealmente basado en información secundaria oficial. Si bien estas tres condiciones circunscriben de manera significativa el abanico de metodologías disponibles, establecen un abordaje común para medir la evolución temporal y geográfica del impacto minero en las economías regionales de Chile. Un análisis regional de esta naturaleza ayuda a generar resultados que pueden directamente compararse con análisis nacionales previos como también, ser comparable a los contextos de otros países mineros, especialmente aquellos con una mayor vocación en el desarrollo de políticas regionales.

Además de cumplir con las condiciones empíricas recién descritas, también se debe elegir la región específica de análisis, en nuestro caso la mayor región minera del país. Si bien la minería chilena se distribuye asimétricamente a lo largo del territorio nacional, difiriendo en escala de producción y especialización, es indudable que la Región de Antofagasta concentra la mayor localización espacial de la industria. En el año 2018 el sector minero representó alrededor del 55% de la actividad económica regional y sobrepasó al 90% de las exportaciones regionales, mientras que ésta

aportó cerca del 30% de las exportaciones nacionales (OECD, 2018). A pesar de su relevancia, la literatura carece de estudios que, de acuerdo con las condiciones empíricas recién discutidas, evalúen los impactos mineros en la Región de Antofagasta o en cualquiera otra región en el país (Oyarzo & Paredes, 2019). La razón es simple: la insuficiente disponibilidad de información. En específico, Chile no cuenta con datos actualizados de flujos intersectoriales a nivel regional, también se desconocen los movimientos de importaciones y exportaciones regionales, así como los flujos de comercio interregionales.

Este estudio se hace cargo de los desafíos recién mencionados y contribuye con tres productos específicos: 1) Elaboración de la Matriz de Coeficientes Técnicos para la Región de Antofagasta y la consecuente cuantificación de los encadenamientos

productivos del sector minero en esta región para los años 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017, 2) Simular el impacto que tiene un incremento de la demanda final equivalente al 1% del PIB sectorial sobre la producción de la Región de Antofagasta y 3) Simular el impacto que tendría una inversión minera sobre el resto de los sectores económicos en la región. A diferencia del informe COCHILCO (2020), nuestro estudio propone algunas mejoras necesarias para el análisis regional. Así, mientras el estudio COCHILCO (2020) solamente mide los encadenamientos productivos a nivel nacional, ya que Chile no dispone de la matriz de coeficientes técnicos a nivel regional, este estudio aplica modernos métodos de simulación para construir el análisis a nivel regional. Además, este estudio también permite analizar la evolución temporal continua de dichos indicadores a nivel regional lo cual cubre un período crítico en el ciclo de



precios del sector minero. Finalmente, nuestro estudio explora los potenciales impactos regionales de la inversión minera, efecto mucho más complejo y difícilmente medible debido a la falta de información regional hasta la fecha.

El objetivo del informe radica en superar la falta de disponibilidad de información oficial sobre los coeficientes técnicos regionales en Chile. Afortunadamente, se han desarrollado diversas técnicas que permiten regionalizar una Matriz Insumo-Producto (MIP) a nivel nacional, las cuales también permiten obtener una matriz de coeficientes técnicos regionales. La metodología propuesta para la elaboración de MIP regionales está basada en técnicas de coeficientes de localización, los cuales usan la información disponible para actualizar y/o estimar nuevas MIP regionalizadas. Sin embargo, esta construcción requiere elegir

la mejor técnica de regionalización a través de simulaciones de Montecarlo ya que la MIP regional verdadera no es observable. Mardones & Silva (2021) demuestran que la simulación de Montecarlo debe incorporar alguna información de la estructura económica regional verdadera para determinar qué cociente de localización tiene el mejor desempeño. Por lo anterior, se propone la realización de una simulación Montecarlo con la información más actualizada posible del PIB regional, que en el caso de Chile incluye datos desde el año 2013 hasta 2017.

El informe se divide en las siguientes secciones. La sección dos describe la metodología, mientras que la sección tres explica las bases de datos a utilizar. La sección cuatro discute los resultados y la sección cinco explica las principales conclusiones.



METODOLOGÍA

Para identificar y cuantificar los impactos directos e indirectos que genera la actividad minera en la Región de Antofagasta, es necesario contar con una MIP que refleje los flujos intersectoriales dentro de la región y permita calcular una Matriz de Coeficientes Técnicos (MCT) a nivel regional. Sin embargo, en Chile, y en casi todo el resto del mundo, se abandonó la idea de construir MIP regionales por la dificultad de levantar toda la información requerida.³ Por ejemplo, en el caso de Chile las MIP regionales fueron elaboradas solamente para el año 1996.

Este estudio utiliza simulaciones de Montecarlo para evaluar diferentes métodos de cocientes de localización y escoger aquel que entregue mejores indicadores de desempeño para la regionalización de una MIP nacional (o MCT nacional). Una vez elegido el mejor cociente de localización se regionaliza la MCT nacional para obtener una MCT a nivel regional.⁴ Una vez obtenida la MCT regional, se calculan los encadenamientos productivos del sector minería con los demás sectores económicos de la Región de Antofagasta a través de la matriz inversa de Leontief. Adicionalmente, a partir de la MCT regional se pueden estimar los efectos económicos directos e indirectos de shocks en el PIB sectorial, así como también, simular el impacto de las inversiones sectoriales a nivel regional.

Recopilación de Información

Chile cuenta con un conjunto de MIP nacionales estimadas para diversos años. En este estudio se utilizan las MIP nacionales desde el año 2013 hasta 2017, estimadas por el Banco Central de Chile. Estas tienen una desagregación en 12 sectores económicos: Agropecuario-silvícola y pesca (S1), Minería (S2), Industria Manufacturera (S3), Electricidad, Gas, Agua y Gestión de Desechos (S4), Construcción (S5), Comercio, Hoteles y Restaurantes (S6), Transporte, Información y Comunicaciones (S7), Servicios Financieros (S8), Servicios de Vivienda e Inmobiliarios (S9), Servicios Empresariales (S10), Servicios Personales (S11), y Administración Pública (S12). La MIP nacional contiene las transacciones domésticas y valor de la producción sectorial necesarias para la obtención de una MCT nacional.

La MIP nacional y el PIB sectorial regional son elementos claves para utilizar los métodos indirectos de regionalización. Esta información se encuentra expresada en mil millones de pesos y ha sido obtenida desde el Banco Central de Chile para los años 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017. Sin embargo, el PIB regional tiene una clasificación sectorial diferente a la reportada en la MIP nacional, por lo que algunos sectores se deben agregar o desagregar para que coincidan con los 12 sectores económicos de las MIP nacionales. De manera que, el PIB agropecuario-silvícola regional y el PIB pesquero regional se agregaron a un solo sector, mientras que el PIB de servicios financieros y empresariales a nivel regional se tuvo que desagregar proporcionalmente de acuerdo con la participación relativa de ambos sectores a nivel nacional. También, se utiliza la relación entre el valor bruto de la producción y el PIB sectorial a nivel nacional para extrapolar el valor bruto de

3 Una de las pocas excepciones es Corea del Sur.

4 Cabe notar que si se complementa esta MCT con datos de producción regional a nivel sectorial se pueden obtener los flujos de transacciones sectoriales a nivel regional, y también, al incorporar datos del PIB sectorial regional y demanda final regional se podría construir una MIP regional.

la producción sectorial a nivel regional a partir del PIB regional. Todos los datos mencionados previamente se utilizan como insumos para estimar la MCT regional de Antofagasta.

En la Tabla 1 se observan los valores por sector para los años 2013 y 2017, así como también, la variación entre esos años de las principales variables de interés. El sector de la minería tiene una participación en el PIB promedio para esos años del 53%, muy por encima del resto de sectores y seguido de lejos por el sector construcción y servicios empresariales con una participación promedio de 11.3% y 8.1%, respectivamente. También, se observa que el sector minería experimentó una variación porcentual positiva pero baja, entre esos años. Esto probablemente se deba al Super Ciclo de Precios de los metales que se vivió en Chile, iniciando un boom de precios de los metales que benefició al sector minero entre 2003 y 2011. Posteriormente, los precios comenzaron a caer gradualmente hasta que en 2016 se alcanzaron niveles de precios cercanos a los que se tenían previo al boom de precios.

Adicionalmente, se incluye el número de empleados por sector para tener una mayor perspectiva de la relevancia de cada sector en la economía regional. Se aprecia que, en promedio, el sector de minería concentra el mayor número de empleados, seguido por los sectores Intermediación Financiera y Servicios Inmobiliarios y de Vivienda.

Tabla 1. Participación sectorial en el PIB y empleados para los años 2013 y 2017 en la región de Antofagasta.

Sector Económico	Participación sectorial en el PIB			Empleos		
	2013	2017	Variación porcentual entre 2013-2017	2013	2017	Variación porcentual entre 2013-2017
Agropecuario-silvícola y pesca (S1)	0.15%	0.11%	-25.98%	772	542	-29.80%
Minería (S2)	53.32%	53.92%	1.13%	54,816	49,318	-10.03%
Industria manufacturera (S3)	5.74%	3.88%	-32.36%	19,772	16,649	-15.79%
Electricidad, gas, agua y gestión de desechos (S4)	2.90%	5.09%	75.68%	2,542	4,496	76.85%
Construcción (S5)	11.25%	9.60%	-14.64%	9,645	11,880	23.17%
Comercio, hoteles y restaurantes (S6)	3.42%	4.02%	17.57%	36,264	40,291	11.10%
Transporte, comunicaciones y servicios de información (S7)	4.56%	4.40%	-3.47%	16,749	16,090	-3.93%
Intermediación financiera (S8)	2.75%	2.41%	-12.31%	2,844	3,122	9.78%
Servicios inmobiliarios y de vivienda (S9)	1.93%	2.51%	29.68%	575	500	-13.01%
Servicios empresariales (S10)	8.25%	7.23%	-12.31%	5,428	4,341	-20.03%
Servicios personales (S11)	4.31%	5.08%	17.76%	45,486	46,975	3.27%
Administración pública (S12)	1.43%	1.74%	22.28%	10,816	11,504	6.36%

Nota: Participación sectorial del PIB calculado a partir de datos en términos reales. Empleos se refiere al número de personas empleadas anualmente en ese sector.

Estimación de los Coeficientes Técnicos Regionales

Existen diferentes métodos para elaborar MIP regionales, siendo el más popular el uso de métodos indirectos no basados en encuestas (non-survey methods), dentro de los que se incluyen los denominados cocientes de localización. Sin embargo, los primeros métodos de cocientes de localización fueron cuestionados ya que generan una sobreestimación de los coeficientes técnicos regionales (Morrison & Smith, 1974; Harrigan et al., 1980). Para resolver este inconveniente, diversos autores proponen métodos que incluyen una medida de ajuste según el tamaño regional (Flegg et al., 1995) y/o especialización regional (Flegg & Webber, 1997). Los métodos de cociente de localización (LQ) calculan los coeficientes técnicos regionales asumiendo que las tecnologías regionales y nacionales son idénticas, pero que ambos coeficientes difieren en un factor de ajuste q_{ij}^r que representa la participación del comercio regional.

Específicamente, el coeficiente técnico regional a_{ij}^{rr} se estima como la multiplicación del factor de ajuste q_{ij}^r y el coeficiente técnico nacional a_{ij}^n . Cabe señalar que los diferentes métodos de cociente de localización entregan diversas alternativas para obtener q_{ij}^r . Los cocientes de localización más utilizados en la literatura empírica son el cociente de localización simple (SLQ) que compara la participación relativa del sector i en una región r respecto a la participación relativa del mismo sector i a nivel nacional, el cociente de localización interindustrial (CILQ) que compara la proporción de la producción nacional del sector de ventas i en la región r con respecto a la proporción de la producción nacional del sector de compras j en la región r , el cociente de localización de Flegg (FLQ) que incluye una medida explícita del tamaño regional a través de una parametrización (δ) que varía entre cero y uno, y el cociente de localización de Flegg aumentado (AFLQ) que incluye un ajuste por la especialización regional. Este último es el único que genera coeficientes técnicos regionales más grandes que los nacionales. Sin embargo, la principal dificultad para el uso de los métodos FLQ y AFLQ es que la elección del parámetro más adecuado para su cálculo es un problema empírico y existe poca evidencia que permita definirlo explícitamente debido a la escasez de información regional basada en encuestas para realizar la comparación con los diferentes métodos de cocientes de localización.

El cociente de localización simple (SLQ) compara la participación relativa del sector i en la región r respecto a la participación relativa del sector i a nivel nacional. Donde x_i^r es la producción del sector i en la región r , x^r es la producción total de la región r , mientras que x_i^n es la producción del sector i a nivel nacional y x^n es la producción total a nivel nacional.

$$SLQ_i^r = \frac{\frac{x_i^r}{x^r}}{\frac{x_i^n}{x^n}} \quad (1)$$

El cociente de localización interindustrial (CILQ) compara la fracción de la producción del sector de ventas i en la región r respecto a la producción nacional del mismo sector y la fracción de la producción del sector de compras j en la región r respecto a la producción nacional del mismo sector.

$$CILQ_{ij}^r = \frac{\frac{x_i^r}{x_i^n}}{\frac{x_j^r}{x_j^n}} = \frac{SLQ_i^r}{SLQ_j^r} \quad (2)$$

El cociente de localización de Flegg (FLQ) incluye una medida explícita del tamaño regional definida como $\lambda = \left[\left(1 + \frac{x^r}{x^n} \right) \right]^\delta$, asumiendo que δ toma valores entre 0 y 1. El parámetro δ permite mayor ajuste para las importaciones regionales, pero la dificultad en el uso del FLQ radica en que la elección de δ es una pregunta empírica aún abierta (Flegg et al., 2021).

$$FLQ_{ij}^r = \begin{cases} CILQ_{ij}^r \lambda & \text{para } i \neq j \\ SLQ_i^r \lambda & \text{para } i = j \end{cases} \quad (3)$$

Finalmente, el cociente de localización de Flegg aumentado (AFLQ) se basa en el FLQ e incluye una medida de la especialización regional que conduce a mayores compras intrarregionales. Sin embargo, surge el mismo problema empírico del FLQ para escoger el valor de δ

$$AFLQ_{ij}^r = \begin{cases} FLQ_{ij}^r \left[\log_2(1 + SLQ_i^r) \right], & \text{si } SLQ_j > 1 \\ FLQ_{ij}^r, & \text{si } SLQ_j \leq 1 \end{cases} \quad (4)$$

Elección del Coeficiente de Locación (LQ)

La estimación de MIP regionales con métodos indirectos se realiza porque las verdaderas MIP regionales se desconocen. Por lo anterior, una de las alternativas para identificar el mejor método de cociente de localización es a través de simulación Montecarlo (Bonfiglio & Chelli, 2008). Sin embargo, Mardones & Silva (2021) demuestran que la simulación Montecarlo no debería basarse en información totalmente aleatoria ya que, si se aporta información regional observada, tal como el PIB de cada región, entonces se obtendrán mejores resultados respecto al cociente

de localización que se debe escoger. Esto es especialmente importante en países con matrices productivas regionales muy diferentes tal como el caso de Chile.

Siguiendo a Mardones & Silva (2021), el presente estudio realiza una simulación Montecarlo en la cual se simulan los coeficientes técnicos regionales asumiendo que provienen de una distribución uniforme, mientras que el valor bruto de la producción (estimado a través del PIB sectorial regional y la relación entre el valor bruto de la producción y el PIB sectorial a nivel nacional) proviene de datos verdaderos para cada año analizado (2013-2017). Así, la simulación se basa en la generación aleatoria de 1.000 matrices de coeficientes técnicos regionales que permiten obtener matrices inversas de Leontief y multiplicadores de producción a nivel regional. A partir de la agregación de estas matrices de coeficientes técnicos simuladas que se asumen verdaderas y el PIB sectorial regional observado, se obtiene una MIP nacional simulada. Luego, los diferentes métodos de cocientes de localización (SQL, CILQ, FLQ y AFLQ) se aplican a las MIP nacionales simuladas para obtener los coeficientes técnicos regionales, matrices inversas de Leontief y multiplicadores de producción a nivel regional. Posteriormente, se comparan los multiplicadores sectoriales de producción obtenidos en el paso anterior con los multiplicadores que se asumen verdaderos. Así, la simulación Monte Carlo implica la generación aleatoria de matrices de coeficientes técnicos regionales que se asumen verdaderas y matrices de coeficientes técnicos regionales obtenidas a partir de cada método de cociente de localización. Finalmente, los multiplicadores sectoriales de producción obtenidos de ambas matrices se comparan a través de indicadores de desempeño estadístico para elegir el cociente de localización que genera la mejor aproximación a las matrices que se asumen verdaderas.



Cabe mencionar que para evaluar el desempeño estadístico de los diferentes métodos de regionalización y escoger el mejor cociente de localización se deben analizar aspectos que incluyen el rendimiento para producir multiplicadores cercanos a los verdaderos, así como la variabilidad del error de simulación. Para esto, utilizamos 3 indicadores: i) el MRAD (Mean Relative Absolute Distance), ii) el RAD (Relative Absolute Differences), y iii) la desviación estándar (σ).

El indicador MRAD (Mean Relative Absolute Distance) se define como la diferencia absoluta relativa media entre los multiplicadores estimados y los verdaderos. Por lo tanto:

$$MRAD = \frac{1}{M \cdot R \cdot N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^R \sum_{k=1}^N \frac{|(\widehat{m}_i^{rr})^k - (m_i^{rr})^k|}{(m_i^{rr})^k} \quad (5)$$

Donde N es el número total de sectores, M es el número total de simulaciones, R es el número total de regiones, $(\widehat{m}_i^{rr})^k$ es el multiplicador estimado para el sector i y región r en simulación k , y finalmente $(m_i^{rr})^k$ es el verdadero multiplicador para el sector i y región r en simulación k . A medida que el MRAD se acerca más a cero mejoran los rendimientos para producir multiplicadores cercanos a los verdaderos.

El indicador RAD se define como la frecuencia relativa con la que las diferencias absolutas relativas son menores a 0.05, el cual se interpreta como la probabilidad de producir multiplicadores cuya diferencia sea menor a 5% respecto de los verdaderos, implicando que el RAD es mejor mientras sea más cercano a uno. El indicador RAD se define de la siguiente manera:

$$RAD = Pr \left(\frac{|(\widehat{m}_i^{rr})^k - (m_i^{rr})^k|}{(m_i^{rr})^k} \leq 0.05 \right) \quad (6)$$

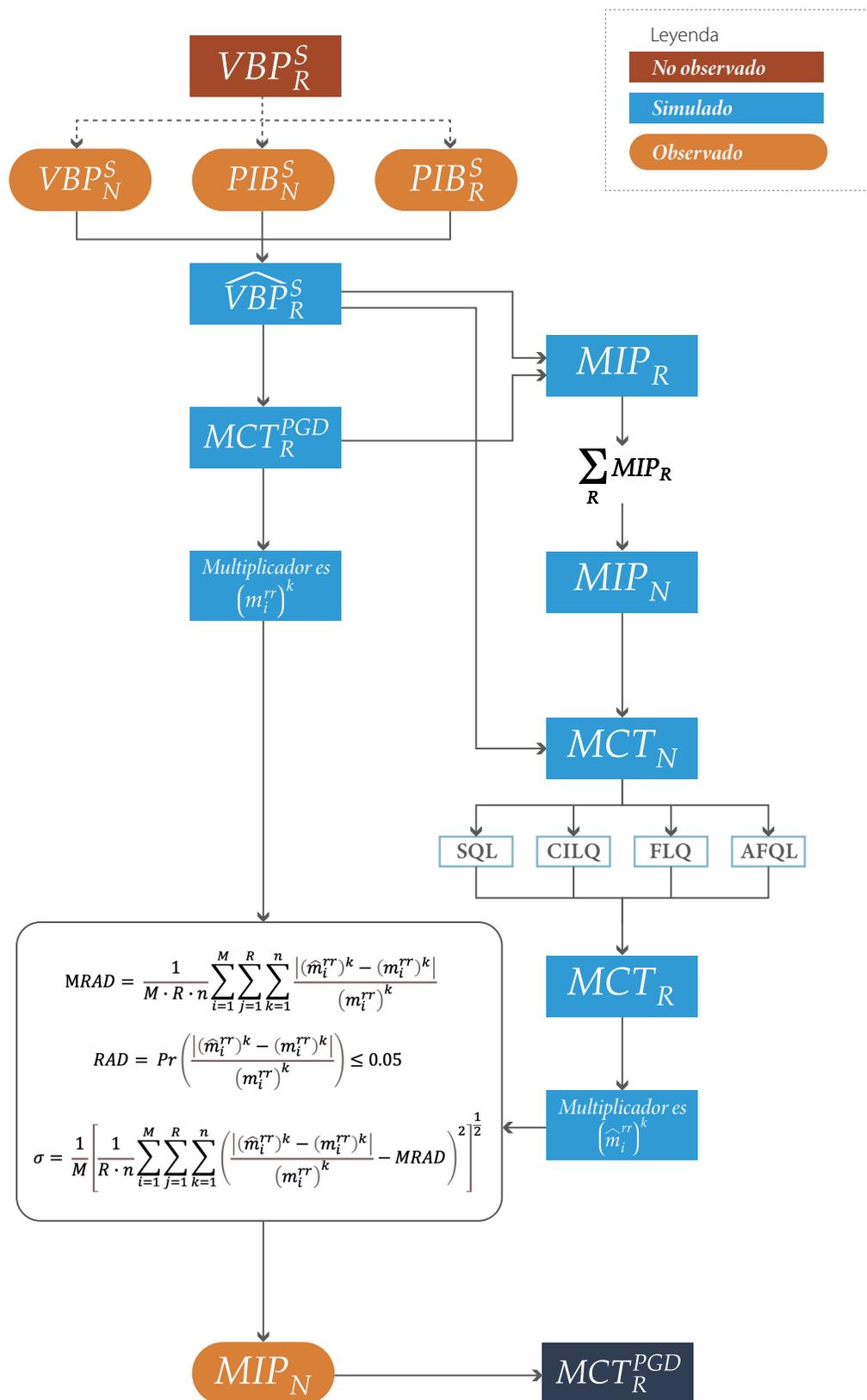
Finalmente, la desviación estándar (σ) establece qué tan alejadas están las diferencias relativas absolutas de la media de estas diferencias, así que la variabilidad del error es menor mientras la desviación estándar sea más cercana a cero. Este indicador se define como:

$$\sigma = \frac{1}{M} \left[\frac{1}{R \cdot N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^R \sum_{k=1}^N \left(\frac{|(\widehat{m}_i^{rr})^k - (m_i^{rr})^k|}{(m_i^{rr})^k} - MRAD \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$



La Figura 1 resume la metodología utilizada para calcular los multiplicadores de producción y MCT regionales a partir del mejor método de cociente de localización obtenido en la simulación Montecarlo. Primero, se utiliza el valor bruto de la producción sectorial nacional ($VBPN^S$), el PIB sectorial nacional ($PIBN^S$) y el PIB sectorial regional ($PIBR^S$) que provienen de datos verdaderos para calcular el valor bruto de la producción sectorial regional ($VBPR^S$) en cada año analizado (2013-2017). Segundo, se procede a la generación aleatoria de 1.000 matrices de coeficientes técnicos regionales que se asumen verdaderas ($MCTR^{PGD}$) y sus correspondientes multiplicadores de producción (m_i^r)^k para cada una de las regiones del país. Tercero, combinando las matrices de coeficientes técnicos regionales que se asumen verdaderas ($MCTR^{PGD}$) con el valor bruto de la producción sectorial regional ($VBPR^S$), se obtienen los flujos de insumos intersectoriales de MIP regionales simuladas (MIP_R). Cuarto, se hace la sumatoria de todas las matrices regionales simuladas para obtener una MIP nacional simulada (MIP_N). Quinto, los flujos de insumos intersectoriales de cada MIP nacional simulada se dividen por el valor bruto de la producción sectorial para obtener una MCT nacional simulada (MCT_N). Sexto, se utilizan diferentes métodos de cocientes de localización (SQL, CILQ, FLQ y AFLQ) que se aplican a las 1000 MCT nacionales simuladas para obtener los coeficientes técnicos regionales sectoriales (MCT_R) y sus respectivos multiplicadores de producción (\hat{m}_i^r)^k. Posteriormente, se comparan los multiplicadores (\hat{m}_i^r)^k obtenidos anteriormente con los multiplicadores que se asumen verdaderos (m_i^r)^k. Para esta comparación, se utilizan indicadores de desempeño estadístico MRAD, RAD y σ para elegir el cociente de localización que genera la mejor aproximación a los multiplicadores de las matrices que se asumen verdaderas. Finalmente, se utiliza el mejor método de cociente de localización para regionalizar la MCT nacional real (no simulada) que a su vez se obtiene de la MIP nacional real, así se obtiene la MCT de la región de Antofagasta.

Figura 1. Metodología general para el cálculo de Matriz de coeficientes técnicos sectoriales regionales



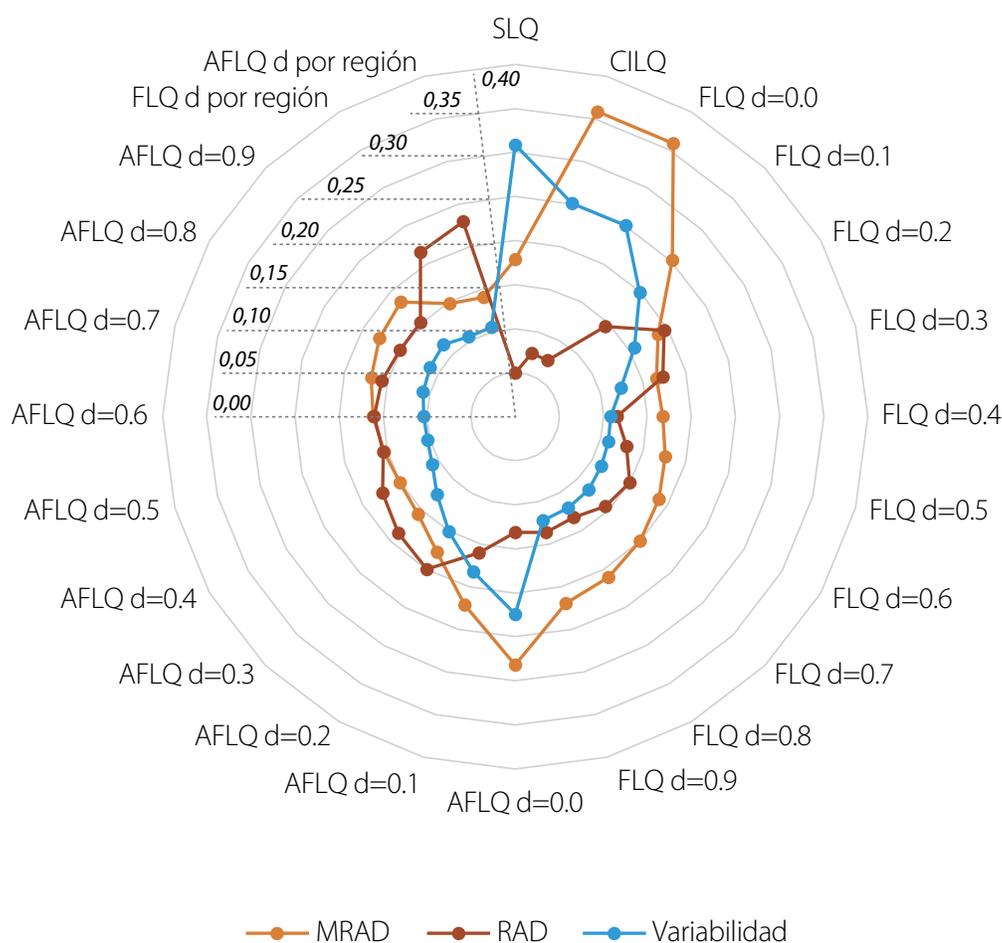


RESULTADOS

Matriz de Coeficientes Técnicos y Encadenamientos Regionales

A continuación, se muestran los indicadores de desempeño obtenidos en la simulación Montecarlo para escoger el mejor método de cociente de localización en los años 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017. En la Figura 2 se observa claramente que el método AFLQ con δ que varía por región entrega el menor MRAD para todos los años analizados.³ En cuanto al indicador RAD, se observa que el método AFLQ con δ que varía por región también entrega el RAD más alto para todos los años analizados. Finalmente, se observa que el método AFLQ con δ que varía por región tiene una baja variabilidad respecto a otros métodos, aunque no entrega la desviación estándar más baja.

Figura 2. Indicador de desempeño MRAD, RAD y variabilidad desviación estándar



Nota: MRAD = Mean Relative Absolute Distance. RAD = Relative Absolute Differences

Fuente: Elaboración propia

³ Cabe notar que la simulación de Montecarlo incluyó información de 15 regiones aun cuando en este estudio solo se reportan solamente los análisis para la Región de Antofagasta.

A partir de los diferentes indicadores estadísticos, y tal como sugiere la Figura 2, se concluye que el método AFLQ con δ que varía por región entrega los mejores resultados globales.⁴ Por lo anterior, este método es utilizado para la regionalización de la matriz de coeficientes técnicos nacionales. Cabe señalar que el δ óptimo para la región de Antofagasta es igual a 0.4 para el año 2017 e igual a 0.3 para los años 2013-2016.

Matriz de Coeficientes Técnicos Regionales

Una MIP regional describe los flujos de producción entre sectores económicos dentro de una región. En una MIP regional, z_{ij}^{rr} representa el flujo de producción desde el sector i hacia otro sector j en la misma región r , mientras que x_j^r es la producción del sector j en esa misma región j .

De manera que los coeficientes técnicos regionales a_{ij}^{rr} se obtienen como $a_{ij}^{rr} = \frac{z_{ij}^{rr}}{x_j^r}$.

Para construir una MCT regional a través de técnicas indirectas se requiere multiplicar los coeficientes técnicos nacionales a_{ij}^n por el mejor cociente de localización escogido en la sección anterior (AFLQ con δ que varía por región). En el AFLQ los coeficientes técnicos regionales a_{ij}^{rr} deben adoptar los siguientes valores:

$$a_{ij}^{rr} = \begin{cases} AFLQ_{ij}^r a_{ij}^n & \text{si } SLQ_{ij}^r > 1 \\ FLQ_{ij}^r a_{ij}^n & \text{si } SLQ_{ij}^r \leq 1 \end{cases} \quad (8)$$

A continuación, se presentan las MCT de la región de Antofagasta para los años 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017 obtenidas con el AFLQ con δ que varía por región.



4 El óptimo por región se escoge de manera iterativa considerando valores desde 0.0 hasta 0.9 (con incrementos de 0.1) con el objetivo de minimizar el MRAD

Tabla 2. MCT usando AFLQ óptimo por región ($\delta^{\text{Antofagasta}} = 0.3$) para el año 2013

a_{ij}^{rr}	Agropec.	Minería	Manufac.	Electri.	Constru.	Comercio	Transpor.	Financi.	Inmobil.	Empresa.	Publica	Persona.
Agropec.	0.0229	0.0000	0.0311	0.0008	0.0000	0.0011	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0003	0.0003
Minería	0.0052	0.1477	0.0282	0.0019	0.0047	0.0012	0.0009	0.0012	0.0004	0.0023	0.0008	0.0005
Manufac.	0.0974	0.0075	0.0314	0.0201	0.0405	0.0160	0.0159	0.0032	0.0005	0.0082	0.0136	0.0057
Electri.	0.0034	0.0074	0.0093	0.0642	0.0008	0.0027	0.0019	0.0016	0.0018	0.0021	0.0037	0.0068
Constru.	0.0020	0.0002	0.0007	0.0070	0.0683	0.0037	0.0027	0.0011	0.0905	0.0024	0.0067	0.0121
Comercio	0.0416	0.0067	0.0222	0.0140	0.0184	0.0303	0.0235	0.0092	0.0022	0.0176	0.0198	0.0066
Transpor.	0.0263	0.0068	0.0289	0.0137	0.0055	0.0319	0.0464	0.0203	0.0014	0.0191	0.0076	0.0112
Financie	0.0158	0.0009	0.0059	0.0076	0.0063	0.0085	0.0054	0.0264	0.0145	0.0067	0.0028	0.0006
Inmobil.	0.0018	0.0004	0.0019	0.0009	0.0007	0.0110	0.0041	0.0035	0.0034	0.0082	0.0069	0.0019
Empresa.	0.0163	0.0143	0.0261	0.0178	0.0127	0.0222	0.0199	0.0321	0.0072	0.0313	0.0133	0.0108
Persona.	0.0004	0.0002	0.0006	0.0003	0.0002	0.0007	0.0014	0.0008	0.0001	0.0006	0.0094	0.0007
Publica	0.0015	0.0005	0.0010	0.0012	0.0000	0.0011	0.0015	0.0003	0.0001	0.0004	0.0008	0.0016

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. MCT usando AFLQ óptimo por región ($\delta^{\text{Antofagasta}} = 0.3$) para el año 2014

a_{ij}^{rr}	Agropec.	Minería	Manufac.	Electri.	Constru.	Comercio	Transpor.	Financi.	Inmobil.	Empresa.	Publica	Persona.
Agropec.	0.0204	0.0000	0.0343	0.0008	0.0000	0.0011	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0005
Minería	0.0051	0.1149	0.0278	0.0050	0.0040	0.0011	0.0009	0.0016	0.0005	0.0024	0.0008	0.0007
Manufac.	0.0950	0.0070	0.0265	0.0176	0.0396	0.0139	0.0155	0.0038	0.0006	0.0070	0.0117	0.0047
Electri.	0.0037	0.0075	0.0108	0.0685	0.0010	0.0029	0.0020	0.0016	0.0019	0.0021	0.0041	0.0071
Constru.	0.0018	0.0001	0.0006	0.0053	0.0460	0.0028	0.0021	0.0008	0.0714	0.0017	0.0055	0.0093
Comercio	0.0407	0.0061	0.0226	0.0126	0.0186	0.0271	0.0230	0.0074	0.0020	0.0155	0.0192	0.0064
Transpor.	0.0294	0.0068	0.0308	0.0136	0.0060	0.0320	0.0456	0.0208	0.0016	0.0189	0.0079	0.0104
Financie	0.0182	0.0009	0.0065	0.0080	0.0071	0.0088	0.0054	0.0283	0.0193	0.0069	0.0029	0.0004
Inmobil.	0.0020	0.0005	0.0021	0.0012	0.0008	0.0118	0.0045	0.0036	0.0038	0.0081	0.0074	0.0019
Empresa.	0.0174	0.0155	0.0271	0.0192	0.0135	0.0228	0.0206	0.0359	0.0079	0.0321	0.0142	0.0109
Persona.	0.0004	0.0002	0.0007	0.0004	0.0002	0.0007	0.0014	0.0008	0.0002	0.0008	0.0096	0.0007
Publica	0.0014	0.0005	0.0011	0.0011	0.0000	0.0012	0.0015	0.0003	0.0001	0.0004	0.0008	0.0016

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. MCT usando AFLQ óptimo por región ($\delta^{\text{Antofagasta}} = 0.3$) para el año 2015

a_{ij}^{rr}	Agropec.	Minería	Manufac.	Electri.	Constru.	Comercio	Transpor.	Financi.	Inmobil.	Empresa.	Publica	Persona.
Agropec.	0.0148	0.0000	0.0281	0.0005	0.0000	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0004
Minería	0.0055	0.1272	0.0237	0.0052	0.0045	0.0010	0.0008	0.0015	0.0005	0.0022	0.0008	0.0008
Manufac.	0.1114	0.0067	0.0231	0.0132	0.0311	0.0119	0.0108	0.0035	0.0006	0.0059	0.0100	0.0040
Electri.	0.0057	0.0099	0.0137	0.0675	0.0010	0.0032	0.0024	0.0016	0.0021	0.0023	0.0044	0.0077
Constru.	0.0020	0.0002	0.0009	0.0058	0.0586	0.0034	0.0028	0.0009	0.0829	0.0022	0.0067	0.0106
Comercio	0.0448	0.0064	0.0258	0.0104	0.0174	0.0269	0.0235	0.0074	0.0019	0.0156	0.0192	0.0066
Transpor.	0.0360	0.0076	0.0344	0.0125	0.0059	0.0310	0.0455	0.0202	0.0015	0.0192	0.0075	0.0106
Financie	0.0245	0.0012	0.0078	0.0075	0.0060	0.0083	0.0054	0.0274	0.0180	0.0065	0.0028	0.0004
Inmobil.	0.0029	0.0004	0.0025	0.0011	0.0007	0.0120	0.0055	0.0039	0.0036	0.0082	0.0075	0.0019
Empresa.	0.0233	0.0165	0.0304	0.0173	0.0127	0.0222	0.0216	0.0346	0.0076	0.0303	0.0136	0.0109
Persona.	0.0006	0.0002	0.0009	0.0003	0.0002	0.0007	0.0014	0.0009	0.0002	0.0008	0.0098	0.0008
Publica	0.0011	0.0006	0.0016	0.0011	0.0003	0.0013	0.0018	0.0004	0.0001	0.0005	0.0009	0.0017

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. MCT usando AFLQ óptimo por región ($\delta^{\text{Antofagasta}} = 0.3$) para el año 2016

a_{ij}^{rr}	Agropec.	Minería	Manufac.	Electri.	Constru.	Comercio	Transpor.	Financi.	Inmobil.	Empresa.	Publica	Persona.
Agropec.	0.0074	0.0000	0.0190	0.0004	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002
Minería	0.0063	0.1313	0.0249	0.0030	0.0043	0.0010	0.0009	0.0016	0.0005	0.0025	0.0009	0.0008
Manufac.	0.1385	0.0040	0.0165	0.0138	0.0230	0.0082	0.0071	0.0027	0.0005	0.0041	0.0069	0.0028
Electri.	0.0085	0.0068	0.0133	0.0472	0.0008	0.0023	0.0019	0.0011	0.0014	0.0016	0.0030	0.0056
Constru.	0.0021	0.0002	0.0011	0.0072	0.0526	0.0032	0.0028	0.0008	0.0772	0.0019	0.0058	0.0098
Comercio	0.0423	0.0064	0.0370	0.0162	0.0169	0.0288	0.0257	0.0071	0.0018	0.0160	0.0187	0.0066
Transpor.	0.0336	0.0068	0.0450	0.0151	0.0051	0.0278	0.0431	0.0194	0.0012	0.0175	0.0069	0.0097
Financie	0.0283	0.0011	0.0111	0.0113	0.0065	0.0078	0.0058	0.0267	0.0174	0.0062	0.0026	0.0004
Inmobil.	0.0037	0.0004	0.0034	0.0015	0.0007	0.0117	0.0059	0.0036	0.0035	0.0078	0.0070	0.0018
Empresa.	0.0291	0.0163	0.0441	0.0243	0.0122	0.0218	0.0257	0.0359	0.0073	0.0300	0.0133	0.0107
Persona.	0.0007	0.0002	0.0014	0.0005	0.0002	0.0007	0.0016	0.0012	0.0002	0.0009	0.0098	0.0010
Publica	0.0012	0.0006	0.0021	0.0016	0.0003	0.0013	0.0019	0.0005	0.0001	0.0005	0.0008	0.0016

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. MCT usando AFLQ óptimo por región ($\delta^{\text{Antofagasta}} = 0.4$) para el año 2017

a_{ij}^{rr}	Agropec.	Minería	Manufac.	Electri.	Constru.	Comercio	Transpor.	Financi.	Inmobil.	Empresa.	Publica	Persona.
Agropec.	0.0117	0.0000	0.0256	0.0005	0.0000	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0003
Minería	0.0062	0.1462	0.0259	0.0032	0.0036	0.0011	0.0011	0.0019	0.0006	0.0030	0.0010	0.0007
Manufac.	0.0553	0.0028	0.0142	0.0123	0.0190	0.0075	0.0068	0.0027	0.0004	0.0036	0.0060	0.0025
Electri.	0.0029	0.0044	0.0080	0.0357	0.0006	0.0018	0.0015	0.0008	0.0010	0.0012	0.0022	0.0041
Constru.	0.0019	0.0001	0.0007	0.0055	0.0454	0.0026	0.0023	0.0006	0.0585	0.0015	0.0044	0.0069
Comercio	0.0303	0.0039	0.0205	0.0099	0.0115	0.0198	0.0192	0.0049	0.0012	0.0111	0.0126	0.0045
Transpor.	0.0205	0.0038	0.0244	0.0101	0.0032	0.0197	0.0303	0.0135	0.0008	0.0120	0.0046	0.0064
Financie	0.0135	0.0006	0.0063	0.0072	0.0046	0.0058	0.0044	0.0200	0.0121	0.0046	0.0018	0.0003
Inmobil.	0.0019	0.0002	0.0020	0.0010	0.0005	0.0087	0.0049	0.0026	0.0024	0.0055	0.0048	0.0014
Empresa.	0.0159	0.0100	0.0251	0.0166	0.0088	0.0164	0.0196	0.0260	0.0051	0.0209	0.0092	0.0076
Persona.	0.0004	0.0001	0.0008	0.0003	0.0001	0.0005	0.0012	0.0009	0.0001	0.0006	0.0070	0.0006
Publica	0.0011	0.0004	0.0014	0.0011	0.0002	0.0010	0.0016	0.0003	0.0001	0.0004	0.0005	0.0012

Fuente: Elaboración propia

Cabe señalar que una vez calculados los coeficientes técnicos regionales con el mejor método LQ determinado en la simulación Montecarlo se podrían calcular los flujos de insumos intrarregionales z_{ij}^{rr} a partir de la multiplicación de los coeficientes técnicos a_{ij}^{rr} y la producción sectorial regional x_j^r . Esta última variable se debe estimar a partir de los datos del PIB sectorial regional extrapolando la relación entre el PIB sectorial a nivel nacional y el valor bruto de la producción sectorial a nivel nacional. Por otra parte, los componentes de la demanda agregada final se deberían aproximar a partir de la relación nacional y/o información estadística regional complementaria. Una vez obtenidos los flujos de insumos intrarregionales, el PIB sectorial regional, la demanda final regional y las importaciones entonces existirían todos los elementos para construir una MIP en la región de Antofagasta. Sin embargo, la MIP regional no es un elemento esencial para determinar los encadenamientos productivos ya que solamente se requiere la MCT regional.

Encadenamientos Productivos Regionales

Para obtener los aportes de cada sector a la economía regional se propone utilizar un modelo intrarregional (Miller & Blair, 2009), el cual puede ser expresado como:

$$x^r = (I - A^{rr})^{-1} f^r \quad (9)$$

Donde el vector de producción regional es $x^r = [x_j^r]$, el vector de demanda final regional es $f^r = [f_j^r]$, la matriz de flujos de producción intersectorial a nivel regional es $z^{rr} = [z_{ij}^{rr}]$, y la matriz de coeficientes técnicos regional es $A^{rr} = [a_{ij}^{rr}]$. Este modelo insumo-producto intrarregional se puede utilizar para evaluar el efecto de un cambio en la demanda final sobre la producción a nivel sectorial en la región r , así como también, obtener los encadenamientos productivos hacia atrás y hacia adelante.⁵ Para lo anterior, se requiere obtener la matriz inversa de Leontief que se define como $(I - A^{rr})^{-1}$.

La interpretación para cada elemento de la matriz de Leontief es la cantidad de producción que debería realizar el sector i , para satisfacer una unidad de demanda final neta de importaciones del sector j . A continuación, se presentan las matrices inversas de Leontief de la región de Antofagasta para los años 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017:

Tabla 7. Matriz inversa de Leontief en la región de Antofagasta para el año 2013

	Agropec.	Minería	Manufac.	Electri.	Constru.	Comercio	Transpor.	Financi.	Inmobil.	Empresa.	Publica	Persona.
Agropec.	1.0268	0.0003	0.0331	0.0016	0.0015	0.0018	0.0006	0.0002	0.0002	0.0005	0.0009	0.0005
Minería	0.0100	1.1737	0.0348	0.0033	0.0075	0.0022	0.0018	0.0018	0.0012	0.0032	0.0016	0.0010
Manufac.	0.1052	0.0098	1.0376	0.0235	0.0458	0.0184	0.0182	0.0044	0.0050	0.0098	0.0154	0.0071
Electri.	0.0051	0.0095	0.0109	1.0690	0.0016	0.0034	0.0025	0.0020	0.0022	0.0026	0.0044	0.0074
Constru.	0.0030	0.0005	0.0016	0.0084	1.0736	0.0055	0.0037	0.0019	0.0976	0.0037	0.0082	0.0134
Comercio	0.0481	0.0090	0.0271	0.0172	0.0222	1.0334	0.0266	0.0111	0.0046	0.0198	0.0218	0.0080
Transpor.	0.0341	0.0095	0.0345	0.0174	0.0090	0.0360	1.0508	0.0232	0.0030	0.0220	0.0098	0.0127
Financie	0.0182	0.0015	0.0076	0.0090	0.0077	0.0098	0.0065	1.0277	0.0157	0.0076	0.0036	0.0010
Inmobil.	0.0030	0.0009	0.0028	0.0015	0.0013	0.0119	0.0049	0.0041	1.0037	0.0088	0.0075	0.0022
Empresa.	0.0229	0.0183	0.0309	0.0216	0.0165	0.0256	0.0231	0.0351	0.0096	1.0339	0.0154	0.0122
Persona.	0.0006	0.0003	0.0008	0.0004	0.0003	0.0008	0.0016	0.0009	0.0002	0.0007	1.0095	0.0007
Publica	0.0018	0.0006	0.0012	0.0013	0.0001	0.0013	0.0017	0.0004	0.0001	0.0005	0.0009	1.0016

Fuente: Elaboración propia

⁵ El encadenamiento hacia atrás del sector j se define como la suma de toda la columna j de la matriz inversa de Leontief, mientras que el encadenamiento hacia adelante del sector i se define como la suma de toda la fila i de la matriz inversa de Leontief.

Tabla 8. Matriz inversa de Leontief en la región de Antofagasta para el año 2014

	Agropec.	Minería	Manufac.	Electri.	Constru.	Comercio	Transpor.	Financi.	Inmobil.	Empresa.	Publica	Persona.
Agropec.	1.0244	0.0003	0.0362	0.0016	0.0016	0.0017	0.0007	0.0002	0.0002	0.0005	0.0008	0.0007
Minería	0.0094	1.1302	0.0329	0.0069	0.0063	0.0020	0.0018	0.0022	0.0011	0.0032	0.0015	0.0012
Manufac.	0.1018	0.0087	1.0325	0.0206	0.0435	0.0159	0.0175	0.0049	0.0040	0.0083	0.0132	0.0059
Electri.	0.0057	0.0093	0.0126	1.0740	0.0018	0.0036	0.0027	0.0020	0.0023	0.0026	0.0048	0.0078
Constru.	0.0026	0.0004	0.0013	0.0063	1.0485	0.0042	0.0029	0.0014	0.0752	0.0027	0.0066	0.0101
Comercio	0.0469	0.0080	0.0274	0.0154	0.0218	1.0298	0.0259	0.0093	0.0040	0.0174	0.0211	0.0075
Transpor.	0.0375	0.0092	0.0366	0.0173	0.0094	0.0360	1.0499	0.0238	0.0031	0.0216	0.0101	0.0119
Financie	0.0208	0.0014	0.0084	0.0095	0.0084	0.0102	0.0065	1.0297	0.0207	0.0079	0.0038	0.0009
Inmobil.	0.0033	0.0008	0.0031	0.0019	0.0014	0.0126	0.0054	0.0043	1.0041	0.0088	0.0080	0.0022
Empresa.	0.0243	0.0190	0.0321	0.0233	0.0171	0.0262	0.0239	0.0392	0.0103	1.0347	0.0163	0.0123
Persona.	0.0006	0.0003	0.0009	0.0005	0.0003	0.0008	0.0015	0.0010	0.0002	0.0009	1.0097	0.0007
Publica	0.0017	0.0006	0.0013	0.0012	0.0001	0.0013	0.0016	0.0004	0.0001	0.0005	0.0009	1.0016

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Matriz inversa de Leontief en la región de Antofagasta para el año 2015

	Agropec.	Minería	Manufac.	Electri.	Constru.	Comercio	Transpor.	Financi.	Inmobil.	Empresa.	Publica	Persona.
Agropec.	1.0185	0.0003	0.0294	0.0010	0.0010	0.0013	0.0004	0.0002	0.0001	0.0003	0.0006	0.0005
Minería	0.0099	1.1461	0.0284	0.0070	0.0065	0.0017	0.0015	0.0020	0.0012	0.0029	0.0014	0.0012
Manufac.	0.1178	0.0084	1.0286	0.0154	0.0345	0.0135	0.0123	0.0044	0.0038	0.0070	0.0112	0.0050
Electri.	0.0085	0.0124	0.0159	1.0729	0.0018	0.0040	0.0031	0.0020	0.0024	0.0029	0.0051	0.0085
Constru.	0.0032	0.0005	0.0018	0.0069	1.0626	0.0051	0.0039	0.0016	0.0885	0.0033	0.0081	0.0117
Comercio	0.0521	0.0086	0.0307	0.0129	0.0206	1.0295	0.0263	0.0092	0.0041	0.0175	0.0210	0.0078
Transpor.	0.0458	0.0103	0.0406	0.0158	0.0091	0.0348	1.0498	0.0231	0.0030	0.0219	0.0096	0.0120
Financie	0.0277	0.0019	0.0100	0.0089	0.0072	0.0096	0.0065	1.0288	0.0193	0.0075	0.0035	0.0009
Inmobil.	0.0045	0.0009	0.0036	0.0017	0.0013	0.0129	0.0064	0.0046	1.0040	0.0089	0.0080	0.0022
Empresa.	0.0318	0.0205	0.0358	0.0209	0.0161	0.0254	0.0248	0.0378	0.0101	1.0328	0.0156	0.0123
Persona.	0.0009	0.0003	0.0011	0.0004	0.0003	0.0008	0.0015	0.0010	0.0002	0.0009	1.0099	0.0009
Publica	0.0015	0.0008	0.0019	0.0013	0.0004	0.0014	0.0020	0.0005	0.0002	0.0006	0.0010	1.0017

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10. Matriz inversa de Leontief en la región de Antofagasta para el año 2016

	Agropec.	Minería	Manufac.	Electrí.	Constru.	Comercio	Transpor.	Financi.	Inmobil.	Empresa.	Publica	Persona.
Agropec.	1.0102	0.0001	0.0196	0.0007	0.0005	0.0006	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0003
Minería	0.0118	1.1514	0.0298	0.0043	0.0061	0.0016	0.0015	0.0021	0.0011	0.0032	0.0014	0.0012
Manufac.	0.1436	0.0051	1.0209	0.0156	0.0251	0.0092	0.0081	0.0033	0.0026	0.0047	0.0076	0.0035
Electrí.	0.0115	0.0084	0.0150	1.0500	0.0013	0.0028	0.0024	0.0014	0.0016	0.0020	0.0035	0.0060
Constru.	0.0034	0.0004	0.0021	0.0084	1.0558	0.0048	0.0038	0.0014	0.0819	0.0030	0.0070	0.0107
Comercio	0.0519	0.0085	0.0426	0.0194	0.0200	1.0315	0.0288	0.0090	0.0038	0.0179	0.0204	0.0077
Transpor.	0.0454	0.0092	0.0516	0.0188	0.0080	0.0312	1.0471	0.0220	0.0025	0.0199	0.0088	0.0110
Financie	0.0322	0.0017	0.0135	0.0129	0.0077	0.0091	0.0069	1.0280	0.0187	0.0071	0.0033	0.0008
Inmobil.	0.0056	0.0008	0.0049	0.0023	0.0013	0.0126	0.0069	0.0043	1.0038	0.0085	0.0075	0.0021
Empresa.	0.0410	0.0204	0.0508	0.0287	0.0156	0.0251	0.0293	0.0392	0.0096	1.0326	0.0153	0.0121
Persona.	0.0011	0.0003	0.0016	0.0007	0.0003	0.0008	0.0018	0.0013	0.0002	0.0010	1.0100	0.0010
Publica	0.0017	0.0008	0.0024	0.0018	0.0004	0.0014	0.0021	0.0006	0.0002	0.0006	0.0009	1.0017

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Matriz inversa de Leontief en la región de Antofagasta para el año 2017

	Agropec.	Minería	Manufac.	Electrí.	Constru.	Comercio	Transpor.	Financi.	Inmobil.	Empresa.	Publica	Persona.
Agropec.	1.0133	0.0001	0.0264	0.0009	0.0005	0.0008	0.0002	0.0001	0.0000	0.0002	0.0003	0.0003
Minería	0.0093	1.1714	0.0313	0.0045	0.0051	0.0018	0.0017	0.0026	0.0011	0.0037	0.0014	0.0010
Manufac.	0.0575	0.0035	1.0166	0.0134	0.0204	0.0081	0.0074	0.0031	0.0017	0.0040	0.0065	0.0029
Electrí.	0.0037	0.0054	0.0088	1.0373	0.0008	0.0021	0.0018	0.0010	0.0011	0.0014	0.0024	0.0043
Constru.	0.0024	0.0002	0.0012	0.0061	1.0477	0.0034	0.0030	0.0010	0.0615	0.0021	0.0051	0.0075
Comercio	0.0334	0.0050	0.0232	0.0114	0.0130	1.0211	0.0208	0.0059	0.0021	0.0120	0.0134	0.0050
Transpor.	0.0241	0.0050	0.0273	0.0118	0.0044	0.0214	1.0323	0.0148	0.0014	0.0131	0.0054	0.0070
Financie	0.0148	0.0009	0.0075	0.0080	0.0053	0.0065	0.0050	1.0208	0.0127	0.0051	0.0022	0.0005
Inmobil.	0.0026	0.0004	0.0026	0.0014	0.0008	0.0092	0.0054	0.0030	1.0025	0.0059	0.0051	0.0015
Empresa.	0.0195	0.0124	0.0282	0.0188	0.0104	0.0181	0.0215	0.0276	0.0063	1.0222	0.0102	0.0082
Persona.	0.0005	0.0002	0.0009	0.0004	0.0002	0.0006	0.0013	0.0009	0.0001	0.0007	1.0070	0.0007
Publica	0.0012	0.0005	0.0015	0.0012	0.0002	0.0010	0.0017	0.0004	0.0001	0.0004	0.0006	1.0012

Fuente: Elaboración propia



Las diferentes matrices presentadas ofrecen una perspectiva para entender el tejido de consumos intermedios intrarregionales. Sin embargo, estas matrices contienen una gran cantidad de conexiones sectoriales que dificultan una comprensión del rol e impacto que tienen los sectores a nivel local. En función de lo anterior, la metodología ofrece como alternativa la construcción de los multiplicadores de producción $m(o)_j^r$ los cuales miden los efectos directos e indirectos en toda la economía regional generados por el incremento de una unidad en la demanda final del sector j . Esto implica que cada multiplicador del sector j mide la integración regional del proceso productivo de una producción en el margen de su capacidad. Este indicador se calcula como:

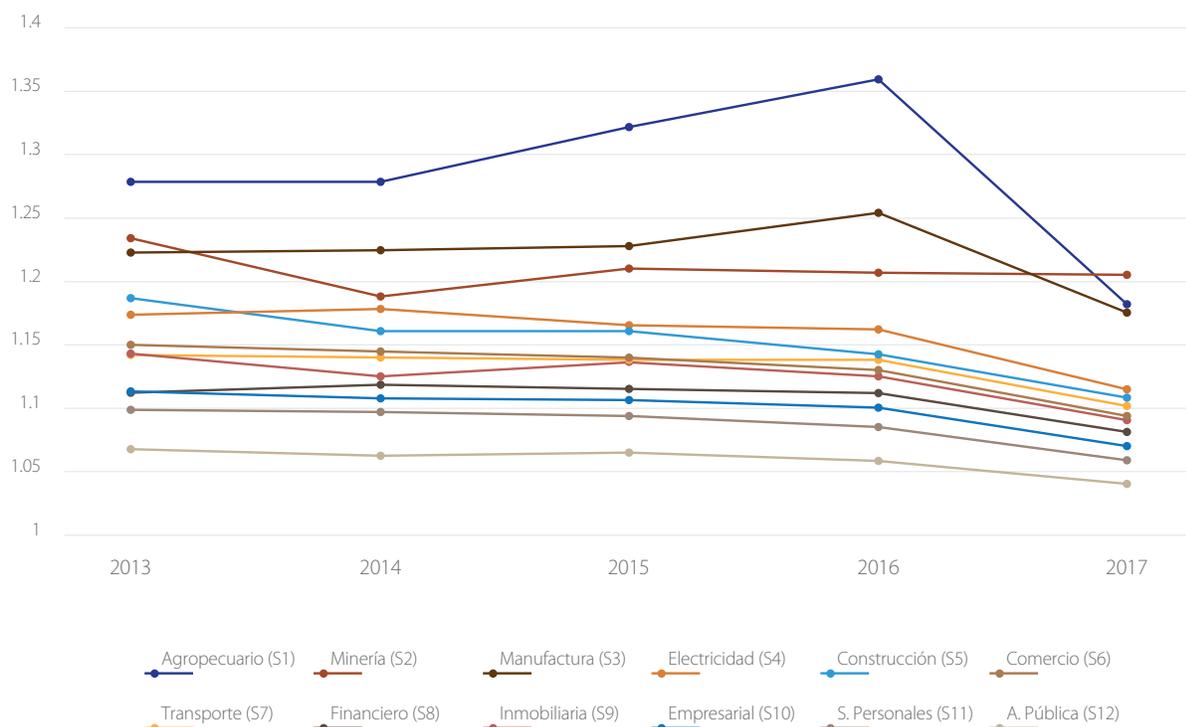
$$m(o)_j^r = \sum_{i=1}^n l_{ij}^r \quad (10)$$

Donde l_{ij}^r representa los elementos de la matriz $(I - A^r)^{-1} = L^r$.

La Figura 3 (ver también Tabla A.1 en el Anexo) muestra los multiplicadores de producción para cada sector en la región de Antofagasta para todos los años de estudio. A lo largo del período de análisis aparecen diferentes patrones a considerar. En primer lugar, existe un grupo de sectores que se caracterizan por un medio/bajo encadenamiento regional a lo largo del período, compuesto por todos los sectores exceptuando Agropecuario (S1), Manufactura (S2) y Minería (S3). El grupo de sectores con encadenamientos medios bajos son sectores cuya función de producción está basada en insumos o procesos cuya oferta no es absorbida regionalmente. En otras palabras, son sectores cuyos insumos pueden ser inyectados desde otras regiones o desde el extranjero.

Existe un segundo grupo que lidera los encadenamientos a lo largo del período y que comparten el liderazgo a lo largo del período. El sector Agropecuario (S1) es el sector con mayor encadenamiento local para todos los años, exceptuando el 2017. Este sector está altamente integrado al tejido productivo de la región de Antofagasta. Así mismo, el sector Manufactura (S2) también muestra un alto encadenamiento, más estable que el del sector Agropecuario (S1), pero también decayendo en el 2017. El sector Minería (S3) mantiene un comportamiento estable a lo largo del período, pero destacando su liderazgo en el año 2017. En este año el sector Minería (S1) alcanza el mayor encadenamiento regional, implicando que, por cada aumento marginal en la producción del sector, se desencadena un aumento marginal de 0.21 unidades en el resto del tejido regional.

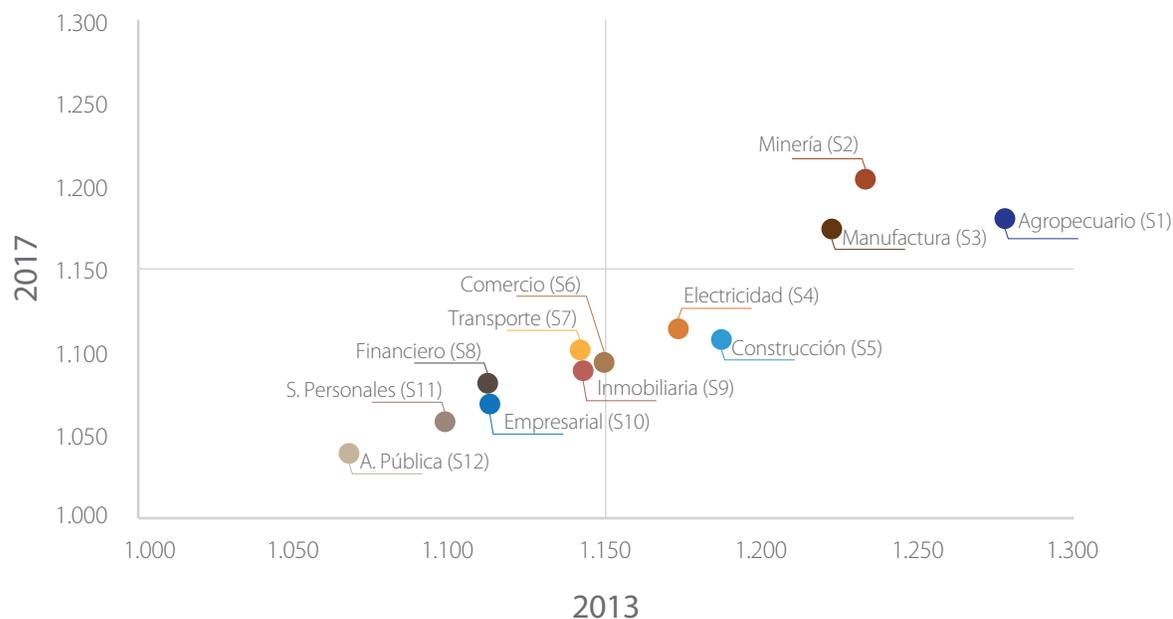
Figura 3. Multiplicadores de producción en la región de Antofagasta según año



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con lo anterior, el tejido productivo regional se caracteriza por los sectores con alto encadenamiento y aquellos cuyo proceso productivo no se integra completamente a la economía regional. Sin embargo, el comportamiento de ambos grupos es inestable a través del período. Una manera de generalizar el comportamiento sectorial consiste en comparar el año inicial de análisis, 2013, con el año final, 2017, tal como se observa en la figura 4. Esta figura muestra los encadenamientos y los divide en cuadrantes acordes a los sectores que están por sobre o bajo el promedio de cada año. El cuadrante noreste refleja los sectores que lideran los encadenamientos en ambos años, mientras que el cuadrante sur oeste sugiere los sectores que no están altamente integrados en la región.

Figura 4. Multiplicadores de producción en la región de Antofagasta para los años 2013 y 2017.



Fuente: Elaboración propia

La Figura 4 refuerza las conclusiones ya obtenidas anteriormente: el sector Agropecuario (S1), Manufactura (S3) y Minería (S2) lideran los encadenamientos y son sectores claves para fomentar la producción regional. La mayoría de los sectores asociados a servicios no se encuentran altamente integrados, siendo su comportamiento similar en tanto para el 2013, como el 2017. De hecho, sólo tres de los doce sectores logran conectarse sistemáticamente al tejido productivo local. La Figura 4 también muestra aquellos sectores que han retrocedido en su participación del tejido regional productivo. Electricidad (S4) y Construcción (S5) eran sectores cuyos multiplicadores estaban por sobre el promedio durante el año 2013, pero cuyo desempeño retrocedió notoriamente para el año 2017. Finalmente, también se destaca el hecho que el cuadrante noroeste no muestra sector alguno, o equivalentemente, no existe un sector económico que haya mejorado su desempeño entre el 2013 y 2017 (respecto a la media regional de multiplicadores).

Si bien los encadenamientos analizados muestran la fuerza que tiene la integración sectorial en la región, este indicador también sufre de algunas limitaciones. En específico, los multiplicadores no contemplan la escala de producción del sector. Por ejemplo, a pesar de que el sector Agropecuario (S1) localiza su cadena de valor en la región, es también perfectamente factible que su escala de producción sea muy inferior al resto de los sectores, al punto tal que su efecto escalado por producción sea marginal para la economía regional. Un claro ejemplo de este sesgo lo ejemplifica el sector Minería (S3) ya que representa alrededor del 55% de la actividad económica regional y el 90% de las exportaciones regionales (OECD, 2018). La solución a este problema consiste en simular un shock exógeno que tendría un incremento del 1% en el PIB de

cada sector, lo cual combina la escala y los encadenamientos recién descritos para entregar un impacto ajustado a la relevancia de cada sector.

Impacto del Sector Minero sobre el PIB Regional

Este ejercicio simula un crecimiento en la demanda final para cada sector equivalente a 1% de su respectivo PIB sectorial, lo cual se complementa con la matriz de multiplicadores ya estimada. Este crecimiento en la demanda final genera un efecto económico en el mismo sector (efecto directo), así como en el resto de los sectores (efecto indirecto) a través de los encadenamientos regionales. La Tabla 12 presenta los efectos directos, indirectos y totales simulados. En cuanto a los efectos totales, la Tabla 12 revela que el sector Minería (S2) es el sector con mayor impacto en la economía regional. Un incremento del 1% de su demanda final, alrededor de 85 mil millones de pesos, o PIB en equilibrio, incrementaría el valor bruto de la producción regional en 103 mil millones de pesos para el 2017, representando un crecimiento del 0.65% para el PIB regional. Este impacto es significativamente mayor al crecimiento simulado en el resto de los sectores. El sector que le sigue es Construcción (S5) que bordea un impacto de 19 mil millones, mientras que el sector Empresarial (S10) bordea los 17 mil millones, representando el 0.12% y 0.11%, respectivamente. Este cálculo corrige la limitación de escala de los multiplicadores antes calculados ya que el sector Agropecuario (S1) ahora reporta un impacto significativamente menor que el resto de los sectores.

Este impacto total se desagrega en un impacto directo del sector específico y los impactos indirectos a través de la compra de insumos en el resto de los sectores. Nuevamente se destaca que el sector Minería (S2) reporta el mayor efecto indirecto en comparación con el resto de los sectores, duplicando, en promedio anual, el impacto del sector que le sigue, Construcción (S5). Si bien los impactos totales del sector Minería (S2) han sido crecientes a lo largo del período, también se aprecia una reducción en su impacto indirecto. De hecho, el impacto indirecto del sector se ha reducido a la mitad entre el año 2013 y 2017, revelando un desafío para la integración a la propia economía regional de Antofagasta.



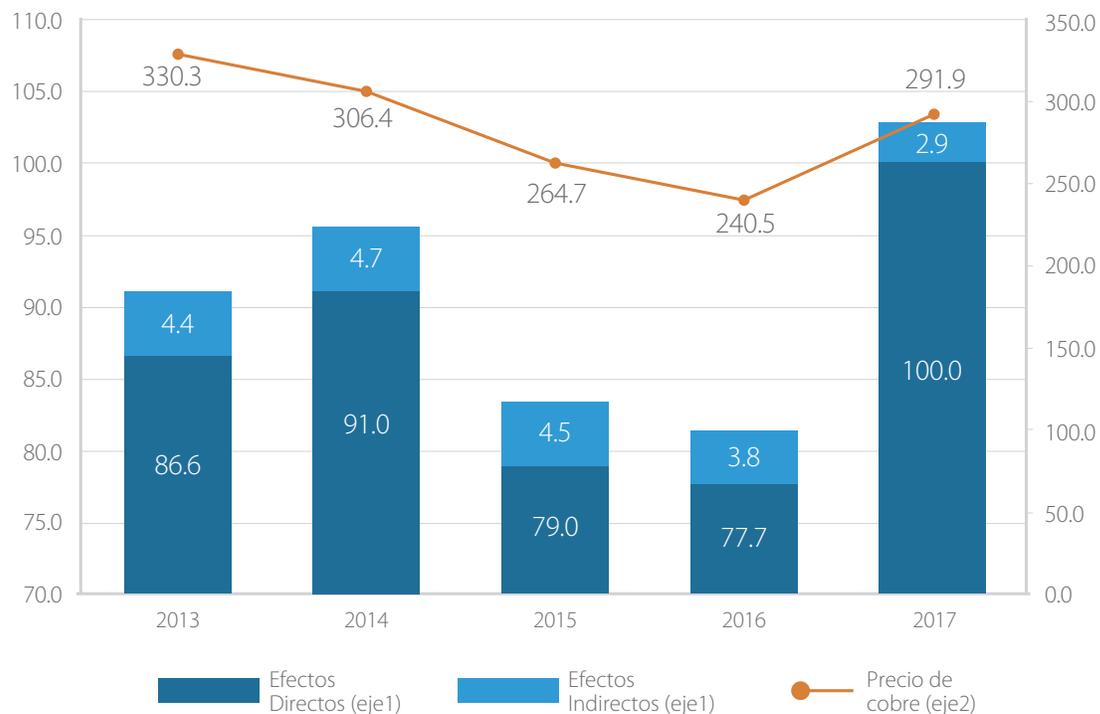
Tabla 12. Efectos directos, indirectos y totales generados ante un incremento en la demanda final equivalente al 1% en el PIB de cada sector.

Efectos Totales												
	Agropecuario (S1)	Minería (S2)	Manufactura (S3)	Electricidad (S4)	Construcción (S5)	Comercio (S6)	Transporte (S7)	Financiero (S8)	Inmobiliaria (S9)	Empresarial (S10)	S. Personales (S11)	A. Pública (S12)
2013	0.27	91.07	9.72	4.71	18.49	5.44	7.20	4.23	3.06	12.71	6.56	2.11
2014	0.31	95.70	9.30	4.90	21.42	5.99	7.67	4.48	3.30	13.34	7.02	2.30
2015	0.26	83.46	9.82	7.42	22.45	6.64	8.65	4.61	3.75	13.71	7.79	2.51
2016	0.22	81.44	8.54	9.36	20.36	7.12	8.60	4.47	4.07	13.26	8.27	2.75
2017	0.21	102.87	7.22	8.99	16.86	6.96	7.67	4.13	4.33	12.26	8.51	2.87
Efectos Directos												
	Agropecuario (S1)	Minería (S2)	Manufactura (S3)	Electricidad (S4)	Construcción (S5)	Comercio (S6)	Transporte (S7)	Financiero (S8)	Inmobiliaria (S9)	Empresarial (S10)	S. Personales (S11)	A. Pública (S12)
2013	0.22	86.63	8.24	4.29	16.72	4.89	6.63	3.91	2.69	11.80	6.02	1.98
2014	0.24	91.03	7.83	4.47	19.36	5.39	7.06	4.13	2.94	12.44	6.46	2.17
2015	0.20	78.99	8.22	6.83	20.54	6.00	7.97	4.25	3.31	12.80	7.19	2.36
2016	0.16	77.68	6.94	8.45	18.82	6.49	7.91	4.13	3.63	12.44	7.69	2.61
2017	0.18	100.00	6.25	8.36	15.93	6.49	7.19	3.90	3.98	11.70	8.09	2.77
Efectos Indirectos												
	Agropecuario (S1)	Minería (S2)	Manufactura (S3)	Electricidad (S4)	Construcción (S5)	Comercio (S6)	Transporte (S7)	Financiero (S8)	Inmobiliaria (S9)	Empresarial (S10)	S. Personales (S11)	A. Pública (S12)
2013	0.05	4.45	1.47	0.42	1.77	0.55	0.58	0.32	0.37	0.90	0.53	0.13
2014	0.06	4.68	1.46	0.43	2.06	0.60	0.61	0.36	0.36	0.89	0.56	0.13
2015	0.06	4.47	1.59	0.59	1.91	0.64	0.67	0.36	0.44	0.91	0.61	0.15
2016	0.06	3.76	1.59	0.91	1.54	0.62	0.69	0.34	0.44	0.82	0.58	0.15
2017	0.03	2.87	0.98	0.63	0.93	0.46	0.49	0.23	0.35	0.56	0.42	0.11

Nota: Valores muestran mil millones de pesos chilenos.

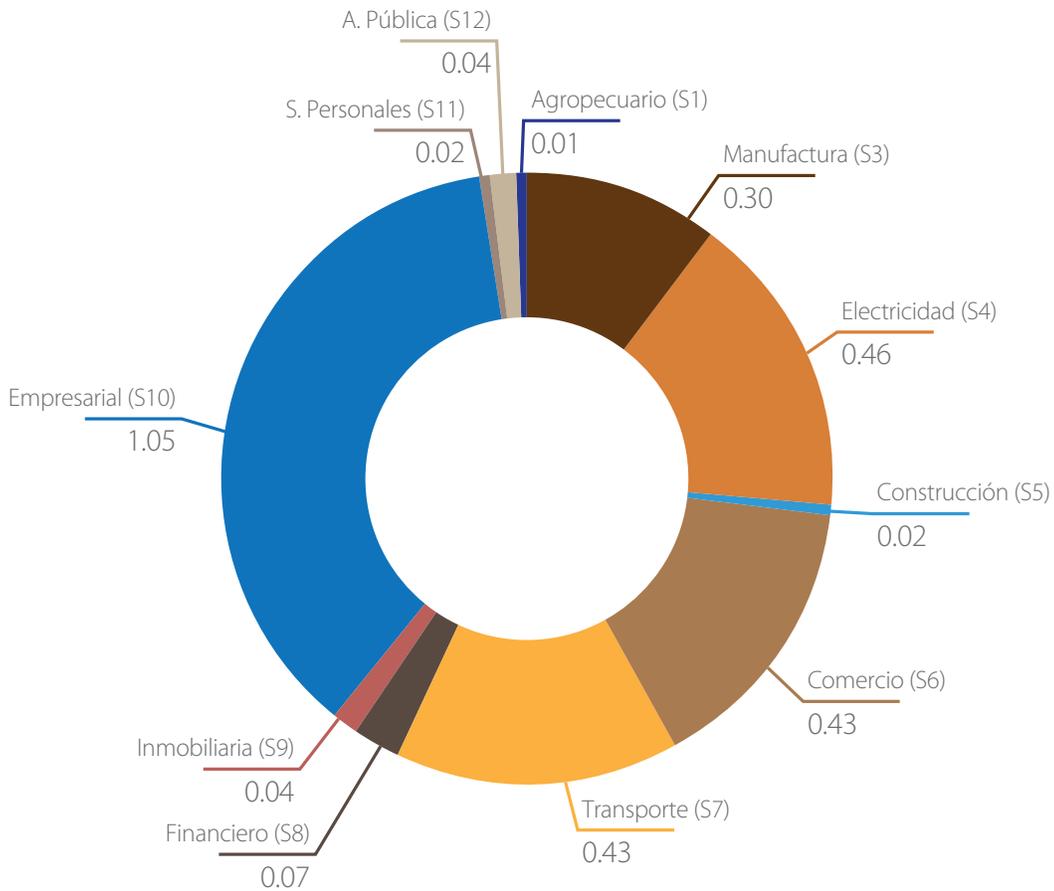
La Figura 5 profundiza en los efectos del sector Minería (S2). Tal como se aprecia, el sector ha concentrado e incrementado sus efectos directos, pero a costa de reducir los efectos en el resto de los sectores. Esta tendencia se correlaciona con el precio del cobre, principal componente de la producción minera nacional. El repunte del precio durante el 2017 incrementó los impactos del PIB por el efecto precio evidente, pero también implicó una concentración del efecto en el propio sector. La Figura 6 amplía los efectos indirectos del sector Minería (S2) para el año 2017. El shock del sector Minería (S2) tiene el mayor impacto sobre los sectores de Servicios Empresariales (S10), y Electricidad, Gas, Agua y Gestión de Desechos (S4), Comercio (S6), Transporte (S7) y Manufactura (S3). Estos sectores concentran gran parte del impacto indirecto en la región de Antofagasta, relegando al resto de los sectores a una participación regional marginal en dichos impactos.

Figura 5. Efectos Directos e Indirectos de la minería para los años 2013-2017



Nota: Efectos por un aumento de un 1% en el PIB del sector de la minería para cada año. Valores en mil millones de pesos chilenos. Precio del cobre corresponde a centavos de dólar por libra, en términos reales del 2012. Dato obtenido de la Comisión Chilena del Cobre.

Figura 6. Distribución de efectos directos e indirectos de la minería para el 2017



Nota: Valores en mil millones de pesos chilenos.

La simulación de un crecimiento en la demanda final equivalente al 1% del PIB sectorial permite reducir el sesgo de escala que presenta los multiplicadores, pero también adolece de algunas restricciones. En específico, el crecimiento en la demanda final incrementa la producción del sector, pero no captura el impacto de la inversión que muchos sectores realizan en otros sectores. La siguiente sección se hace cargo de esta restricción.

Efectos Regionales de la Inversión Minera

La simulación del impacto que tendría la inversión del sector Minería (S2) necesita de información que no necesariamente está disponible. En primer lugar, la simulación necesita la inversión regional del sector, así como la participación de los diferentes sectores receptores de dicha inversión (por ejemplo, construcción). Esta limitación es abordada con los siguientes supuestos. En primer lugar, se asume que la inversión minera regional tiene una estructura de



participación sectorial en la región equivalente a la inversión minera nacional. En otras palabras, el destino de la inversión minera en la región de Antofagasta coincide con el destino de la FBCF (Formación Bruta de Capital Fijo) del país reportada por el Banco Central a través de sus cuentas nacionales.⁶ El 62% de participación del sector Construcción (S5) se obtuvo sumando la participación de “Vivienda”, “Edificación no Habitacional” y “Obras de Ingeniería”. El 32% de participación del sector Manufactura (S3) se obtuvo sumando la participación de “Equipo de Transporte” y “Maquinaria y Equipos excepto Transporte”. El 5% de Servicios Empresariales se obtuvo de sumando la participación de “Investigación y Desarrollo” y “Exploración y Evaluación Minera”. Finalmente, el 2% de participación del sector Transporte, Comunicaciones y Servicios de Información (S7) se obtuvo sumando la participación de “Programas de Informática”. Si bien esta extrapolación puede no ser totalmente precisa, al menos nos permite simular la composición sectorial de dicha inversión minera.

En segundo lugar, el análisis reconoce la falta de información sobre participación que tiene la Región de Antofagasta en dicha inversión nacional. Ante esta dificultad se utilizan los datos de inversión regional total en el Sector Minería para el año 2017 publicados por COCHILCO.⁷ De acuerdo con esta fuente el sector minero proyecta una inversión aproximada de 3.750 mil millones de pesos, aproximadamente. Este dato se complementa con la desagregación sectorial antes mencionada para simular el impacto regional.

Considerando los supuestos recién descritos, la Tabla 13 muestra la simulación sobre los impactos de una inversión total de 3,750 mil millones de pesos entre los cuatro sectores antes mencionados. En este caso, la economía regional recibiría un impacto total de un 112.8% de la inversión inicial, siendo el sector Manufactura (S3) y Construcción (S5) los sectores más beneficiados. Estos dos sectores representan cerca del 87% del impacto total. Tal como se discutió anteriormente, el aumento de la inversión del sector Minería (S2) también arrastra al resto del tejido productivo local logrando un impacto indirecto que bordea los 480 mil millones de pesos. En específico la inversión de 3,750 mil millones en el sector Minería (S2) implica un impacto total de 2,431 mil millones en el sector Construcción (S5) y 1,254 mil millones en el sector Manufactura (S3).

6 El detalle está disponible en <https://www.bcentral.cl/contenido/-/detalle/cuentas-nacionales-chile-2013-2019-2019>.
7 Información disponible en <https://www.cochilco.cl/Paginas/Estudios/Listado%20Tem%C3%A1tico/Inversi%C3%B3n-en-la-Miner%C3%ADa-Chilena.aspx>



Tabla 13. Efectos generados ante una inversión Minera en otros sectores de la Región de Antofagasta para el año 2017

	Desagregación sectorial de la inversión regional en el sector Minería (S2)
Agropecuario (S1)	32.8
Minería (S2)	50.0
Manufactura (S3)	1,263.0
Electricidad (S4)	12,9
Construcción (S5)	2,447.9
Comercio (S6)	61.7
Transporte (S7)	111.1
Financiero (S8)	22.4
Inmobiliaria (S9)	6.4
Empresarial (S10)	245.0
S. Personales (S11)	1.7
A. Pública (S12)	2.6
Total	4,257.5
Directo	3,774.3
Indirecto	483.2

CONCLUSIONES

Este estudio tuvo por objetivo aportar tres productos de valor para la economía regional de Antofagasta: 1) Elaboración de la Matriz de Coeficientes Técnicos para la Región de Antofagasta y la consecuente cuantificación de los encadenamientos productivos del sector minero en la Región de Antofagasta para los años 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017, 2) Simular el impacto que tiene un incremento en la demanda final equivalente a 1% del PIB sectorial sobre la producción de la Región de Antofagasta y 3) Simular el impacto que tendría una inversión minera sobre el resto de los sectores económicos en la región. Estos objetivos se lograron a través de la utilización de técnicas indirectas que regionalizan la Matriz de Coeficientes Técnicos nacional e información secundaria que alimentó un proceso de simulación Montecarlo para escoger la mejor técnica indirecta de regionalización. El resultado de las simulaciones demuestra que la técnica AFLQ con delta variable por región proporciona la mejor serie de multiplicadores de producción regionales, matrices de coeficientes técnicos regionales y matrices inversas de Leontief regionales calculadas para los años 2013, 2014, 2015, 2016 y 2017.

De acuerdo con los objetivos del proyecto, los resultados del presente informe se agrupan en tres áreas. Primero, el sector Minería (S2) lidera los encadenamientos a nivel regional en conjunto con el sector Agropecuario (S1) y Manufactura (S3). Los tres sectores poseen un encadenamiento por sobre el promedio a lo largo de todos los años. En específico, el sector Minería (S2) lidera los encadenamientos regionales al año 2017 bordeando un multiplicador de 1.20 para el año 2017. El resto de los sectores productivos muestran un encadenamiento significativamente menor a los recién mencionados. En adición a lo anterior, Minería (S2), Agropecuario (S1) y Manufactura (S3) han fortalecido sus encadenamientos entre el año 2013 y 2017.

Si bien lo anterior permite describir la integración regional de los sectores, estos encadenamientos no consideran el efecto de escala de producción. La simulación de un crecimiento en la demanda final equivalente a 1% del PIB sectorial permitió corregir este problema. El sector Minería (S2) lidera el impacto a nivel regional para todos los años. Este impacto es secundado por los sectores Construcción (S5) y Servicios Empresariales (S10). A modo de ejemplo, un incremento del 1% de su demanda final, alrededor de 85 mil millones de pesos, o PIB en equilibrio, incrementaría el valor bruto de la producción regional en 103 mil millones de pesos para el 2017, representando un crecimiento del 0.65% para el PIB regional.

Finalmente, el informe ofrece una simulación del impacto económico por la inversión del sector Minería (S2) en la región de Antofagasta. Ante la falta de información, la simulación asume que la estructura de inversión minera regional es equivalente a la inversión minera nacional proporcionada por el Banco Central de Chile, a través de sus cuentas nacionales. El impacto inicial es principalmente a través de los sectores Construcción (S5), Manufactura (S3), Transporte, Comunicaciones y Servicios de Información (S7), y Servicios Empresariales (S10). Este ejercicio técnico muestra que una inversión del sector Minería (S1) de 3,750 mil millones gastado completamente en la región de Antofagasta generaría un impacto total de 4,229 mil millones de pesos inyectados a esta región. Esto implica que la inversión no sólo generaría un impacto directo a nivel regional, sino que también favorecería la producción indirecta de 480 mil millones de pesos en el resto de los sectores.

REFERENCIAS

- Atienza, M., Lufin, M., & Soto, J. (2018). Mining linkages in the Chilean copper supply network and regional economic development. *Resources Policy*, 70. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.02.013>
- COCHILCO. (2020). Encadenamientos productivos de la industria minera en Chile.
- Figueroa, B. E., & Calfucura, T. E. (2003). Growth and green income: Evidence from mining in Chile. *Resources Policy*, 29(3–4), 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2004.08.003>
- Flegg, A.T., Webber, C.D. & Elliot, M.V. (1995). On the appropriate use of location quotients in generating regional input-output tables. *Regional Studies*, 29, 547-561.
- Flegg, A.T. & Webber, C.D. (1997). On the appropriate use of location quotients in generating regional input-output tables: reply. *Regional Studies*, 31, 795-805.
- Flegg, A.T., Lamonica, G.R., Chelli, F.M. et al. (2021). A new approach to modelling the input-output structure of regional economies using non-survey methods. *Journal of Economic Structures* 10, 12.
- Harrigan, F. J., McGilvray, J. W., & McNicoll, I. H. (1980). Simulating the structure of a regional economy. *Environment and Planning a*, 12, 927–936. <https://doi.org/10.1068/a120927>
- Mardones, C., & Silva, D. (2021). Estimation of regional input coefficients and output multipliers for the regions of Chile. *Papers in Regional Science*, 100(4), 875–889. <https://doi.org/10.1111/PIRS.12603>
- Morrison, W. I., & Smith, P. (1974). Nonsurvey input-output techniques at the small area level: An evaluation. *Journal of Regional Science*, 14,1–14. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.1974.tb00425.x>
- OECD. (2018). *OECD Economic Surveys: Chile 2018* (Issue February).
- Oyarzo, M., & Paredes, D. (2018). The impact of mining taxes on public education: Evidence for mining municipalities in Chile. *Resources Policy*, 70, 101207. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2018.05.018>
- Oyarzo, M., & Paredes, D. (2019). Revisiting the link between resource windfalls and subnational crowding out for local mining economies in Chile. *Resources Policy*, 64(October), 101523. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101523>
- Paredes, D., & Rivera, N. M. (2017). Mineral taxes and the local public goods provision in mining communities. *Resources Policy*, 328–339. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2017.07.007>

Tabla A.1. Clasificación de sectores

Código MIP	Sector MIP	Sector ESI	Código ESI	Código MIP	Sector PIB	Código PIB	Código MIP
1	Agropecuario-silvícola y Pesca	Agricultura, ganadería, silvicultura y	1	1	Agropecuario-silvícola	1	1
2	Minería	Explotación de minas y canteras	2	2	Pesca	2	1
3	Industria manufacturera	Industrias manufactureras	3	3	Minería	3	2
4	Electricidad, gas, agua y gestión de desechos	Suministro de electricidad, gas, vapor	4	4	Industria manufacturera	4	3
5	Construcción	Suministro de agua; evacuación de aguas	5	4	Electricidad, gas, agua y gestión de desechos	5	4
6	Comercio, hoteles y restaurantes	Construcción	6	5	Construcción	6	5
7	Transporte, comunicaciones y servicios de información	Comercio al por mayor y al por menor; r	7	6	Comercio, restaurantes y hoteles	7	6
8	Intermediación financiera	Transporte y almacenamiento	8	7	Transporte, información y comunicaciones	8	7
9	Servicios inmobiliarios y de vivienda	Actividades de alojamiento y de servicios	9	6	Servicios financieros y empresariales	9	8 y 10
10	Servicios empresariales	Información y comunicaciones	10	7	Servicios de vivienda e inmobiliarios	10	9
11	Servicios personales	Actividades financieras y de seguros	11	8	Servicios personales	11	11
12	Administración pública	Actividades inmobiliarias	12	9	Administración pública	12	12
		Actividades profesionales, científicas	13	11			
		Actividades de servicios administrativo	14	10			
		Administración pública y defensa; plane	15	12			
		Enseñanza	16	11			
		Actividades de atención de la salud hum	17	11			
		Actividades artísticas, de entretenimie	18	11			
		Otras actividades de servicios	19	11			
		Actividades de los hogares como emplead	20	11			

Tabla A.2. Multiplicadores de producción en la Región de Antofagasta según año

Sector	2013	2014	2015	2016	2017
Agropecuario (S1)	1.279	1.279	1.322	1.359	1.182
Minería (S2)	1.234	1.188	1.211	1.207	1.205
Manufactura (S3)	1.223	1.225	1.228	1.255	1.175
Electricidad (S4)	1.174	1.178	1.165	1.163	1.115
Construcción (S5)	1.187	1.160	1.162	1.142	1.109
Comercio (S6)	1.150	1.144	1.140	1.131	1.094
Transporte (S7)	1.142	1.140	1.139	1.139	1.102
Financiero (S8)	1.113	1.119	1.115	1.113	1.081
Inmobiliaria (S9)	1.143	1.125	1.137	1.126	1.091
Empresarial (S10)	1.113	1.109	1.107	1.100	1.071
S. Personales (S11)	1.099	1.097	1.095	1.086	1.060
A. Pública (S12)	1.068	1.063	1.065	1.058	1.040

Fuente: Elaboración propia