



Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena

DEPP 13/2021

Resumen ejecutivo

Durante las últimas décadas, la subcontratación ha presentado un sostenido aumento en la industria minera nacional, alcanzando valores promedio cercanos al 70% de dotación subcontratada respecto del total (Tabla 1). En general, esta tendencia se atribuye principalmente a la necesidad de las empresas de contar con mecanismos para enfrentar adecuadamente las volatilidades propias de la industria, lo que les permitiría además enfocarse en su *core business* y al mismo tiempo beneficiarse de las inversiones y especialización de los proveedores (Lonsdale & Cox, 2000). Así, la subcontratación introduciría una mayor flexibilidad en aspectos organizacionales, lo que permitiría reducir ciertos riesgos y costos. Sin embargo, el efecto real en los costos no es claro, y al mismo tiempo, se estima podrían existir efectos adversos en otros ámbitos, tales como la productividad de la compañía, el compromiso de los trabajadores con la empresa, la relación (y posibles conflictos) entre dotaciones propias y externas, entre otros (Davis-Blake & Uzzi, 1993; Hughes, 2017).

En este sentido, el presente estudio se llevó a cabo con el objetivo de aportar evidencia empírica sobre el efecto que tiene la subcontratación en la industria minera nacional. Para lo anterior, se utilizaron datos de 30 faenas pertenecientes a la gran minería del cobre en Chile, en el periodo 2004-2019.

Específicamente, fue analizado el efecto de la subcontratación sobre dos variables clave del negocio minero y que además son frecuentemente mencionadas en la literatura: costos y productividad laboral.

En el caso de los costos (medidos como C1), los resultados obtenidos indican que un incremento de 1 punto porcentual en el nivel de subcontratación de una faena aumentaría en un 0,31% los costos. Esta relación podría estar fundamentada en las decisiones estratégicas de las empresas y en cómo éstas estarían dispuestas a enfrentar mayores costos unitarios en el corto plazo, con el fin de reducir riesgos de mediano y largo plazo a través de la mayor flexibilidad que permite la subcontratación.

Asimismo, se estima que un aumento de un punto porcentual en el nivel de subcontratación disminuiría en promedio en un 0,53% la productividad media laboral de una faena. Adicionalmente, si el porcentaje de subcontratación de dicha operación es alto respecto del resto de la muestra (percentil 75), el efecto negativo en la productividad sería mayor, reduciéndola en aproximadamente 0,71%.

Sin embargo, es importante hacer énfasis en la necesidad de tomar estos resultados con cautela, debido a la naturaleza del modelamiento utilizado y la información a la que se tuvo acceso. Así, no se puede descartar la posible existencia de variables omitidas directamente relacionadas con los costos y la productividad, como por ejemplo los salarios de los trabajadores (y las diferencias entre dotaciones propias y subcontratadas).



Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena

No obstante, el estudio genera un primer aporte en cuanto a cifras relativas al efecto de la subcontratación sobre los costos y la productividad laboral, con base en una muestra representativa de la minería del cobre en Chile.



Abstract

Outsourcing in the Chilean mining industry has progressively increased over the last decades, reaching a national average of approximately 70% in current days. Volatility of mineral commodity markets is generally identified as the main reason for this uptrend since outsourcing would allow companies organisational flexibility to deal with the changes in mineral prices, reducing certain risks and costs. Also, it would allow them to focus on their core business and at the same time benefit from the investments and specialization made by suppliers (Lonsdale & Cox, 2000). However, the real effect on costs is not yet clear. Moreover, some suggest that outsourcing could have other adverse effects, such as lower productivity, a weaker commitment of the workforce to the company, possible conflicts between internal and outsourced employees, among others (Davis-Blake & Uzzi, 1993; Hughes, 2017).

In this regard, this research aimed to provide evidence on the effect of outsourcing in the Chilean mining industry, based on production data of 30 large-scale mining operations over the 2004-2019 period. Specifically, the effect of outsourcing over two key indicators was analysed: costs and labour productivity.

First, the results for the analysis on costs (measured as C1) reported that an increment of 1 percentage point in the outsourcing level of an operation would increase its costs by 0.31%. This effect might be explained by the strategic decisions of companies, and how these could be willing to face higher operational costs in the short-term (originated by higher outsourcing), in order to reduce medium and long-term risks through the greater organisational flexibility that outsourcing allows.

Likewise, it was estimated that an increment of 1 percentage point in outsourcing would decrease labour productivity of a mining operation by 0.53%. Furthermore, if the mining site has already a high outsourcing level among the analysed sample (75th percentile), the negative impact on productivity would be even higher, generating a total contraction of 0.71%.

However, these results should be taken with caution. Due to the limited availability of information, and the nature of the model used for the analysis, it is not possible to rule out the existence of omitted variables directly related to costs and productivity e.g. differences in wages of internal and outsourced workers.

Nevertheless, this work represents a first contribution regarding the effect of outsourcing on costs and labour productivity, based on a representative sample of the Chilean copper mining industry.



Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena**Contenido**

Resumen ejecutivo	I
Abstract	III
1 Introducción	3
2 Caracterización de la subcontratación en la minería nacional	7
3 Datos utilizados	11
4 Análisis económico	15
4.1 Metodología	15
4.2 Resultados	19
4.2.1 Costos	19
4.2.2 Productividad media laboral	23
4.3 Resumen y análisis de resultados	26
5 Conclusiones	27
6 Referencias	¡Error! Marcador no definido.
Anexos	31



Índice de figuras

Figura 1: Trabajadores en minería, según relación con empresa mandante, periodo 2004-2019. . 7	7
Figura 2: Trabajadores en minería y porcentaje de subcontratación, periodo 2004-2019.8	8
Figura 3: Trabajadores en minería y porcentaje de subcontratación, según género, periodo 2010-2019.8	8
Figura 4: Porcentaje de subcontratación promedio, por región, periodo 2004-2019.9	9
Figura 5: Porcentaje promedio de trabajadores propios y subcontratados, según categoría de la empresa mandante, año 2019.9	9
Figura 6: Producción de cobre de faenas en la muestra, respecto del total nacional, periodo 2004-2009.13	13
Figura 7: Trabajadores en muestra, respecto del total nacional, periodo 2004-2019.13	13
Figura 8: Evolución de los costos C1 y la productividad media laboral de la muestra, periodo 2004-2019.14	14
Figura 9: Evolución del porcentaje de subcontratación en dos faenas de la muestra.19	19

Índice de tablas

Tabla 1: Niveles de subcontratación en el sector minero de países de referencia, periodo 2004-2019.4	4
Tabla 2: Descripción de las variables utilizadas.12	12
Tabla 3: Estadística descriptiva de variables de control, periodo 2004-2019.14	14
Tabla 4: Resultados efecto subcontratación sobre costos C1.21	21
Tabla 5: Resultados efecto subcontratación sobre Costos diferenciada por nivel de subcontratación.22	22
Tabla 6: Resultados efecto subcontratación sobre productividad media laboral.24	24
Tabla 7: Resultados efecto subcontratación sobre PML diferenciada por nivel de subcontratación.25	25
Tabla 8: Resultados efecto subcontratación sobre C1 y PML, modelo "Pooled".31	31
Tabla 9: Resultados efecto subcontratación sobre C1 diferenciada por nivel de subcontratación y separada cada ecuación.32	32
Tabla 10: Resultados efecto subcontratación sobre PML diferenciada por nivel de subcontratación y separada cada ecuación.33	33



1 Introducción

En el último tiempo, la subcontratación ha ido en aumento en el mundo y en las distintas industrias, siguiendo diferentes motivaciones (Leiva Gómez, 2009; Freytag et al., 2012). Se ha utilizado como una estrategia para flexibilizar el mercado laboral, ya que de esta manera las empresas pueden reducir costos de producción a través de la externalización de servicios.

Dicha externalización entrega flexibilidad a la compañía contratante mejorando su capacidad para adaptarse a los ciclos fluctuantes del mercado (Rupprecht, 2015). Según Davis-Blake & Uzzi (1993), esta flexibilidad se da principalmente de tres formas: en primer lugar, permite una mayor dotación sin aumentar costos por concepto de seguros de salud, planes de pensiones o seguros de cesantía; en segundo lugar, al tratarse en general de trabajos temporales, dejar ir a dichos trabajadores no afectaría la imagen de la empresa; y por último, permite el acceso a profesionales altamente especializados por periodos cortos de tiempo, sin necesidad de invertir en empleos de largo plazo.

Hoy en día, las empresas se valen de estas estrategias para disminuir sus costos y poder competir con otras compañías de su mismo rubro (Quélin & Duhamel, 2003). En Sudamérica, y en particular en Chile, esta forma de empleo ha mostrado un sostenido aumento durante las últimas décadas. En la Tabla 1 se presenta la evolución de la subcontratación promedio en la industria minera en Chile y en otros países de referencia. Es posible observar cómo la minería chilena muestra altos niveles de subcontratación, significativamente mayores a los de la minería en EEUU, por ejemplo, aunque similares a los de Perú.

Según Silva (2007) esta mayor subcontratación en el país arroja un balance mixto, pues si bien se han desarrollado modalidades virtuosas de empleo, también otras lo han precarizado. Las primeras, elevarían la productividad y la competitividad de la economía en su conjunto, contribuyendo a expandir los puestos de trabajo disponibles. Las otras, en cambio, se asocian a la pérdida de derechos laborales y previsionales, junto con condiciones de trabajo deficitarias. En el caso de Chile, por ejemplo, la industria minera es la industria que presenta mayores niveles de subcontratación¹, lo que podría deberse, en parte, a las características propias de la industria minera. Como se menciona en Tano et al. (2016) es probable que esta estrategia esté siendo utilizada y masificada principalmente por las compañías mineras para ser menos vulnerables ante la volatilidad propia de la industria. De este modo, la subcontratación es vista como un medio fundamental para gestionar el riesgo relacionado a, por ejemplo, la disponibilidad de mano de obra, salud, seguridad ocupacional y de incidentes ambientales (Rupprecht, 2015).

Lo anterior es apoyado por algunos de los hallazgos de Pérez & Villalobos (2010), donde estudian determinantes de la subcontratación en las empresas mineras en Chile. Una de sus conclusiones es que, en la medida en que el precio se desvíe positivamente de su tendencia, es decir, mientras

¹ Encuesta Nacional de Empleo, INE 2019.



Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena

mayor sea el precio del cobre, las compañías tienden a intensificar la subcontratación, lo que complementa la idea de que ésta es vista como una forma de enfrentar la volatilidad de la industria, la que puede verse reflejada en las variaciones del precio. Así, se utiliza esta modalidad que es más flexible que el empleo directo.

Otra de las razones tras la subcontratación de trabajadores y servicios es que esta modalidad permite a las empresas contratantes enfocarse de mejor manera en su *core business* y al mismo tiempo beneficiarse de las inversiones hechas por los proveedores en personal especializado (Lonsdale & Cox, 2000). En general las compañías mineras externalizan actividades fuera de su *core business*, aunque algunas empresas también han comenzado a tercerizar actividades críticas tales como perforación, tronadura, carguío y transporte (Steenkamp & van der Lingen, 2014).

Tabla 1: Niveles de subcontratación en el sector minero de países de referencia², periodo 2004-2019.

Año	Chile	EEUU	Perú	Sudáfrica
2004	59%	23%	n.d.	n.d.
2005	63%	24%	n.d.	n.d.
2006	63%	26%	n.d.	n.d.
2007	64%	28%	n.d.	n.d.
2008	64%	30%	n.d.	n.d.
2009	66%	29%	n.d.	n.d.
2010	69%	31%	n.d.	30%
2011	69%	32%	65%	32%
2012	70%	33%	67%	32%
2013	68%	32%	68%	30%
2014	72%	32%	68%	30%
2015	70%	32%	68%	30%
2016	70%	31%	64%	31%
2017	70%	30%	65%	32%
2018	70%	31%	67%	34%
2019	73%	30%	68%	n.d.

Fuente: Elaboración propia con base en datos del National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) – CDC, EEUU; Ministerio de Energía y Minas, Perú; Department Mineral Resources (DMRE), Sudáfrica.

Pese a lo anterior, y a que la mayor motivación de las firmas para subcontratar en minería sería enfrentar de mejor manera la volatilidad de la industria, esto no necesariamente le traería solo beneficios. Estudios revelan que un alto nivel de subcontratación podría llevar a los trabajadores directos a cuestionar el compromiso de la empresa con la continuidad de su propio empleo y, en consecuencia, reducir su compromiso con la compañía. Además, las diferencias en salarios y

² Seleccionados según disponibilidad de información.

Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena

beneficios también podrían generar conflictos entre trabajadores propios y externos (Davis-Blake & Uzzi, 1993; Hughes, 2017).

Aparte de ello, otros estudios como Arias et al. (2014) estudian el desarrollo regional de la minería en Chile, y muestran que si bien la subcontratación genera efectivamente una mayor división del trabajo, al parecer no ha contribuido en una mejora de la competitividad de las empresas locales. El estudio mencionado destaca que en general en un clúster minero, una amplia gama de empresas proveedoras locales tiene fuertes vínculos con centros regionales que, con el tiempo, permiten el desarrollo de nuevas industrias locales y un crecimiento más diversificado. En contraste, los enclaves mineros se caracterizan por vínculos débiles y por la falta de diversificación. Concluyen que, a pesar del fuerte crecimiento, la región de Antofagasta se aproxima más a un enclave minero que a un clúster.

Ahora bien, al hablar de los efectos que trae consigo la subcontratación al interior de una industria, la literatura suele referirse a dos temas: el principal y más intuitivo es la reducción de costos que, como ya fue mencionado, sería además una de las principales razones por las que las empresas decidirían recurrir a este mecanismo de contratación. Pero hay un segundo ítem donde aún no existe consenso y tampoco ha sido estudiado en profundidad, y es el efecto que tendría en la productividad de la empresa. Cabe preguntarse entonces ¿la subcontratación incrementa o reduce la productividad laboral? ¿Al aumentar la subcontratación podría existir un *trade-off* entre costos y productividad?

En Choudhry et al. (2012) los autores estudian la subcontratación en la industria de la construcción en Pakistán. En su estudio concluyen que los objetivos de la subcontratación son la reducción de costos, asegurar el acceso a servicios especializados y compartir riesgos (lo que a su vez también se relaciona con la ya mencionada volatilidad presente en la industria). No obstante, los autores destacan que la subcontratación puede introducir ciertos problemas asociados que podrían afectar la gestión y la calidad del trabajo. Este es un punto importante considerando la importancia del nivel de competencia del equipo de gestión y la calidad de la fuerza laboral para mejorar la productividad laboral (Durdyev et al., 2018).

En particular, respecto del efecto de la subcontratación en la productividad, uno de los estudios que muestra este enfoque es López (2014), el que se refiere al efecto de esta modalidad de contratación en la productividad de distintas industrias en España. Los hallazgos indican que la intensidad de la externalización efectivamente tendría efectos positivos en la productividad, pero estos efectos se darían solo o principalmente en industrias intensivas en trabajo. Ante esto se debe considerar que, por el contrario, la industria minera es altamente intensiva en capital.

Por otro lado, en Basole et al. (2015) se estudió el impacto en la productividad de la subcontratación en el sector manufacturero de India, tomando como medida de productividad el valor agregado bruto por hora de trabajo. Los autores consideran que la subcontratación beneficia a las empresas más pequeñas, empresas de estados industrialmente atrasados y empresas rurales



Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena

y que, por el contrario, tiene incluso un efecto perjudicial en empresas más grandes, de estados industrialmente avanzados y empresas urbanas.

Así, y como se indicó anteriormente, el efecto de la subcontratación en la productividad no ha sido estudiado acabadamente, por lo que aún no existe evidencia clara y concluyente al respecto.

En este sentido, el objetivo de este estudio es estimar el efecto que tiene la subcontratación en la industria minera nacional, sobre dos variables clave del negocio: costos y productividad laboral. Para esto, se utilizaron datos de un grupo representativo de faenas pertenecientes a la gran minería del cobre en Chile, en el periodo 2004-2019.

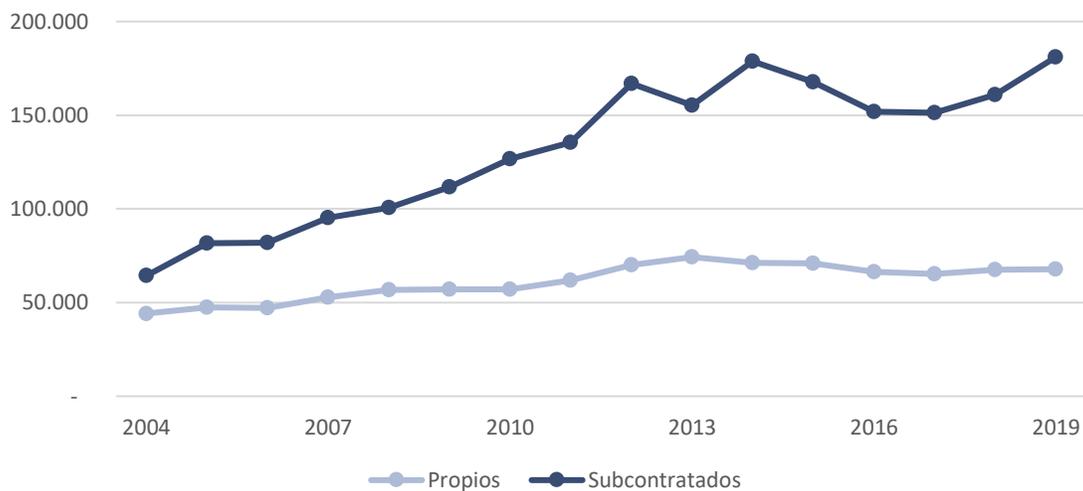
El documento está estructurado de la siguiente forma: en la segunda sección se entregan cifras globales de empleo y subcontratación en la industria minera. En la tercera parte se describe la base de datos utilizada, junto con la muestra y variables incluidas en el análisis. En la cuarta sección se presenta la metodología del ejercicio realizado y sus resultados. La sección final contiene las principales conclusiones de este trabajo.



Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena**2 Caracterización de la subcontratación en la minería nacional**

Durante los últimos 15 años, la cantidad de trabajadores en minería ha experimentado un crecimiento promedio de 6,0%. Sin embargo, este aumento no ha sido homogéneo al analizar de forma separada las dotaciones propias y las subcontratadas por las empresas mandantes. Mientras que la dotación subcontratada creció en promedio un 7,6% en el periodo 2004-2019, la dotación propia lo hizo sólo en un 3,1%. En la Figura 1, es posible observar cómo la brecha entre la cantidad de trabajadores subcontratados respecto de los propios ha crecido significativamente en dicho periodo.

Figura 1: Trabajadores en minería, según relación con empresa mandante, periodo 2004-2019.



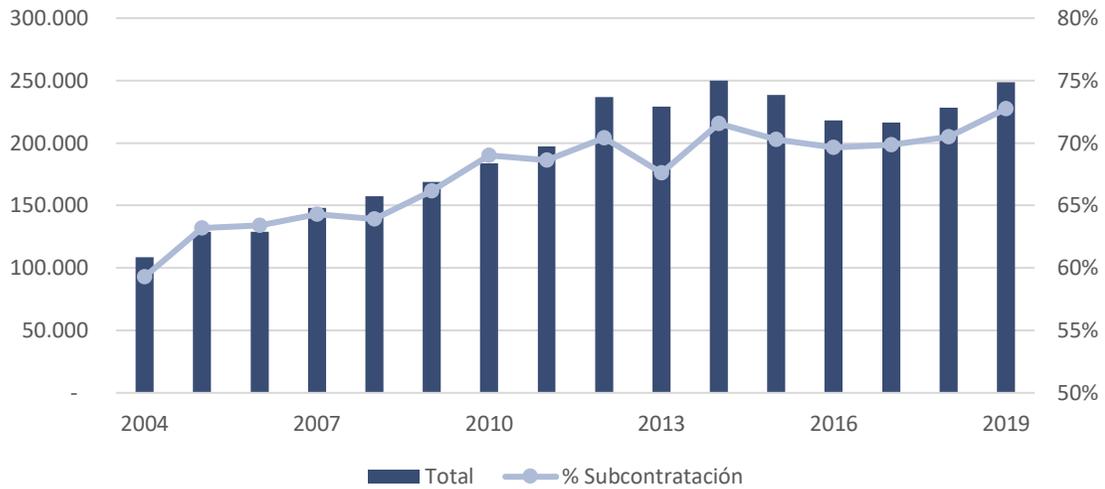
Fuente: Elaboración propia con base en datos de SERNAGEOMIN.

Lo anterior se refleja también en la evolución del porcentaje de trabajadores subcontratados respecto del total. En la Figura 2, se observa la cercana relación entre la evolución de este indicador y el total de trabajadores en minería, lo que podría significar que, en términos generales, es la dotación subcontratada la que absorbe preponderantemente las variaciones del empleo minero total, tanto en los periodos de crecimiento como en los de decrecimiento.

Si bien los indicadores según género muestran tendencias similares en el periodo analizado, a partir del año 2006 el porcentaje de subcontratación en mujeres se mantiene levemente por sobre el porcentaje en hombres, siendo 2,5% superior en promedio. Sin embargo, es importante considerar que la cantidad total de mujeres empleadas en minería es significativamente menor a la de hombres (como se muestra en la Figura 3), aunque con una tendencia creciente en el tiempo, pasando de representar un 4,1% del empleo total minero en el año 2004, a aproximadamente un 8,7% en el 2019.

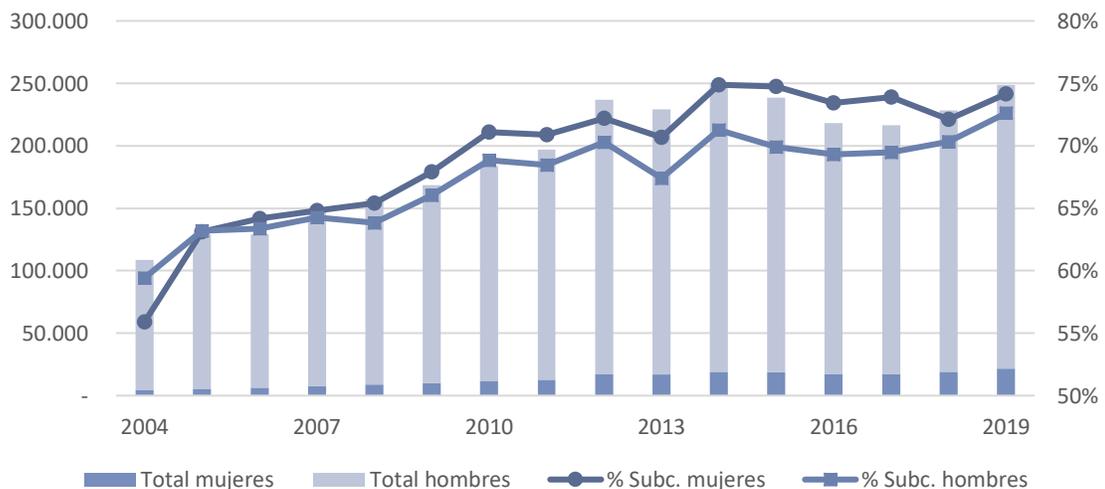
Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena

Figura 2: Trabajadores en minería y porcentaje de subcontratación, periodo 2004-2019.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de SERNAGEOMIN.

Figura 3: Trabajadores en minería y porcentaje de subcontratación, según género, periodo 2010-2019.



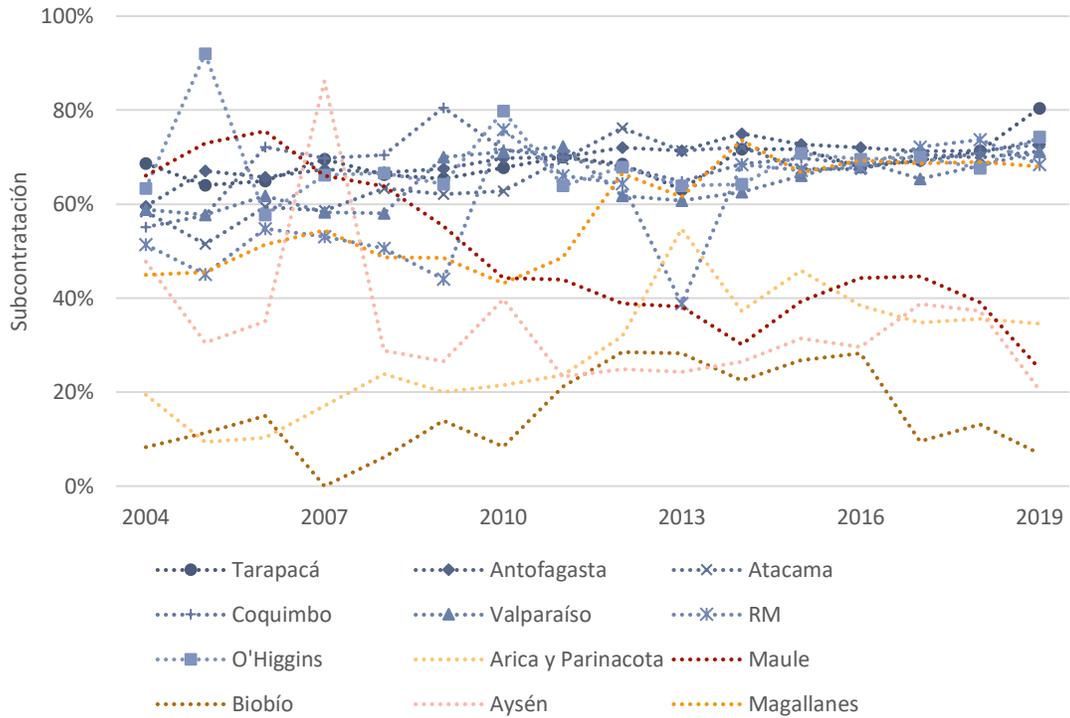
Fuente: Elaboración propia con base en datos de SERNAGEOMIN.

En la Figura 4 se muestra el nivel de subcontratación promedio en minería a nivel regional. Se observa un comportamiento similar en las regiones con mayor actividad minera (destacadas con tonos azules en el gráfico), especialmente hacia el final del periodo analizado, donde todas muestran valores cercanos al 70,0% de subcontratación. Al año 2019, dichas regiones concentraban más del 97,5% de la fuerza laboral minera nacional. Por su parte, las regiones no mineras muestran una mayor variabilidad y, en general, niveles de subcontratación inferiores a los de las regiones mineras.



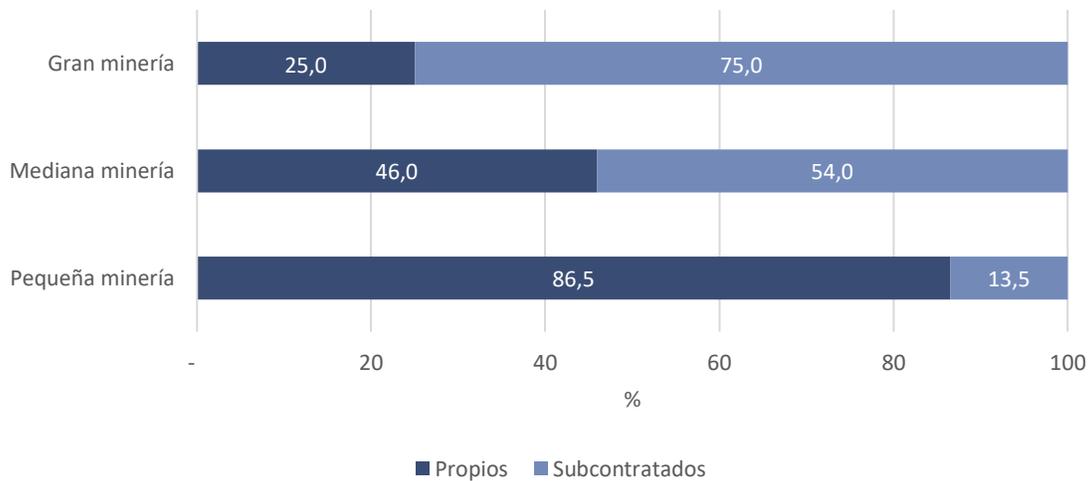
Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena

Figura 4: Porcentaje de subcontratación promedio, por región, periodo 2004-2019.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de SERNAGEOMIN.

Figura 5: Porcentaje promedio de trabajadores propios y subcontratados, según categoría de la empresa mandante, año 2019.



Fuente: Elaboración propia con base en datos de SERNAGEOMIN.



Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena

Finalmente, la relación entre trabajadores propios y subcontratados también es dispar, según la categoría de la empresa mandante³. En la Figura 5 es posible observar que, en términos generales, mientras mayor es el tamaño de la compañía minera, mayor es el nivel de subcontratación. Así, mientras en la gran minería el porcentaje promedio de subcontratación al año 2019 era de 75,0%, en la mediana esta cifra disminuía a 54,0%, y en el sector de la pequeña minería correspondía sólo a un 13,5%.

³ Criterio de clasificación COCHILCO, según nivel de producción.



3 Datos utilizados

La base de datos construida para la estimación consta de la información de 30 faenas de la gran minería en el país con cobre como producto principal, en el periodo 2004-2019. De esta manera, las series de tiempo más largas por faena corresponden a 16 años, existiendo algunas que poseen series de tiempo más cortas, dado que sus operaciones comenzaron o se detuvieron durante el periodo en estudio.

Las variables dependientes consideradas fueron dos:

- C1 o *cash cost*, información obtenida desde la base de datos de Wood Mackenzie. El costo C1 es un concepto que agrupa los costos directos incurridos a través de todo el proceso minero hasta la venta del producto comercializable, cátodo en el caso del cobre, descontando los ingresos provenientes de los subproductos en caso de que existan (COCHILCO, 2015).
- Productividad media laboral (PML), calculada como el cociente entre la producción de cobre equivalente⁴ y la dotación total de trabajadores (propios y subcontratados) de cada faena, por año. La producción fue obtenida a partir de la Encuesta Minera de Producción y Energía – EMPAE que anualmente realiza COCHILCO, y la cantidad total de trabajadores desde información reportada directamente por las empresas mineras al Servicio Nacional de Geología y Minería – SERNAGEOMIN.

La variable explicativa principal es la subcontratación, la cual fue medida como el porcentaje de trabajadores de cada faena que están bajo la modalidad de subcontratación, sobre la dotación total. La serie de trabajadores por empresa y para cada faena, definiendo si los trabajadores son contratados directamente por el mandante o si son subcontratados, es proporcionada por SERNAGEOMIN.

Por último, se consideran como variables de control ciertos parámetros que están relacionados directamente con la producción y con cada faena, como lo son por ejemplo la dotación total de trabajadores, capital físico, ley promedio del mineral enviado a planta, recuperación metalúrgica global de la faena y la razón estéril mineral. Además, se añaden variables de control de mercado como el precio del cobre, precio de la energía (Comisión Nacional de Energía, 2019) y cargos por tratamiento de concentrado, dependiendo de la variable que se esté analizando.

En el caso del precio del cobre, se usa tanto la serie nominal como la real. El precio real del metal es deflactado por el índice de precios al por mayor para todos los *commodities*⁵.

En la Tabla 2 se presentan las variables utilizadas y la fuente de información, en cada caso.

⁴ Incluye la producción equivalente en cobre, a partir de subproductos tales como molibdeno, oro y plata.

⁵ IPM all commodities, obtenido desde la base de datos de la U.S. Bureau of Labor Statistics (BLS).



Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena**Tabla 2:** Descripción de las variables utilizadas.

Variable	Descripción	Fuente
Trabajo	Dotación de trabajadores propios y subcontratados	SERNAGEOMIN
C1	Cash Cost C1 [c/lb]	Wood Mackenzie
Producción	Cobre fino + subproductos, en cobre equivalente [ktmf]	COCHILCO
Capital	Stock de capital físico nominal y real (moneda 2019) [US\$ miles]	EEFF empresas
REM	Razón estéril mineral	COCHILCO
Ley	Ley promedio del mineral enviado a planta [%]	COCHILCO
Recuperación	Recuperación metalúrgica global de la faena [%]	COCHILCO
Consumo Energía	Energía total consumida [MJ]	COCHILCO
Precio Cobre	Precio del cobre LME [c/lb]	COCHILCO
Precio Electricidad	Precio Nudo SIC y SING [\$/kWh]	CNE
Precio Combustible	Precio del petróleo Brent [US\$/barril]	Banco Central
TC	Cargo por tratamiento [US\$/tms]	Wood Mackenzie

Fuente: Elaboración propia.

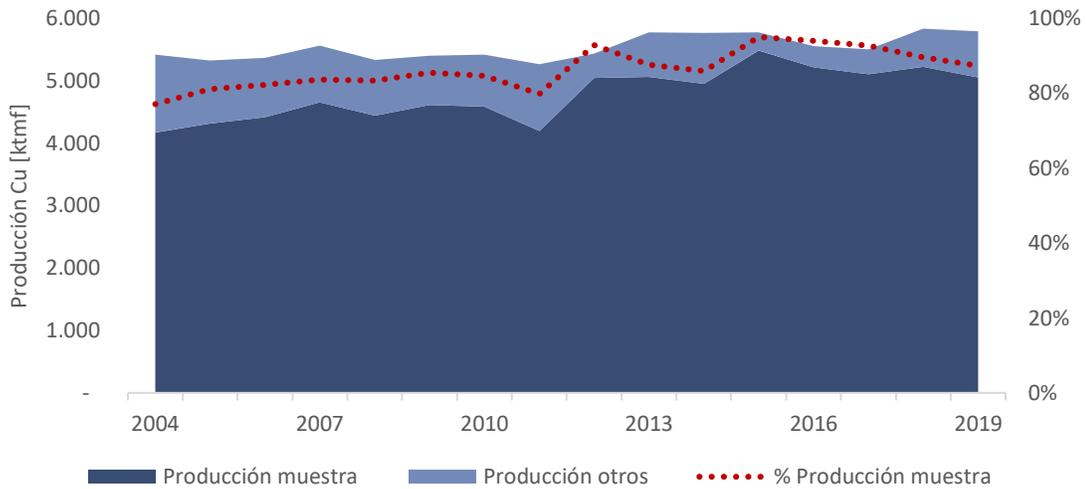
Respecto de la representatividad de la muestra, en términos productivos las operaciones consideradas corresponden, en promedio, al 86,4% de la producción total anual de cobre en Chile (Figura 6).

Por su parte, la cantidad de trabajadores en dichas faenas representa en promedio el 54,3% del total de la industria. El nivel de subcontratación de la muestra es, sin embargo, muy similar al promedio de la industria, como se puede observar en la Figura 7. La diferencia promedio es sólo de 3,9% en el periodo analizado.



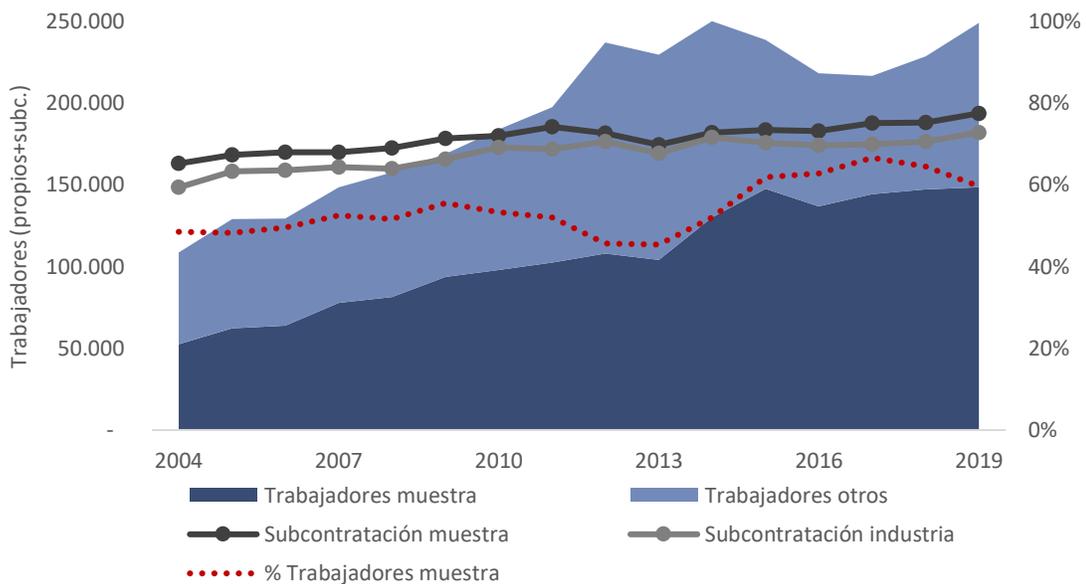
Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena

Figura 6: Producción de cobre de faenas en la muestra, respecto del total nacional, periodo 2004-2009.



Fuente: Elaboración propia.

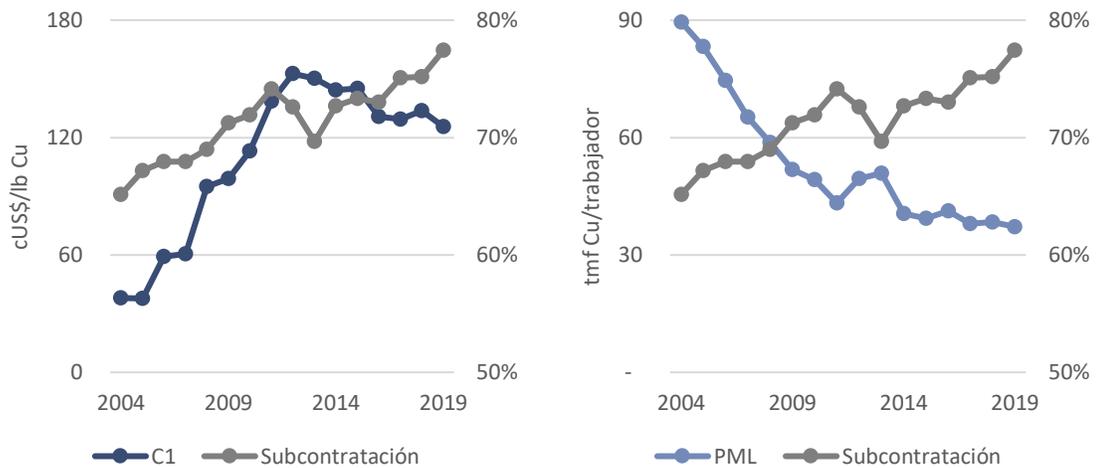
Figura 7: Trabajadores en muestra, respecto del total nacional, periodo 2004-2019.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente y cómo se indicó al inicio de esta sección, las variables sobre las que se estudió el impacto del nivel de subcontratación corresponden a los costos C1 (izquierda en Figura 8), medidos en centavos de US\$ por libra de cobre, y a la productividad media laboral (PML) (derecha en Figura 8), expresada como tmf de cobre equivalente producido por año, por trabajador. La evolución de dichas variables se presenta a continuación.



Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena**Figura 8:** Evolución de los costos C1 y la productividad media laboral de la muestra, periodo 2004-2019.

Fuente: Elaboración propia.

Es importante mencionar que, como es de común conocimiento, la caída en la productividad media laboral observada en la Figura 8 es fuertemente influenciada también por otras variables exógenas, tales como la ley del mineral y la razón estéril mineral (ambas incluidas como variables de control en el análisis). La estadística descriptiva de dichas variables que dan cuenta del factor geológico presente en este ejercicio, junto con el resto de los indicadores que fueron incluidos en el modelo, se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3: Estadística descriptiva de variables de control, periodo 2004-2019.

Variable	Unidad	Promedio	Mín.	Mediana	Máx.	Desv. est.
Ley Cu mineral procesado	%	0,77	0,22	0,75	1,97	0,31
Recuperación metalúrgica	%	76,3	22,2	80,7	95,3	14,6
Razón estéril mineral	-	2,3	0,0	1,7	23,6	2,6
Consumo de combustible	TJ	3.425,0	117,4	1.975,3	102.570,7	7.355,9
Consumo de electricidad	TJ	3.033,9	238,7	2.097,0	18.813,0	2.882,2
Stock de capital físico	US\$ millones	2.020,7	18,8	1.154,0	15.031,0	2.340,1

Fuente: Elaboración propia.



4 Análisis económico

4.1 Metodología

Se empleó la metodología de panel con efecto fijo de faena, ya que esta toma en consideración que los datos son una serie de tiempo y que existe heterogeneidad al interior de la muestra, la que podría estar influyendo fuertemente sobre la variable de interés. Así, permite eliminar el sesgo que puede causar una variable omitida que sea constante (dentro de la misma faena, en este caso), permitiendo controlar por estas variables relevantes pese a que no son observables. El modelo asume que las diferencias entre las faenas son invariantes en el tiempo. Se utilizaron distintas especificaciones para cada variable de interés y fueron estimadas con errores estándar robustos, para así evitar problemas de inferencia dados por heterocedasticidad.

El modelo utilizado se basa en la teoría de la firma, donde fueron analizadas dos variables dependientes: costos y productividad. Para costos se utilizó como medida el costo C1 y para productividad del trabajo, el *proxy* utilizado fue la productividad media laboral, calculada como el cociente entre producción de cobre equivalente y dotación total de trabajadores. Dicha medida de productividad es frecuentemente utilizada en la literatura (Solminihac et al., 2018; Garcia et al., 2001).

Así, el modelo en el caso de la primera variable analizada, costo C1, se basa teóricamente en la función de costos de una firma. Para calcular el efecto directo existente ante un aumento de la subcontratación, se utilizó el modelo expresado en la Ecuación 1, la variable independiente de interés es $Subc_{it}$, que corresponde al porcentaje de empleados que son subcontratados en la faena i en el año t . Se incluye en el modelo la producción total de cobre equivalente de la faena i en el periodo t (Q_{it}) con el fin de controlar por el efecto escala en los costos. Se suman variables de mercados (Z_{it}) como el precio del cobre, precio de la energía (Solminihac et al., 2018), petróleo y cargos por tratamiento. δ_i representa el efecto fijo por faena i y ε_{it} es el residuo, que captura el resto de los posibles efectos sobre la variable dependiente que las variables incorporadas en el modelo no son capaces de controlar, como por ejemplo, shocks, errores de medición, etc. Se agrega un efecto fijo por año (φ_t) ya que las variables incluidas en el modelo son nominales. Adicionalmente, se realizaron especificaciones controlando por variables observables de la faena (X_{it}), como método de explotación (rajo abierto y/o subterránea), líneas de proceso con las que trabaja la faena (planta concentradora y/o LX-SE-EW) y otras variables geológicas, las que podrían tener un efecto en los costos.

Ecuación 1: Modelo efecto subcontratación en costos.

$$\ln(C1_{it}) = \beta_0 + \beta_1 Subc_{it} + \beta_2 Q_{it} + \beta_3 Z_{it} + \beta_4 X_{it} + \delta_i + \varphi_t + \varepsilon_{it}$$



Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena

Se espera que el signo del parámetro β_2 , asociado al nivel de producción, indique si en la muestra analizada existen en promedio economías de escala (en caso de ser negativo) o deseconomías de escala (signo positivo).

Respecto de las variables productivas, se espera que aquellas que tienen una relación positiva con la producción total, es decir, la ley del mineral procesado y la recuperación metalúrgica global de cada faena, tengan un efecto negativo en los costos (dado que corresponden a costos unitarios). Por su parte, para un mismo nivel de producción, un aumento en la razón estéril mineral implicaría mayores costos de extracción y manejo de materiales, y al mismo tiempo, una mayor dotación. En este sentido, se espera que la REM tenga un efecto positivo en los costos (es decir, aumentaría los costos).

Por otro lado, el modelo para analizar el efecto de la subcontratación en la productividad laboral nace a partir de la función de producción. Se asume una función de producción del tipo Cobb-Douglas (Solminihac et al., 2018; Moosavian, Seyyed Ali Zeytoon Nejad, 2015; Comisión Nacional de Productividad, 2017; COCHILCO, 2014) dada por $Y_{it} = A \cdot L_{it}^{\beta_2} K_{it}^{\beta_3} X_{it}^{\beta_4} Z_{it}^{\beta_5}$, la que una vez linealizada se expresa según la Ecuación 2.

Ecuación 2: Modelo efecto subcontratación.

$$\ln(PML_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \cdot Subc_{it} + \beta_2 L_{it} + \beta_3 K_{it} + \beta_4 X_{it} + \beta_5 Z_{it} + \delta_i + \varepsilon_{it}$$

La variable independiente de interés es $Subc_{it}$, que corresponde al porcentaje de empleados que son subcontratados en la faena i en el año t . Se incluye en la dotación de trabajadores y el capital, como principales factores de producción. Se suman variables de mercados (Z_{it}) como el precio del cobre, precio de la energía (Solminihac et al., 2018), petróleo y cargos por tratamiento, variables geológicas observables de la faena (X_{it}). δ_i representa el efecto fijo por faena i y ε_{it} al residuo.

Se espera que el capital tenga un efecto positivo en la productividad media del trabajo, puesto a que el aumento de esta variable permitiría una mayor producción, lo que repercute positivamente en el indicador de productividad. Se incluye el consumo energético (electricidad y combustible) como una medida para corregir la intensidad de uso del capital, considerando que también puede ser utilizado como un *proxy* del nivel efectivo del capital físico utilizado.

De esta forma y siguiendo la metodología utilizada en Comisión Nacional de Productividad (2017), se corrige el *stock* de capital físico con el consumo energético para obtener una medida más cercana al capital efectivamente utilizado en el periodo. Además, se considera el rezago de la variable pues el periodo donde se contabiliza la inversión en capital usualmente no coincide con su uso. Así, el capital físico está dado por:

Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena

Ecuación 3: Proxy capital físico.

$$\widehat{K}_{it} = \exp(\ln(E_{it}) - \ln(E_{it})^T) \cdot K_{it-1}$$

Donde, la primera expresión en el lado derecho corresponde a las desviaciones del logaritmo del consumo energético $\ln(E_{it})$ (el que incluye tanto electricidad como combustible) respecto de su tendencia $\ln(E_{it})^T$. Para el cálculo de la tendencia del consumo energético se utiliza un filtro Hodrick- Prescott durante el periodo en estudio.

En cuanto a la variable trabajo, es esperable que tenga una relación negativa con la productividad media laboral, ya que se estaría dividiendo por una mayor dotación.

Respecto de las variables productivas, se espera que aquellas que tienen una relación positiva con la producción total, es decir, la ley del mineral procesado y la recuperación metalúrgica global de cada faena, tengan un efecto positivo en la productividad media del trabajo. Por su parte, para un mismo nivel de producción, un aumento en la razón estéril mineral implicaría una mayor dotación, por lo que se espera que la REM tenga un efecto negativo en la productividad media laboral.

Una segunda especificación es la que muestra la Ecuación 4, cuyo objetivo es determinar si el efecto de la subcontratación en la variable dependiente (tanto para costos como para productividad laboral) es igual para todas las faenas o depende de su grado de subcontratación. Para esto, se ocupan variables interactivas como se muestra a continuación.

Ecuación 4: Modelo efecto subcontratación diferenciado por nivel de subcontratación.

$$\ln(Y_{it}) = \beta_0 + \beta_1 Subc_{it} + \beta_2 \cdot Subc_{it} \cdot Subc_alto_{it} + \beta_3 \cdot Subc_{it} \cdot Subc_bajo_{it} + \beta_4 X_{it} + \beta_5 Z_{it} + \delta_i + \varphi_t + \varepsilon_{it}$$

Donde $Subc_alto_{it}$ es una variable dicotómica que toma valor 1 si la faena i en el año t tiene un alto nivel de subcontratación y 0 en caso contrario. Lo mismo con la variable $Subc_bajo_{it}$, que toma valor 1 si la faena i en el año t tiene un bajo nivel de subcontratación y 0 en caso contrario.

De esta manera, se podría determinar el efecto que tiene aumentar el porcentaje de subcontratación, diferenciando si es una faena que cuenta ya con un alto o bajo porcentaje de subcontratación. Para el primer caso, por ejemplo, el efecto que tiene aumentar en un 1 punto porcentual la proporción de subcontratados en la variable dependiente será el expresado en la Ecuación 5.

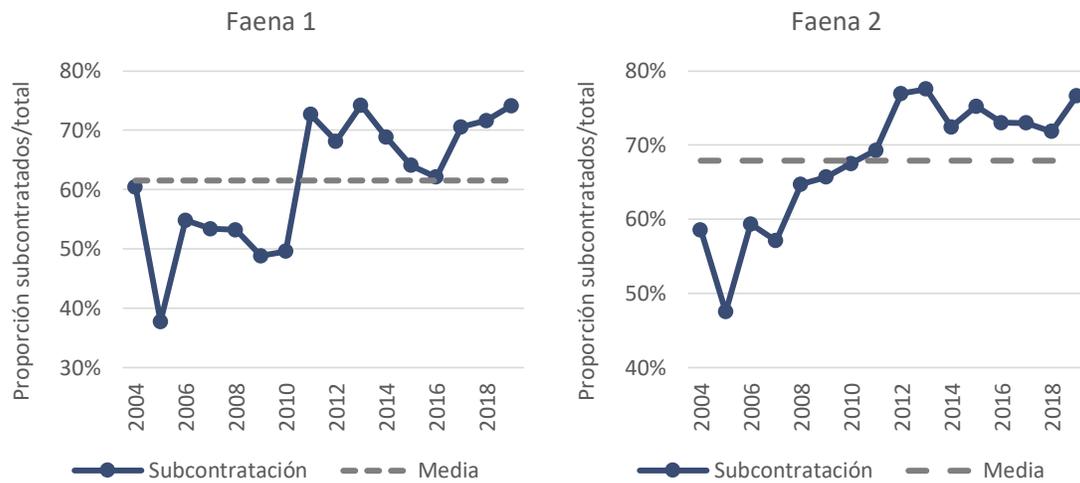
Ecuación 5: Efecto total en modelo diferenciado por nivel de subcontratación.

$$\frac{\partial \ln(Y_{it})}{\partial Subc_{it}} = \beta_1 + \beta_2$$

Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena

Se utilizaron dos medidas para definir qué se considera un nivel alto y un nivel bajo de subcontratación:

1. Comparación entre faenas: la principal medida fue a través de una comparación entre faenas para cada periodo, tomando los percentiles como referencia. De este modo, si una faena se encuentra dentro del percentil 25 en el año t , es decir, dentro del 25% de las faenas con menor porcentaje de subcontratación ese año, se considera de baja subcontratación. Por otro lado, si una faena se encuentra dentro del 25% de las faenas que tiene mayor porcentaje de subcontratación ese año, es decir, pertenece al percentil 75 de esta variable, se considera una faena con alto grado de subcontratación.
2. Comparación al interior de cada faena: de modo complementario, para ver si una faena en un año en particular tiene una baja o alta subcontratación, se consideró también la comparación respecto de sí misma, teniendo como referencia su propia media. Se definió con una tolerancia de 5% de desviación respecto de su propia media a lo largo de todo el periodo de tiempo analizado. De esta forma, si en un determinado año, el nivel de subcontratación en una faena en particular es más de un 5% mayor (o menor) que su subcontratación media en todo el periodo, se considera como una faena con un alto (o bajo) grado de subcontratación en dicho año.
Lo anterior, bajo el supuesto de que una faena comenzaría con un grado de subcontratación bajo, y lo aumentaría paulatinamente hasta llegar a un nivel donde este porcentaje se estabiliza, el cual sería o se acercaría a su nivel óptimo. Esto se explicaría con los rendimientos marginales decrecientes en costos. Así, al inicio del periodo una faena comenzaría a aumentar su nivel de subcontratación partiendo de un porcentaje bajo, lo que le podría hipotéticamente beneficiar en la reducción de costos, pero que a medida que aumenta este porcentaje dicha reducción de costos sería cada vez menor, es decir, tendría rendimientos marginales decrecientes. Esto se diferencia de los percentiles ya que puede darse que cada faena tenga grados “eficientes” de subcontratación distintos, y que estos a su vez fluctúen en rangos diferentes para cada faena.
Si se analiza la trayectoria del porcentaje de subcontratación de cada faena, se observa que este comportamiento es común entre ellas. A modo de ejemplo, la Figura 9 muestra la evolución de esta variable en dos faenas, nombradas faenas 1 y 2, donde se observa que inician el periodo con un nivel bajo de subcontratación (bajo respecto de su propia trayectoria). De esta forma, en los primeros años la faena 1 se mantenía con un porcentaje de subcontratación bajo el 60% y la faena 2 alrededor del 50%, para luego aumentar ambas progresivamente y mantenerse en los últimos años en un nivel sobre el 70%. Se observa en la trayectoria que ambas, luego de tener periodos de alza, han tendido a mantener un porcentaje que se podría interpretar como su “óptimo” o “equilibrio”.

Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena**Figura 9:** Evolución del porcentaje de subcontratación en dos faenas de la muestra.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de SERNAGEOMIN.

4.2 Resultados

Para una primera aproximación se realizó una estimación OLS, la cual da indicios de los efectos y signos de las variables explicativas sobre las variables dependientes a analizar. Este modelo “pooled” no es suficiente para determinar causalidad en este caso ya que no considera que los datos son panel, ni toma en consideración la heterogeneidad al interior de la muestra (Tabla 8), la que podría estar influyendo fuertemente sobre la variable de interés. De todos modos, este tipo de modelo sirve para aproximarse a los datos y explorar posibles relaciones entre las variables. Así, al utilizar los costos como variable dependiente, el modelo muestra un efecto no significativo y cercano a cero del porcentaje de subcontratación sobre los costos.

Por otro lado, al estudiar la variable productividad media laboral, se observa que tiene una relación negativa con la subcontratación, es decir, a mayor porcentaje de subcontratación, caería la productividad media del trabajo, siendo significativa al 1%. Como se mencionaba, estos resultados son solo una aproximación a la base de datos, mostrando posiblemente una correlación y no una causalidad propiamente tal, dados los problemas que presenta la metodología OLS con este tipo de datos.

4.2.1 Costos

En la **Tabla 4** se presentan los resultados obtenidos para un conjunto de especificaciones (leves diferencias en variables consideradas) respecto del efecto directo del porcentaje de



Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena

subcontratación sobre los costos (medidos como costo C1). Los resultados indican que un incremento de un punto porcentual en el nivel de subcontratación se traduciría en un aumento de 0,31% en los costos (modelo 2 en **Tabla 4**). Posteriormente, con el fin de dar mayor robustez a los resultados, se añaden variables geológicas en las columnas (3) y (4). Se puede ver que la principal variable de interés conserva el signo positivo y la magnitud del coeficiente se mantiene relativamente estable pese a los cambios en las especificaciones.

Respecto de las variables de control, se observa que la producción tendría un efecto negativo sobre los costos C1, lo que indicaría la existencia de rendimientos crecientes de escala en la producción, es decir, que un aumento en el nivel de producción ayudaría a la reducción de los costos unitarios (COCHILCO, 2015). La ley de mineral procesado, por su parte, disminuiría los costos, mientras que la razón estéril mineral los aumentaría.

Posteriormente, se estudia si este efecto es igual para todas las faenas o si depende del nivel de subcontratación en cada operación (Tabla 5). Esta diferenciación según niveles, como ya se mencionó (ver sección 4.1), se realizó de dos maneras. En primer lugar, comparando el nivel de subcontratación entre faenas (especificaciones 1 y 2), y posteriormente comparando el nivel de subcontratación al interior de la misma faena (especificaciones 3 y 4). Se observa que en la muestra analizada no es posible afirmar que habría una relación distinta entre los costos y la subcontratación dependiendo del nivel de subcontratación de la faena, ya que las variables de interés no son significativas⁶.

Estos resultados podrían deberse a que la muestra utilizada, perteneciente a la gran minería, tiene un nivel de subcontratación superior al promedio de la industria, como se mostró en la sección 2. Además, al inicio del periodo en estudio, el promedio de externalización en la muestra ya presentaba un nivel elevado, cercano al 59%, situación que también podría incidir en los resultados expuestos.

La Tabla 9 en Anexos complementa el análisis anterior, mostrando la diferencia entre faenas de distinto nivel de subcontratación de manera separada, llegando a las mismas conclusiones.

⁶ En ambos casos se evalúa la significancia del efecto combinado de la variable global de subcontratación y las que incluyen la diferenciación por niveles.



Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena**Tabla 4:** Resultados efecto subcontratación sobre costos C1.

	Ln(C1)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Subc (Subcontratados/Total)	0,187* (0,109)	0,314*** (0,120)	0,272* (0,147)	0,256 (0,208)
Ln(Producción cobre equivalente)	-0,150 (0,097)	-0,195** (0,082)	-0,157* (0,082)	-0,195*** (0,075)
Ln(Ley)			-0,233*** (0,064)	-0,216*** (0,065)
Ln(REM)				0,028* (0,015)
Ln(REC)				0,237 (0,149)
Constant	-2,727*** (1,057)	-2,520** (0,993)	-2,137** (0,988)	-3,527** (1,667)
FE faena	Si	Si	Si	Si
FE año	Si	Si	Si	Si
Precios	Si	Si	Si	Si
Dicotómicas método de explotación y proceso	No	Si	Si	Si
Observaciones	386	386	365	325
R ²	0,841	0,848	0,848	0,842

Desviación estándar en paréntesis

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Fuente: Elaboración propia.

Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena**Tabla 5:** Resultados efecto subcontratación sobre Costos diferenciada por nivel de subcontratación.

	Ln(C1)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Subc x (P25 = 1)	-0,048 (0,050)	0,009 (0,070)		
Subc x (P75 = 1)	0,028 (0,043)	0,021 (0,055)		
Subc x (Bajo propia media = 1)			-0,028 (0,098)	-0,057 (0,107)
Subc x (Sobre propia media = 1)			0,022 (0,043)	-0,002 (0,048)
Subc (Subcontratados/Total)	0,251* (0,139)	0,252 (0,224)	0,240 (0,154)	0,173 (0,258)
Ln(Producción cobre equivalente)	-0,194** (0,084)	-0,195*** (0,075)	-0,193** (0,082)	-0,192** (0,074)
Ln(ley)		-0,217*** (0,065)		-0,226*** (0,062)
Ln(REM)		0,027* (0,015)		0,028* (0,016)
Ln(REC)		0,242 (0,154)		0,231 (0,152)
Constant	-2,513** (1,011)	-3,554** (1,700)	-2,462** (0,988)	-3,392** (1,629)
				-0,057
FE faena	Si	Si	Si	Si
FE año	Si	Si	Si	Si
Precios	Si	Si	Si	Si
Dicotómicas método de explotación y proceso	Si	Si	Si	Si
Observaciones	386	325	386	325
R ²	0,848	0,842	0,848	0,842

Desviación estándar en paréntesis

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Fuente: Elaboración propia.

Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena**4.2.2 Productividad media laboral**

Los resultados obtenidos muestran la existencia de un efecto de la subcontratación sobre la productividad laboral, como se presenta en la Tabla 6. Se observa en las distintas especificaciones que habría un efecto negativo y significativo sobre esta variable, al aumentar el porcentaje de subcontratación.

Respecto de las variables de control, como se presenta en la misma Tabla 6, incrementos en la cantidad de trabajadores (dotación total), como es de esperar, afectarían negativamente la productividad media laboral, mientras que con el capital la relación sería positiva. Por su parte, tanto la ley como la recuperación tienen un efecto positivo y significativo en la productividad media laboral. La razón estéril mineral tiene un efecto negativo, tal como se había previsto. El precio del cobre no tendría un efecto significativo sobre la productividad media del trabajo.

Ahora bien, en la Tabla 7 se muestran las especificaciones (2) y (4) de la Tabla 6, los cuales cuentan con el mejor ajuste, pero ahora considerando variables interactivas, según el modelo expuesto en la Ecuación 4 (ver sección Metodología 4.1). De este modo, se puede analizar si el efecto es homogéneo entre las faenas o si depende del grado de subcontratación que tiene cada una de ellas.

Así, los resultados indican que la subcontratación tendría un efecto negativo sobre la productividad laboral, pero este se daría con mayor fuerza en las operaciones que ya tienen un alto grado de subcontratación, en este caso aquellas que pertenecen al percentil 75 (variable “Subc x (P75 = 1)” en Tabla 7). En contraste, las faenas con un bajo porcentaje de subcontratación (percentil 25) no verían un efecto negativo adicional en la productividad (variable “Subc x (P25 = 1)” en Tabla 7). Es decir, si en promedio la productividad media laboral de una faena disminuiría aproximadamente 0,53% al aumentar en un punto porcentual su nivel de subcontratación (modelo 2 en Tabla 7), este efecto no tendría una variación significativa al hacer la distinción de una operación con baja subcontratación, pero sí la tendría en el caso de una con un alto nivel de subcontratación. De este modo, una faena con alto grado de subcontratación (percentil 75), reduciría en cambio alrededor de 0,71% su productividad media laboral al aumentar la subcontratación en un punto porcentual⁷.

Este análisis es complementado por la información presentada en la Tabla 10 (ver Anexos). Se evalúa lo mismo con las variables interactivas, pero en especificaciones distintas, mostrando el efecto de manera separada e independiente, y llegando así a las mismas conclusiones.

A su vez, tal como se explicó en la sección 4.1, se analizó el efecto diferenciado al tratarse de una faena con baja o alta subcontratación en un año, pero ahora respecto de sí misma, tomando como referencia la media de su porcentaje de subcontratación en todo el periodo. Se observa que este efecto negativo se daría en menor grado cuando las faenas están en un periodo con un menor

⁷ Efecto total de variables “Subc (Subcontratados/Total)” y “Subc x (P75 = 1)”, según Ecuación 5.

Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena

porcentaje de subcontratación del que suelen tener (variable “Subc x (Bajo propia media = 1)” en Tabla 7), pero estos resultados no son significativos.

Tabla 6: Resultados efecto subcontratación sobre productividad media laboral.

	Ln(Productividad media laboral)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Subc (Subcontratados/Total)	-2,462*** (0,328)	-0,709*** (0,271)	-2,462*** (0,346)	-0,661** (0,269)
Ln(trabajadores)		-0,732*** (0,097)		-0,833*** (0,108)
Ln(Capital real)			0,007 (0,037)	0,117*** (0,037)
Ln(ley)	0,774*** (0,088)	0,427*** (0,101)	0,778*** (0,086)	0,462*** (0,098)
Ln(Rec)	0,974*** (0,197)	0,816*** (0,203)	0,984*** (0,199)	0,785*** (0,191)
Ln(REM)	-0,050** (0,020)	-0,064*** (0,023)	-0,048** (0,019)	-0,064*** (0,023)
Ln(Pcu real)	-0,050 (0,087)	0,038 (0,065)	-0,052 (0,091)	0,102 (0,072)
Constant	-4,693*** (1,028)	1,210 (1,242)	-4,839*** (1,350)	0,052 (1,325)
FE faena	Si	Si	Si	Si
Observaciones	329	329	322	322
R ²	0,783	0,841	0,782	0,848

Desviación estándar en paréntesis

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Fuente: Elaboración propia.



Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena**Tabla 7:** Resultados efecto subcontratación sobre PML diferenciada por nivel de subcontratación.

	Ln(Productividad media laboral)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Subc x (P25 = 1)	0,026 (0,093)	0,044 (0,098)		
Subc x (P75 = 1)	-0,184 (0,114)	-0,185* (0,111)		
Subc x (Bajo propia media = 1)			0,095 (0,098)	0,134 (0,094)
Subc x (Sobre propia media = 1)			-0,122 (0,080)	-0,076 (0,076)
Subc (Subcontratados/Total)	-0,591** (0,273)	-0,525** (0,261)	-0,390 (0,296)	-0,387 (0,269)
Ln(Trabajo)	-0,720*** (0,092)	-0,820*** (0,102)	-0,693*** (0,100)	-0,795*** (0,108)
Ln(Capital real)		0,119*** (0,035)		0,118*** (0,034)
Ln(Ley)	0,459*** (0,091)	0,495*** (0,089)	0,445*** (0,105)	0,484*** (0,102)
Ln(Rec)	0,803*** (0,199)	0,777*** (0,191)	0,842*** (0,203)	0,807*** (0,192)
Ln(REM)	-0,061*** (0,023)	-0,061*** (0,022)	-0,064*** (0,024)	-0,063** (0,024)
Ln(Pcu real)	0,022 (0,064)	0,085 (0,069)	0,041 (0,065)	0,107 (0,071)
Constant	1,175 (1,267)	-0,047 (1,349)	0,482 (1,326)	-0,664 (1,373)
FE faena	Si	Si	Si	Si
Observaciones	329	322	329	322
R ²	0,844	0,852	0,844	0,851

Desviación estándar en paréntesis

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Fuente: Elaboración propia.

4.3 Resumen y análisis de resultados

A través del ejercicio realizado se estimó el efecto de la subcontratación sobre dos variables relevantes en las operaciones mineras: costos y productividad laboral. Respecto de los costos, los resultados obtenidos sugieren que: (i) en la muestra y periodo considerado, en promedio, existiría una relación positiva entre este indicador y el porcentaje de subcontratación de una faena, es decir, los costos C1 aumentarían con mayores niveles de subcontratación, (ii) el efecto en costos es independiente de si corresponde a una faena con alto o bajo nivel de subcontratación, y (iii) el volumen de producción de la faena tendría un efecto negativo en sus costos, evidenciando la existencia de rendimientos crecientes de escala.

Por su parte, a partir de los resultados del análisis de la productividad media laboral, es posible afirmar dos puntos: (i) en la muestra y periodo considerado, en promedio, el aumentar la subcontratación reduce la productividad, (ii) esta reducción es mayor cuando se trata de faenas con altos niveles de subcontratación (percentil 75).

Mientras los resultados obtenidos sobre el indicador de productividad van en el sentido de lo esperado, la relación identificada entre costos C1 y subcontratación podría parecer contraintuitiva. Sin embargo, existe una serie de factores que podrían explicarla. En primer lugar, la estrategia de subcontratación seguida por las empresas podría estar guiada no solo por una mirada de corto, sino que también de mediano y largo plazo. De esta forma, las empresas podrían estar dispuestas a enfrentar mayores costos unitarios producto de mayores niveles de subcontratación, con el fin de reducir riesgos propios de la industria (alta volatilidad por ejemplo), riesgos derivados de esquemas organizacionales más rígidos y los costos adicionales que dichos esquemas generarían al momento de enfrentar y adaptarse a las fluctuaciones del mercado. Así, por este tema de largo plazo, u otro, es posible que precisamente durante el periodo considerado en el ejercicio las compañías en la muestra se hayan visto obligadas a asumir mayores niveles de subcontratación, a pesar de que esto implicaría mayores costos. Por esta razón, un mayor periodo de análisis podría entregar resultados más robustos.

De todas maneras, los resultados presentados deben tomarse con cautela. Es posible que existan variables relevantes que afecten directamente los costos y la productividad, que no son constantes para cada faena, y que estén siendo omitidas, lo que incidiría en los resultados. Por ejemplo, los salarios de los trabajadores (y las diferencias entre dotaciones propias y subcontratadas).

Además, el *proxy* de productividad laboral utilizado (el cociente entre producción de cobre equivalente y dotación total de trabajadores) pese a ser un indicador adecuado y el mejor dada la información a la que se tiene acceso, podría tener falencias, ya que por ejemplo no considera las horas de trabajo efectivas por trabajador. En este sentido, encontrar una mejor variable para medir la productividad laboral también sería positivo para dar mayor robustez a los resultados encontrados.



5 Conclusiones

Durante el último tiempo las empresas mineras han intensificado la modalidad de subcontratación en sus operaciones, alcanzando valores promedio cercanos al 70% de dotación subcontratada respecto del total (Tabla 1). Esta modalidad, que en general es vista como una estrategia para enfrentar las volatilidades propias de la industria minera, pues permite mayor flexibilidad en aspectos organizacionales, podría también tener efectos adversos en otros ámbitos. Respecto de lo anterior, no existe absoluto consenso.

En este sentido, el ejercicio realizado en este estudio se llevó a cabo con el objetivo de aportar evidencia empírica sobre el efecto que tiene la subcontratación en la industria minera nacional. Para lo anterior se utilizaron datos de 30 faenas pertenecientes a la gran minería del cobre en Chile, en el periodo 2004-2019.

Específicamente, fue analizado el efecto de la subcontratación sobre dos variables clave del negocio minero, y que además son frecuentemente mencionadas en la literatura: costos y productividad laboral.

En el caso de los costos (medidos como C1), los resultados obtenidos indican que un incremento de 1 punto porcentual en el nivel de subcontratación de una faena aumentaría en un 0,31% los costos. Esta relación podría estar fundamentada en las decisiones estratégicas de las empresas y en cómo éstas estarían dispuestas a enfrentar mayores costos unitarios en el corto plazo, con el fin de reducir riesgos de mediano y largo plazo a través de la mayor flexibilidad que permite la subcontratación.

Asimismo, se estima que un aumento de un punto porcentual en el nivel de subcontratación disminuiría en promedio en un 0,53% la productividad media laboral de una faena. Adicionalmente, si el porcentaje de subcontratación de dicha operación es alto respecto del resto de la muestra (percentil 75), el efecto negativo en la productividad sería mayor, reduciéndola en aproximadamente 0,71%.

Estos resultados, sin embargo, deben tomarse con cautela. Dadas las características del modelo y la información a la que se tiene acceso, no se puede descartar la posible existencia de variables omitidas directamente relacionadas con los costos y la productividad, como por ejemplo los salarios de los trabajadores.

Podría contribuir a un mejor análisis el contar con información más detallada sobre las operaciones, especialmente en términos organizacionales. Por ejemplo: distribución de las dotaciones propias y subcontratadas en los distintos cargos y perfiles al interior de la empresa; diferencias salariales entre trabajadores propios y subcontratados; nivel de complejidad organizacional y madurez de cada faena; horas efectivas trabajadas por empleado; entre otros.

Por otro lado, aunque 16 años es una muestra suficiente para el modelo, ya que permite observar la trayectoria que siguen distintas variables por faena y generar algunas conclusiones, contar con



Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena

una serie más larga permitiría analizar cambios más drásticos y tener mayor variación al interior de la muestra. Al mismo tiempo, sería posible integrar de mejor manera las decisiones estratégicas de largo plazo tomadas por las compañías. Junto con lo anterior, dado que la base de datos utilizada corresponde íntegramente a faenas de la gran minería del cobre, sector que cuenta con niveles de subcontratación mayores al resto de la industria, sería útil disponer de datos de la mediana minería con el objetivo de comparar, complementar y clarificar algunas problemáticas planteadas en este estudio.

No obstante, se considera que este ejercicio constituye una contribución pues aporta cifras relativas al efecto de la subcontratación sobre los costos y la productividad laboral, con base en una muestra representativa de la minería del cobre en Chile.



6 Referencias

- Arias, M., Atienza, M., & Cademartori, J. (2014). Large mining enterprises and regional development in Chile: between the enclave and cluster. *Journal of Economic Geography*, *14*, 73–95.
- Basole, A., Basu, D., & Bhattacharya, R. (2015). Determinants and impacts of subcontracting: evidence from India's unorganized manufacturing sector. *International Review of Applied Economics*, *29*, 374–402.
- Choudhry, R. M., Hinze, J. W., Arshad, M., & Gabriel, H. F. (2012). Subcontracting practices in the construction industry of Pakistan. *Journal of Construction Engineering and Management*, *138*, 1353–1359.
- COCHILCO (2014). Productividad en la Industria Minera en Chile: Santiago, Chile.
- COCHILCO (2015). Caracterización de los costos de la gran minería del cobre: Santiago, Chile.
- Comisión Nacional de Energía (2019). Precios de nudo SIC-SING-Aysén y Magallanes. Recuperado de <https://www.cne.cl/estadisticas/electricidad/>.
- Comisión Nacional de Productividad (2017). Productividad en la Gran Minería del Cobre: Santiago, Chile.
- Davis-Blake, A., & Uzzi, B. (1993). Determinants of employment externalization: A study of temporary workers and independent contractors. *Administrative science quarterly*, 195–223.
- Durdyev, S., Ismail, S., & Kandymov, N. (2018). Structural equation model of the factors affecting construction labor productivity. *Journal of Construction Engineering and Management*, *144*, 4018007.
- Freytag, P. V., Clarke, A. H., & Evald, M. R. (2012). Reconsidering outsourcing solutions. *European Management Journal*, *30*, 99–110.
- García, P., Knights, P. F., & Tilton, J. E. (2001). Labor productivity and comparative advantage in mining: the copper industry in Chile. *Resources policy*, *27*, 97–105.
- Hughes, M. F. (2017). Precariedad laboral en Chile. Prácticas de resistencia en los sindicatos de trabajadores tercerizados de la Gran Minería Chilena. *Revista de Estudios Marítimos y Sociales*, *10*.
- Leiva Gómez, S. (2009). La subcontratación en la minería en Chile: elementos teóricos para el análisis. *Polis. Revista Latinoamericana*.
- Lonsdale, C., & Cox, A. (2000). The historical development of outsourcing: the latest fad? *Industrial management & data systems*.

Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena

- López, A. (2014). Outsourcing and firm productivity: a production function approach. *Empirical Economics*, 47, 977–998.
- Moosavian, Seyyed Ali Zeytoon Nejad (2015). Production function of the mining sector of Iran. *arXiv preprint arXiv:1509.03703*.
- Pérez, P., & Villalobos, P. (2010). ¿ Por qué subcontratan las empresas mineras en Chile? *Estudios Públicos*.
- Quélin, B., & Duhamel, F. (2003). Bringing together strategic outsourcing and corporate strategy: Outsourcing motives and risks. *European Management Journal*, 21, 647–661.
- Rupprecht, S. M. (2015). Owner versus contract miner-A South African update. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 115, 1021–1025.
- Silva, C. (2007). La subcontratación en Chile: aproximación sectorial. *Consejo Asesor presidencial: trabajo y equidad, Chile*.
- Solminihac, H. de, Gonzales, L. E., & Cerda, R. (2018). Copper mining productivity: lessons from Chile. *Journal of Policy Modeling*, 40, 182–193.
- Steenkamp, C. J., & van der Lingen, E. (2014). Outsourcing in the mining industry: decision-making framework and critical success factors. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 114, 846–854.
- Tano, S., Pettersson, Ö., & Stjernström, O. (2016). Labour income effects of the recent “mining boom” in northern Sweden. *Resources policy*, 49, 31–40.



Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena**Anexos****Tabla 8:** Resultados efecto subcontratación sobre C1 y PML, modelo "Pooled".

	Ln(C1)		Ln(PML)	
	(1)	(2)	(3)	(4)
Subc (Subcontratados/Total)	-0,058 (0,162)	-0,206 (0,203)	-1,015*** (0,263)	-0,907*** (0,256)
Ln(Producción cobre equivalente)	-0,241*** (0,022)	-0,222*** (0,027)		
Ln(Trabajadores)			-0,108** (0,043)	-0,456*** (0,059)
Ln(Capital)				0,258*** (0,032)
Ln(Ley)		-0,049 (0,041)	0,698*** (0,076)	0,716*** (0,076)
Ln(Rec)		0,009 (0,071)	0,436*** (0,148)	0,409*** (0,142)
Ln(Rem)		0,011 (0,010)	-0,117*** (0,026)	-0,105*** (0,024)
Ln(Pcu real)			-0,105 (0,143)	0,097 (0,135)
Constant	-1,881** (0,824)	-2,190* (1,283)	-2,589*** (1,005)	-4,382*** (0,957)
FE Año	Si	Si	No	No
Precios	Si	Si	No	No
Dicotómicas método de explotación y proceso	Si	Si	No	No
Observaciones	386	325	329	322
R ²	0,760	0,736	0,314	0,426

Desviación estándar en paréntesis

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Fuente: Elaboración propia.

Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena**Tabla 9:** Resultados efecto subcontratación sobre C1 diferenciada por nivel de subcontratación y separada cada ecuación.

	Ln(C1)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Subc x (P25 = 1)	-0,047 (0,050)			
Subc x (P75 = 1)		0,026 (0,043)		
Subc x (Bajo propia media = 1)			-0,031 (0,096)	
Subc x (Sobre propia media = 1)				0,024 (0,040)
Subcontratados/Total	0,274** (0,129)	0,294** (0,130)	0,280** (0,139)	0,266* (0,155)
Ln(Producción cobre equivalente)	-0,196** (0,083)	-0,192** (0,083)	-0,194** (0,082)	-0,194** (0,083)
Constant	-2,485** (0,999)	-2,548** (1,007)	-2,487** (0,983)	-2,489** (0,998)
FE faena	Si	Si	Si	Si
FE año	Si	Si	Si	Si
Precios	Si	Si	Si	Si
Dicotómicas método de explotación y proceso	Si	Si	Si	Si
Observaciones	386	386	386	386
R ²	0,848	0,848	0,848	0,848

Desviación estándar en paréntesis

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Fuente: Elaboración propia.

Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena**Tabla 10:** Resultados efecto subcontratación sobre PML diferenciada por nivel de subcontratación y separada cada ecuación.

	Ln(Productividad media laboral)			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Subc x (P25 = 1)	0,026 (0,102)			
Subc x (P75 = 1)		-0,182 (0,111)		
Subc x (Bajo propia media = 1)			0,134 (0,094)	
Subc x (Sobre propia media = 1)				-0,076 (0,076)
Subc (Subcontratados/Total)	-0,634** (0,273)	-0,572** (0,267)	-0,523** (0,258)	-0,525* (0,287)
Ln(Trabajadores)	-0,833*** (0,108)	-0,819*** (0,102)	-0,813*** (0,113)	-0,814*** (0,104)
Ln(Capital)	0,118*** (0,037)	0,117*** (0,035)	0,124*** (0,035)	0,111*** (0,036)
Ln(Ley)	0,462*** (0,098)	0,494*** (0,090)	0,483*** (0,102)	0,462*** (0,097)
Ln(Rec)	0,792*** (0,198)	0,765*** (0,183)	0,793*** (0,188)	0,798*** (0,195)
Ln(Rem)	-0,064*** (0,023)	-0,061*** (0,022)	-0,062** (0,024)	-0,064*** (0,023)
Ln(Pcu real)	0,102 (0,073)	0,086 (0,069)	0,111 (0,071)	0,098 (0,072)
Constant	-0,004 (1,378)	0,048 (1,297)	-0,453 (1,342)	-0,158 (1,373)
FE faena	Si	Si	Si	Si
Observaciones	322	322	322	322
R ²	0,848	0,851	0,850	0,849

Desviación estándar en paréntesis

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Fuente: Elaboración propia.

Impacto de la subcontratación en la industria minera chilena

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

Cintia Roa C.

Analista de Mercado Minero

Felipe Sánchez L.

Analista de Estrategias y Políticas Públicas

Jorge Cantallopts A.

Director de Estudios y Políticas Públicas

Septiembre de 2021

