

Universidad De Valparaíso
Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas
Escuela de Ingeniería Comercial



**ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD LABORAL DE CODELCO
(2000-2011).**

Memoria para optar al Título de Ingeniero Comercial y al Grado de Licenciado en
Ciencias en la Administración de Empresas.

Profesor Guía: Sr. Patricio Pérez Oportus

Alumnos: Sr. José Carlos Olivares Jiménez

Sr. Víctor Antonio Silva Millares

Santiago, 2012

DEDICATORIA

A nuestro profesor guía Patricio Pérez, que sin su apoyo y consejos esto no hubiese llegado a término.

José Olivares:

Dedicado especialmente a mis padres por todo su apoyo e incondicionalidad a lo largo de este estudio.

Víctor Silva:

Dedicado a mis padres por su apoyo incondicional. A mis abuelos por creer siempre en mí. Y a mis hermanas.

ÍNDICE

RESUMEN	IX
ABSTRACT	IX
INTRODUCCIÓN	1
CODELCO	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2. OBJETIVO GENERAL	4
1.2.1. OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	4
1.3. INTERROGANTES E HIPÓTESIS	5
1.3.1. INTERROGANTE A).....	5
1.3.2. INTERROGANTE B).....	5
1.3.3. INTERROGANTE C).....	5
1.4. CODELCO Y SU APOORTE AL DESARROLLO ECONÓMICO DE CHILE.	6
1.5. CODELCO: INNOVACIÓN Y AVANCES TECNOLÓGICOS.....	10
1.6. CLÚSTER MINERO	10
CAPITULO II: PRODUCTIVIDAD EN LA MINERÍA DEL COBRE: AVANCES Y DESAFÍOS PENDIENTES	13
2.1. PRODUCTIVIDAD LABORAL EN ESTADOS UNIDOS.....	13

2.2.	PRODUCTIVIDAD LABORAL MINERA EN CHILE.....	15
2.3.	PRODUCTIVIDAD LABORAL DE CODELCO EN RELACIÓN A OTRAS MINERAS.....	18

CAPITULO III: PRODUCTIVIDAD TOTAL CODELCO. ANÁLISIS Y

DESCRIPCIÓN 19

3.1.	DATOS PRODUCTIVIDAD LABORAL CODELCO	19
3.2.	LEY DE COBRE Y SU IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD LABORAL	22
3.3.	EL COSTO DE LA ENERGÍA.....	24
3.4.	COSTOS DE PRODUCCIÓN DE COBRE CODELCO.....	25

CAPÍTULO IV: METODOS DE ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD LABORAL..... 26

4.1.	LOS DATOS.....	26
4.2.	MÉTODO I: ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL POR DIVISIÓN.....	27
4.2.1.	DIVISIÓN ANDINA.....	28
4.2.2.	DIVISIÓN CHUQUICAMATA	30
4.2.3.	DIVISIÓN EL TENIENTE.....	31
4.2.4.	DIVISIÓN RADO MIRO TOMIC	33
4.2.5.	DIVISIÓN EL SALVADOR	35
4.3.	MÉTODO II: MODELO ECONÓMICO.....	37
5.1.1.	METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN.....	38
5.1.2.	DESCOMPOSICIÓN DEL CAMBIO EN PRODUCTIVIDAD.....	42

CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y RESULTADOS 45

4.5.	ANÁLISIS DEL CAMBIO EN LA PRODUCTIVIDAD	45
------	---	----

4.5.1. EFECTOS FIJOS	45
4.5.2. EFECTOS ESCALA	46
4.5.3. EFECTO GEOLÓGICO	48
4.5.4. EFECTO RESIDUAL	49
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	51
BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXOS	58

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1:	PROMEDIO DE TASAS DE VARIACIÓN PRODUCTIVIDAD LABORAL PROPIA, PRODUCCIÓN DE COBRE FINO Y PERSONAL DE PLANTA. PERIODO 2004-2008.	20
TABLA N° 2:	PROMEDIO TASAS DE VARIACIÓN PRODUCTIVIDAD LABORAL PROPIA, PRODUCCION COBRE FINO Y PERSONAL DE PLANTA. PERIODO 1991-2011.	21
TABLA N° 3:	COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA. PERIODO 2000-2011. PRODUCCIÓN MINERA DE COBRE REFINADO. DATOS EN MILES DE TONELADAS.	27
TABLA N° 4:	VARIACIÓN TOTAL Y PROMEDIO ANUAL DE VARIABLES DIVISIÓN ANDINA. PERIODO 2000-2011.	29
TABLA N° 5:	VARIACIÓN TOTAL Y PROMEDIO ANUAL DE VARIABLES DIVISION CHUQUICAMATA. PERIODO 2000-2011.	31
TABLA N° 6:	VARIACIÓN TOTAL Y PROMEDIO ANUAL DE VARIABLES DIVISIÓN EL TENIENTE. PERIODO 2000-2011.	33
TABLA N° 7:	VARIACIÓN TOTAL Y PROMEDIO ANUAL DE VARIABLES DIVISIÓN RADOMIRO TOMIC. PERIODO 2000-2011.	35
TABLA N° 8:	VARIACIÓN TOTAL Y PROMEDIO ANUAL DE VARIABLES DIVISIÓN EL SALVADOR. PERIODO 2000-2011.	35

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE EXTRACCIÓN DE COBRE MUNDIAL, NACIONAL Y CODELCO. PERIODO 2005-2011. MILES DE TONELADAS.....	7
FIGURA N° 2: EVOLUCIÓN DEL APOORTE DE CODELCO AL PIB DE CHILE. PERIODO 2001-2010. PUNTOS PORCENTUALES.	8
FIGURA N° 3: EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL COBRE. PERIODO 1996-2012. CENTAVOS DE DÓLAR POR LIBRA.....	9
FIGURA N° 4: EVOLUCIÓN DE LA DOTACIÓN DE PERSONAL CODELCO. PERIODO 1990-2011. DIFERENCIADO POR TIPO DE DOTACIÓN.	9
FIGURA N° 5: INDICE DE PRODUCTIVIDAD LABORAL MINERA EMPRESAS GMP-10 Y CODELCO. PERIODO 2005-2011. BASE 2005=100....	17
FIGURA N° 6: PRODUCTIVIDAD LABORAL CODELCO PARA DOTACIÓN PROPIA Y TOTAL. PERIODO 1990-2011.....	19
FIGURA N° 7: EVOLUCIÓN LEY DE COBRE EN EL PAÍS. PERIODO 2002-2011. EN PORCENTAJE.....	22
FIGURA N° 8: EVOLUCIÓN LEY COBRE CODELCO. PERIODO 1990-2011. EN PORCENTAJE.....	23
FIGURA N° 9: EVOLUCIÓN CONSUMO ENERGÉTICO POR TONELADA DE COBRE FINO EN EL PAÍS. PERIODO 2002-2011. EN MEGAJOULES.24	
FIGURA N° 10: RELACIÓN COSTO Y PRECIO DEL COBRE EN CODELCO. PERIODO 1990-2011.	25
FIGURA N° 11: ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL DIVISIÓN ANDINA. BASE 2000=100.....	28

FIGURA N° 12: ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL DIVISION CHUQUICAMATA. BASE 2000=100	30
FIGURA N° 13: ANÁLISIS PRODUCTIVIDAD LABORAL DIVISIÓN EL TENIENTE. BASE 2000=100.....	32
FIGURA N° 14: ANÁLISIS PRODUCTIVIDAD LABORAL DIVISIÓN RADOMIRO TOMIC. BASE 2000=100.....	34
FIGURA N° 15: ANÁLISIS PRODUCTIVIDAD LABORAL DIVISIÓN EL SALVADOR. BASE 2000=100.....	36
FIGURA N° 16: ÍNDICE DE LOS EFECTOS FIJOS. BASE 2000=100.	46
FIGURA N° 17: ÍNDICE DE EFECTOS ESCALA. BASE 2000=100	47
FIGURA N° 18: ÍNDICE DE EFECTOS GEOLÓGICO BASE 2000=100.....	49
FIGURA N° 19: ÍNDICE DE LOS RESIDUOS. BASE 2000=100.....	50
FIGURA N° 20: EVOLUCIÓN PRODUCTIVIDAD LABORAL CODELCO SEGÚN DIVISIÓN. MÉTODO I. BASE 2000=100	51
FIGURA N° 21: EVOLUCIÓN PRODUCTIVIDAD CODELCO SEGÚN DIVISION. MÉTODO II. BASE 2000=100	52

RESUMEN

Nuestro estudio consiste básicamente en analizar la productividad laboral de la Corporación Nacional del Cobre de Chile, CODELCO, desagregándola por divisiones. Para este análisis se utilizarán dos modelos. El primero consiste en medir la productividad mediante un cociente entre cantidad de cobre producido dividido por la cantidad de trabajadores y el segundo consiste en medir la productividad mediante un estudio econométrico, para ello nos basaremos en un modelo utilizado por el señor Thomas M. Stoker para la industria de carbón de Estados Unidos. El objetivo principal es definir el comportamiento de la productividad de CODELCO y de sus divisiones.

ABSTRACT

Our study is mainly based on analysis of labor productivity of the National Copper Corporation of Chile, CODELCO, disaggregated by division. For this analysis, two models were used. The first is to measure productivity by dividing amount of copper produced divided by the number of workers and the second is to measure productivity by an econometric study, therefore we will rely on a model used by Mr. Thomas M. Stoker in the coal industry in the United States. The main objective is to define the behavior of productivity CODELCO and its divisions.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día la obtención de cobre en Chile representa alrededor del 34,2%¹ de la producción mundial y posee un tercio de las reservas conocidas totales en el mundo. El cobre aporta a Chile alrededor del 10,2% del Producto Interno Bruto (PIB), por lo tanto es un factor altamente significativo para su economía. Este producto se extrae principalmente al norte del país, donde se encuentra ubicada la principal mina de cobre para Chile, La Escondida, que tuvo una producción anual el 2011 de 817,7 mil toneladas de cobre fino, seguido por Radomiro Tomic con un total de 470,1 mil toneladas, esta última pertenece a la Corporación Nacional del Cobre, entidad que extrae el 33% del total, convirtiéndola en la mayor productora y exportadora de Cobre de Chile.

Basados en el apartado anterior, este estudio se enfocará en CODELCO por la importancia que tiene para Chile en su desarrollo económico y por ser la mayor empresa extractora de metal rojo en el país.

CODELCO

La Corporación Nacional del cobre, CODELCO, nace el 1 de abril de 1976 mediante el Decreto Ley N°1350². Esta institución asumió la completa

¹ COCHILCO, basado en World Metal Statistics, estadísticas, informe de producción mundial y Chilena de cobre de mina. <http://www.cochilco.cl/productos/descarga/base_datos/Produccion_chilena_de_cobre_por_producto_1960-2011.xls>, [Consultado: 15 de Junio 2012]

² Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, [en línea] < <http://bcn.cl/fajr> > [consultado: 15 de Junio 2012]

administración de los yacimientos mineros nacionalizados, reemplazando así las antiguas empresas colectivas que el mismo estado había creado para tal propósito. De esta manera los yacimientos de Chuquicamata, Exótica, El Teniente, El Salvador y Andina se reunieron en una sola empresa minera, comercial e industrial, con duración indefinida, capital propio y personalidad jurídica.

En el año 1997 se inauguró el yacimiento Radomiro Tomic, el cual fue el primero puesto en marcha íntegramente por CODELCO, este comienza a funcionar recién en 2003, formando parte de la nueva división CODELCO norte junto a la división Chuquicamata. Más tarde en 2010 esta unión se disuelve y se transforman en divisiones separadas e independientes, con el fin de focalizar sus objetivos en los distintos desafíos que enfrentan. Dentro de este periodo también se crea la división Ministro Hales para operar el yacimiento del mismo nombre.

En la actualidad CODELCO está compuesta por siete divisiones: Chuquicamata, Radomiro Tomic, Ministro Hales, Salvador, Andina, El Teniente y Ventanas, sin perjuicio de que posee inversiones en otros yacimientos.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Planteamiento del Problema

Si analizamos la productividad laboral de la industria del sector minero en Chile, nos damos cuenta que desde el año 1992 al 1997 mostró un fuerte aumento, sin embargo desde esa fecha hasta ahora la productividad laboral comenzó a experimentar una caída sistemática.

El fuerte crecimiento experimentado se debe principalmente a la entrada de nuevos proyectos mineros y al esfuerzo que hicieron las divisiones mineras existentes para mejorar su eficiencia. Sin embargo, pese a este impulso inicial, desde 1997 a la fecha se observa una caída sistemática de la productividad laboral³. A juicio de Jara, et al (2010) esta se mejoraría con la “adopción de nuevas tecnologías y mejoras en la gestión lo que sustentaría mejoras en productividad laboral. Ni mayores niveles de producción, ni yacimientos de mejor ley son suficientes, en la actualidad, para impulsar un mejoramiento sostenido en ésta. Los esfuerzos, por lo tanto, debieran dirigirse principalmente a incrementar la innovación y la investigación y desarrollo al interior de la industria, en pos de una mayor competitividad a futuro”⁴

³ García, P., P. Knights & J. Tilton (2001), “Labor productivity and comparative advantage in mining: The copper industry in Chile”, *Resources Policy* Vol. 27, pp. 97-105.

⁴ Jara, J. Pérez, P. y Villalobos, P. (2010), “Good deposits are not enough: Mining labor productivity analysis in the copper industry in Chile and Peru 1992-2009”

El problema surge ante la inquietud de analizar el comportamiento de la productividad laboral de CODELCO. Nuestro estudio evaluará de dos formas la productividad laboral. En primer lugar se hará una analogía sencilla de variables como producción, cantidad de trabajadores y productividad. Por otro lado el fuerte de nuestro estudio, es el segundo método de análisis, correspondiente a un modelo econométrico que se utilizó en la industria del carbón en Estados Unidos⁵.

1.2. Objetivo General

Definir el comportamiento de la productividad de CODELCO y de sus divisiones.

1.2.1. Objetivo Específicos

- Determinar cuál división de CODELCO presenta la mejor productividad laboral.
- Determinar que variables analizadas presentan mayor relación con la productividad laboral de CODELCO.
- Analizar la productividad laboral total de CODELCO, durante el periodo 2000-2011

⁵ Thomas M. Stoker, Erns R. Berndt, A. Denny Ellerman, Susanne M. Schennach. (2005). " Panel data analysis of U.S. coal productivity". Journal Econometrics. Pag 131-164.

1.3. Interrogantes e Hipótesis

Las interrogantes e hipótesis son las preguntas o afirmaciones que nuestro estudio desea responder y/o aclarar, para una mejor recepción del lector, se enuncian y enumeran por separado más adelante.

1.3.1. Interrogante a)

¿Cuál es la división de CODELCO que presenta la mayor productividad laboral?

1.3.2. Interrogante b)

¿Qué tan determinante es el número de trabajadores en la productividad?

1.3.3. Interrogante c)

¿La productividad laboral en CODELCO ha aumentado en los últimos años?

1.4. CODELCO y su aporte al desarrollo económico de Chile.

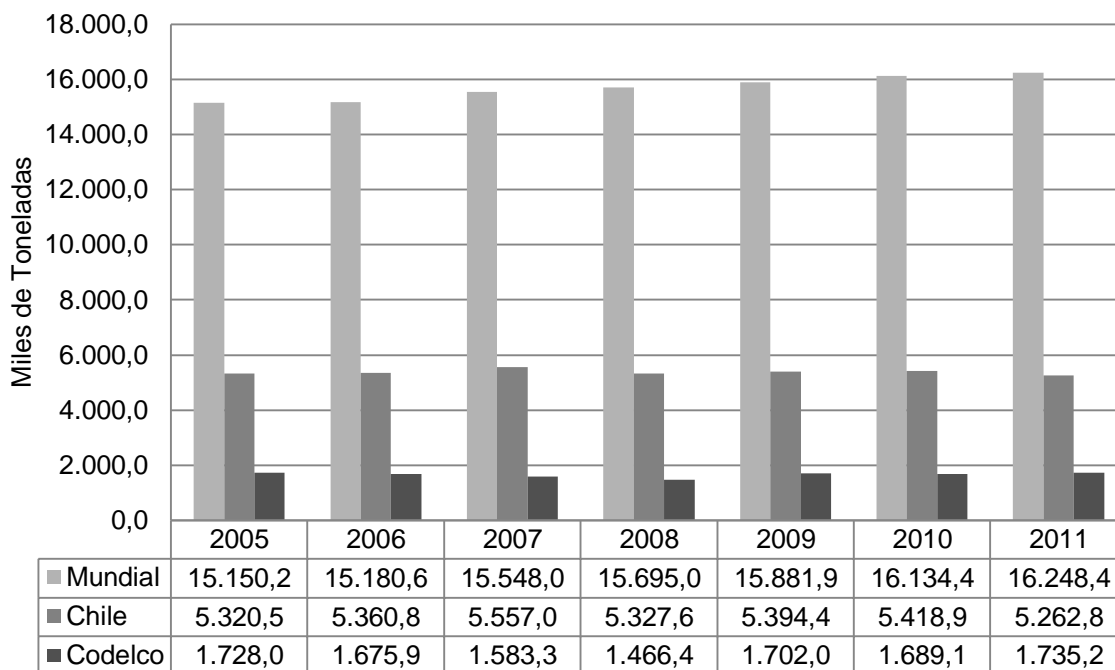
Hoy en día está fuera de debate el gran aporte del cobre al desarrollo económico de Chile. Codelco por su parte, como la principal empresa estatal minera, genera crecimiento de diversas formas, ya sea en aporte al estado de Chile, creación de valor en el PIB, generación de empleo, especialización de mano de obra y procesos, montos exportados, entre otros.

CODELCO logró una producción anual de cobre en el año 2011 de 1 millón 735 mil toneladas métricas finas (tmf), esto corresponde a un 34% de la producción nacional de ese año y a un 11% de la Producción mundial de cobre como se puede ver en la FIGURA N°1. Y sus ingresos por venta al 2011 totalizaron US\$17.515 millones, un 8% más que el promedio de los ingresos del año 2010⁶

Si observamos la FIGURA N°3, apreciamos la tendencia alcista que presentan los precios del cobre los cuales pasaron de un precio promedio para el año 1996 de aproximadamente un dólar por libra a un promedio de cuatro dólares por libra el año 2011. Este fuerte incremento en los precios del metal rojo incentivó una mayor producción de la cuprífera nacional, lo que se tradujo en mayor participación del PIB nacional. Llegando a su peak el año 2006 cuando tuvo una participación de aproximadamente un 11.8% (véase FIGURA N°2). Cifra estratosférica si consideramos que fue sólo el aporte de una empresa.

⁶ Memoria anual de CODELCO 2011. Pág. 21

FIGURA N° 1: COMPARACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE EXTRACCIÓN DE COBRE MUNDIAL, NACIONAL Y CODELCO. Periodo 2005-2011. Miles de Toneladas.



Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

Desde el punto de vista del aporte directo que hace la empresa al estado. CODELCO el año 2010 entregó US\$ 6.069 millones⁷. El año 2011 esta cifra se incrementó aproximadamente en un 13% alcanzando la suma de US\$ 6.981 millones.⁸ Este mayor aporte se explicaría por la tendencia alcista del precio del cobre, el cual se puede observar en la FIGURA N°3.

⁷ www.cochilco.cl, "principales indicadores de gestión corporativa" http://www.cochilco.cl/productos/descarga/emp_estatales/estadisticas/codelco/principales_indicadores_codelco.pdf [consultado el 12-07-12]

⁸ CODELCO, Op Cit, p.39

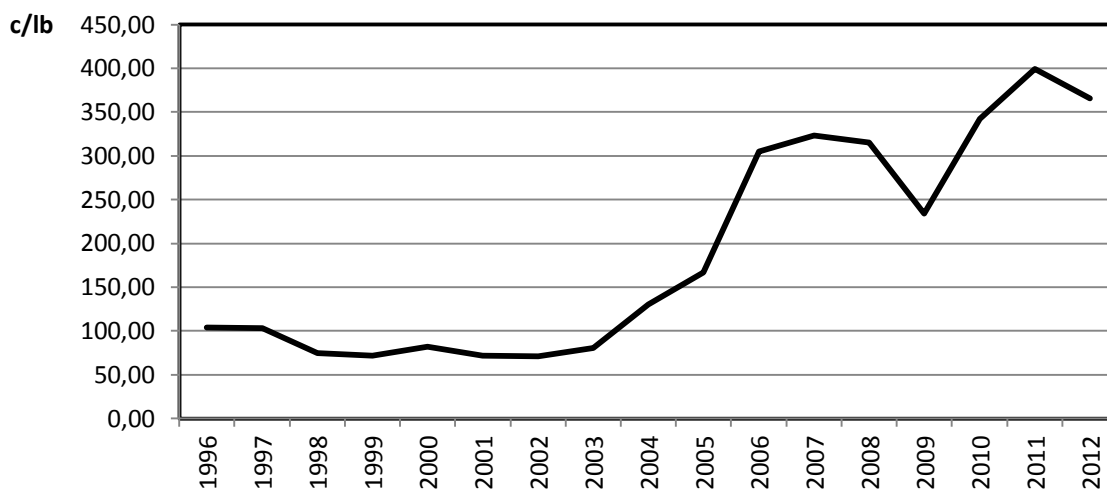
FIGURA N° 2: EVOLUCIÓN DEL APOORTE DE CODELCO AL PIB DE CHILE. Periodo 2001-2010. Puntos Porcentuales.

Año	Porcentaje de Aporte de CODELCO al PIB
2001	5,6%
2002	5,5%
2003	4,5%
2004	8,0%
2005	8,2%
2006	11,8%
2007	10,0%
2008	10,5%
2009	7,0%
2010	7,3%

Fuente: Dipres. Estadísticas de las finanzas públicas 2001-2010

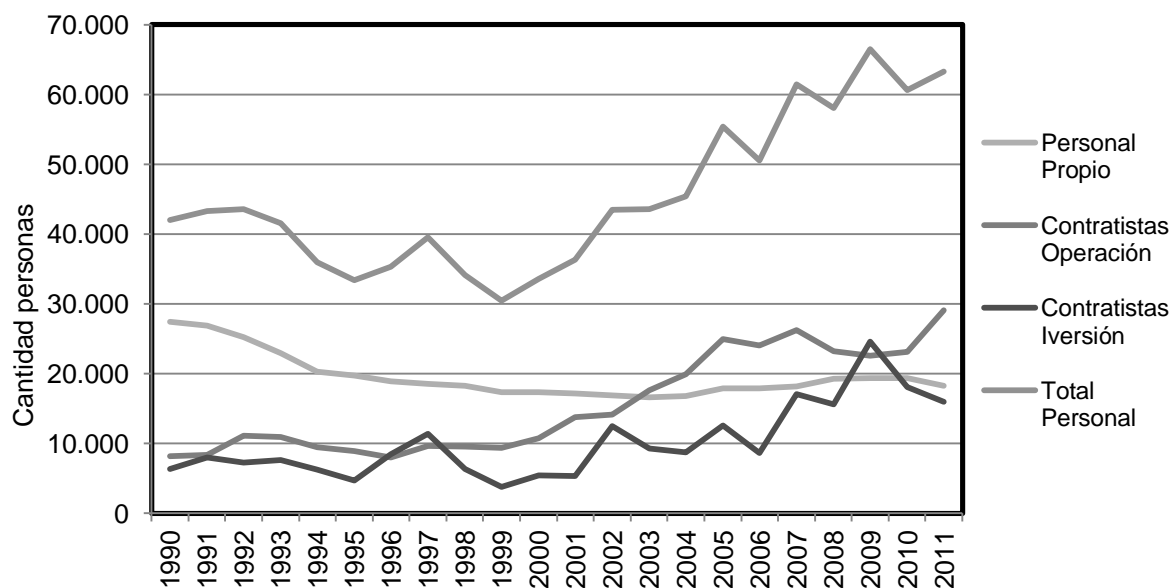
Desde la perspectiva de la generación de empleo se puede observar que la tendencia general es al aumento en el nivel de personal contratado, alcanzando a contratar a 60.311 personas durante el año 2011. Por otro lado la tendencia en la cantidad de trabajadores contratistas es claramente al alza, y en su contraparte la cantidad de trabajadores de planta de CODELCO en los últimos años ha ido a la baja. Este hecho lo podemos asociar al fenómeno de subcontratar, el cual resulta menos costoso para las grandes empresas, pues no se entregan bonos, aguinaldos, ni ningún tipo de sobresueldo, principalmente.

FIGURA N° 3: EVOLUCIÓN DEL PRECIO DEL COBRE.
Periodo 1996-2012. Centavos de dólar por libra.



Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

FIGURA N° 4: EVOLUCIÓN DE LA DOTACIÓN DE PERSONAL CODELCO. Periodo 1990-2011. Diferenciado por tipo de dotación.



Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

1.5. CODELCO: Innovación y avances tecnológicos.

El plan estratégico de innovación y avances tecnológicos de CODELCO tiene un horizonte de 3 años (2012-2015), que principalmente busca incluir innovaciones y nuevas tecnologías en sus procesos. Todo esto apunta a incrementar las tasas de productividad laboral, mejorar aquellos procesos relacionados con el medio ambiente, seguridad laboral y procesos mineros metalúrgicos. Algunos de estos procesos son: Biolixiviación de minerales sulfurados de baja ley de cobre, lixiviación de concentrados de cobre, Abatimiento de Sulfatos, entre otros. Al año 2011 CODELCO rompió el record de inversión en tecnología e investigación por un monto total de US\$125 millones⁹.

En busca de lograr aumentar la productividad CODELCO ha conformado alianzas estratégicas con distintas empresas enfocadas en la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías para el proceso o producción del metal rojo. Dentro de las cuales destacan: Geometalurgical Mapping and Mine Modelling, Mass Mining Technologies, Alianza Río de Cobre y General Electric.

1.6. Clúster Minero

El termino clúster empezó a tomar gran importancia desde que Alfred Marshall¹⁰ (1920) hiciera un estudio sobre el desarrollo de complejos industriales

⁹ CODELCO. Memoria anual 2011.

¹⁰ Marshal, Alfred. Principles of economics. 1920.

y la existencia de externalidades positivas dentro de los conglomerados industriales.

Michael E. Porter define al clúster como “la concentración geográfica de empresas interconectadas, proveedores especializados, empresas de industrias relacionadas e instituciones asociadas (universidades, asociaciones, etc.) en un ámbito en particular, que compiten pero también cooperan”¹¹.

CODELCO junto a la minera privada BHP Billiton, tienen como meta llegar al año 2020 con al menos 250 proveedores de nivel mundial. Con esta iniciativa se busca generar oportunidades de progreso global en las empresas chilenas. Según Henry Hanssens, director clúster de la Gerencia General de Asuntos Corporativos y Sustentabilidad de Codelco “El trabajo en equipo y la mutua colaboración entre las partes para desarrollar la solución como, asimismo, para cerrar ciertas brechas de la gestión empresarial del proveedor, es un elemento clave y diferenciador respecto de la relación transaccional que se da habitualmente entre la empresa minera y el proveedor. Por cierto, la relación transaccional se seguirá dando en aquellas situaciones en que no se requieran transformaciones. La lógica del programa es ayudar al proveedor para que éste a su vez nos ayude a solucionar un problema, generándose un círculo virtuoso”¹²

¹¹ Porter, Michael. The competitive advantage of nations. New York: Free press. 1990.

¹² Minería Chilena. Entrevista a Henry Hansses, Director Cluster de la Gerencia General de asuntos corporativos y sustentabilidad de CODELCO 2010. <http://www.mch.cl/revistas/imprimir_articulo.hp?Id=1762>[Consultado el 17-07-2012]

El desafío de CODELCO es ir cambiando el paradigma y seguir al Clúster como una opción real para mejorar su posición competitiva. Teniendo en cuenta que el clúster contribuye, incrementando la productividad, incrementa la capacidad de innovación y estimula la formación de nuevas empresas innovadoras.

CAPITULO II: Productividad en la minería del cobre: avances y desafíos pendientes.

Para algunos economistas antiguos hablar de las ventajas comparativas que tiene un país en la industria del metal rojo, se resumiría solo a la disponibilidad de recurso (reservas del mineral) que posee el país en el ámbito minero, sin embargo muchos estudios actuales demuestran lo contrario, para lograr una ventaja comparativa para producir cobre, son muy importantes también otros factores, como por ejemplo la productividad laboral de las empresas mineras (García, Patricio; Knights, Peter F.; Tilton, John E., 2001) .

2.1. Productividad Laboral en Estados Unidos.

Tilton señala que la productividad laboral para el caso de las minas de Estados Unidos poseen una relación inversa con los costos variables de las minas, esto quiere decir, a medida que aumentan los costos variables de las minas la productividad laboral disminuye o viceversa. Esto se explicaría por la enorme importancia que tienen las remuneraciones en el total de costos variables de las empresas mineras, los cuales pueden variar desde un tercio hasta aproximadamente la mitad de los costos variables. Además de esto menciona que la productividad laboral cambia con la adopción de nuevas tecnologías lo que queda de manifiesto cuando se observa la evolución que tuvo

la productividad laboral de la industria minera de los Estados Unidos desde mediados de la década de los 80 (Tilton, John E., 2001)

Después de liderar el mundo de la industria minera por décadas Estados Unidos perdió su capacidad de competir. Su industria minera entro en una fuerte recesión en la década de los 70 y principios de los 80. A pesar de voces que hablaban de un colapso total de la industria, esta se recuperó de forma formidable. Esta recuperación la lograron disminuyendo innovadoramente los costos de producción de las minas, que trajo como consecuencia un aumento significativo en la productividad laboral, la que prácticamente se duplico en la década de los 80 (Tilton & Landsberg, 1997). Por ende cabe hacerse la siguiente pregunta: ¿Que innovaciones ocuparon para disminuir significativamente sus costos? La respuesta a esta pregunta la podrían explicar cinco factores según Tilton; un aumento en los costos de producción de los productores extranjeros, un aumento en los precios del cobre, el aumento de ingresos por subproductos, una disminución en los salarios de los trabajadores de las minas y finalmente un aumento en la productividad laboral¹³.

Este aumento en la productividad laboral en la industria minera de Estados Unidos sería explicado por las siguientes causas: un aumento en el capital, el cual es usado para modernizar las operaciones mineras. Una segunda causa sería un cambio en la calidad de los depósitos de cobre y la última causa

¹³ John E. Tilton; Hans H. Landsberg. Innovation, Productivity Growth, and the Survival of the U.S. Copper Industry. Discussion paper (1997)

relevante que mejoró la productividad laboral es la incorporación de nuevas tecnologías e innovaciones en los procesos productivos, teniendo un rol fundamental la introducción de la tecnología SX-EW (extracción por solventes y electro obtención) (Tilton & Landsberg, 1997). Es importante destacar que el aumento de capital y la incorporación de nuevas tecnologías e innovaciones están muy relacionados entre sí, esto es así porque las inversiones en estructura y equipos traen incorporado nuevas tecnologías o desarrollos innovadores. Por tanto en la práctica los efectos de un aumento de capital que mejore la productividad laboral no se puede separar fácilmente de las incorporaciones de nuevas tecnologías e innovaciones.

2.2. Productividad Laboral minera en Chile.

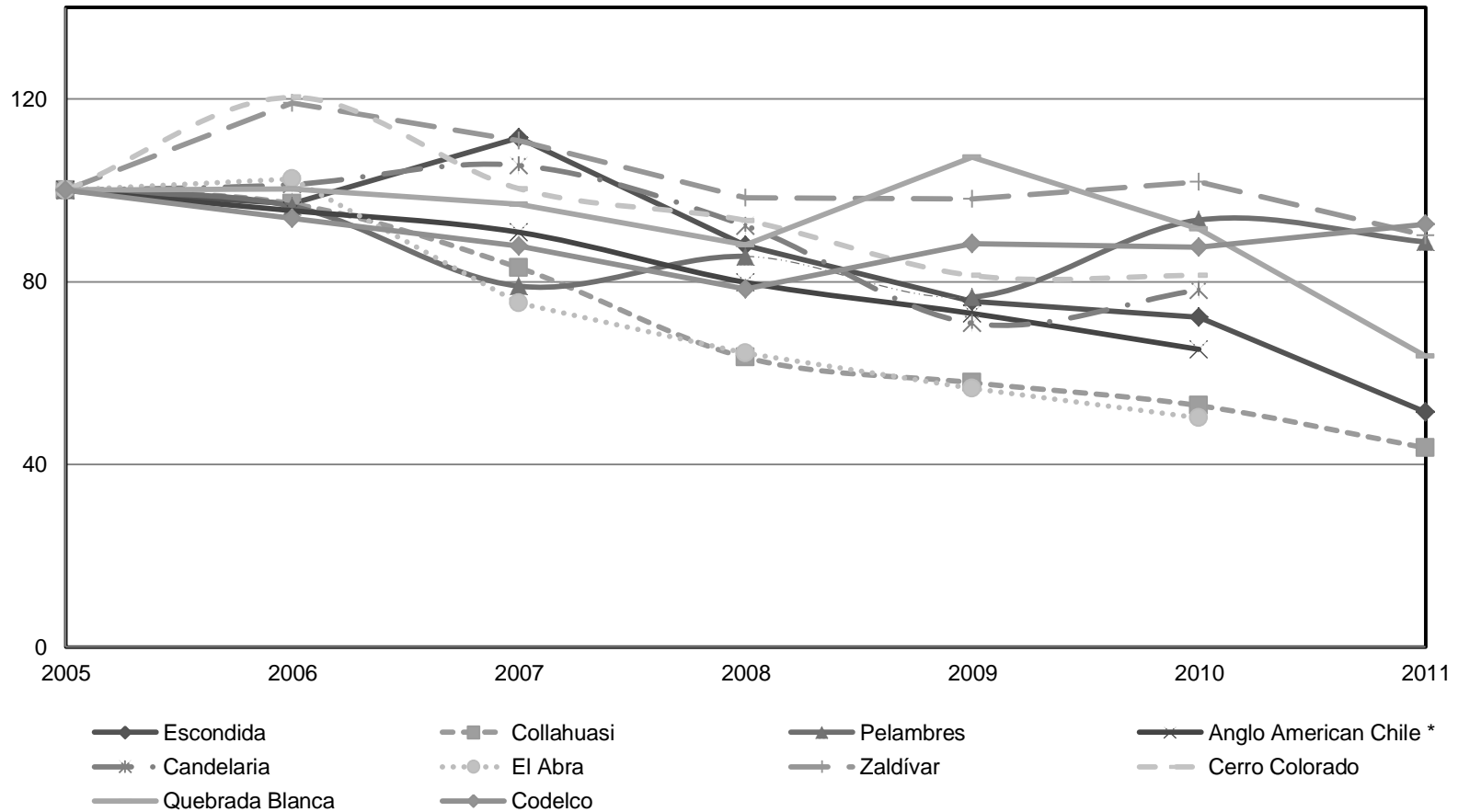
Para estimar la productividad media de los trabajadores de la minería en Chile, las empresas utilizan generalmente una relación output-input del factor trabajo, en otras palabras esto correspondería a las toneladas métricas de cofre fino producido por cada trabajador al año. (Molina & Cantallopts, 2008).

En Chile la productividad laboral minera se vería afectada en mayor medida por la entrada en operación de nuevos yacimientos mineros (García, Patricio; Knights, Peter F.; Tilton, John E., 2001), a diferencia de Estados Unidos

donde jugaba un rol preponderante la incorporación y desarrollo de nuevas tecnologías. Sin embargo es importante señalar que CODELCO no sería una empresa competitiva sino estuviera constantemente integrando nuevas tecnologías a sus procesos productivos.

En el último tiempo se han realizados nuevos estudios sobre productividad laboral minera en el país que intentan darle otro punto de vista al estudio. Tal es el caso del análisis del factor geológico, en el cual se llegó a la conclusión que tanto para Chile como otros países analizados, este factor representarían un componente menor en las variaciones de productividad del trabajo. (Jara & Pérez, 2009).

FIGURA N° 5: INDICE DE PRODUCTIVIDAD LABORAL MINERA EMPRESAS GMP-10 Y CODELCO. Periodo 2005-2011. Base 2005=100.



Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

2.3. Productividad Laboral de Codelco en relación a Otras Mineras

El GRÁFICO N°4 muestra la productividad que ha venido experimentando CODELCO en relación a las GMP-10¹⁴. En él se puede observar que CODELCO a pesar de ser la empresa minera más grande del país no presentaba en un principio la productividad más alta, sin embargo para el año 2011 CODELCO, es una de las empresas que presenta la mayor productividad laboral. Por tanto habría que hacer la siguiente pregunta ¿Que ha contribuido al aumento de la productividad laboral de la cuprífera nacional?

El objetivo de este estudio es analizar las diferentes divisiones de CODELCO para intentar determinar la tasa propia de productividad laboral, con lo cual se buscara ver si existen diferencias entre divisiones. Para ello se ocupara un modelo econométrico que fue ocupado en la industria de carbón de Estados Unidos, el cual nos podrá dar una visión clara de la evolución de la productividad laboral de cada división.

Para analizarla productividad laboral en CODELCO, en una primera instancia se analizara de forma agregada y posteriormente se hará un análisis detallado por división (se excluyen Ministro Hales y Gaby).

¹⁴ Corresponde a las 10 principales empresas mineras del sector privado.

CAPITULO III: PRODUCTIVIDAD TOTAL CODELCO. ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN

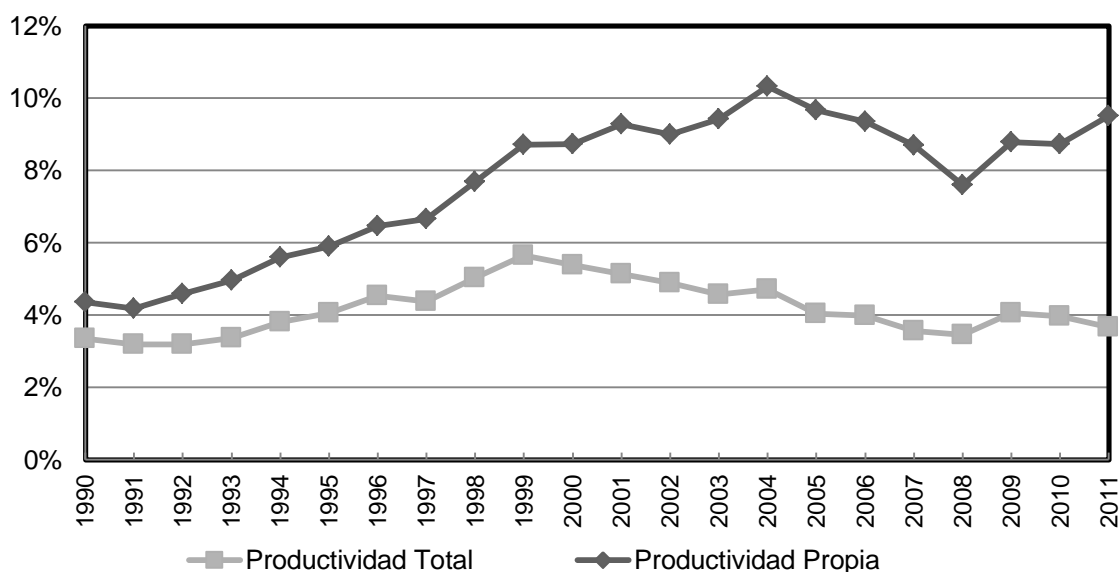
3.1. Datos productividad laboral CODELCO

Para el cálculo de la productividad laboral de Codelco, se optó por la forma más ocupada para esta medición, la cual consiste en la siguiente razón.

$$\text{Productividad Laboral(annual)} = \frac{\text{TMF}}{\text{Total Trabajadores}}$$

En donde la productividad laboral anual de CODELCO vendría dada por el cociente entre la producción de miles de toneladas métricas de cobre fino (TMF) dividido por el número de trabajadores de la minera estatal.

FIGURA N° 6: PRODUCTIVIDAD LABORAL CODELCO PARA DOTACIÓN PROPIA Y TOTAL. Periodo 1990-2011.



Fuente: Elaboración propia. En base a datos memorias anuales CODELCO.

En la FIGURA N°6 se puede observar la evolución que ha tenido la productividad laboral de CODELCO, haciendo una comparación entre el personal propio de la mina (personal de planta) y la productividad total donde se incluyen los trabajadores sub-contratados. Se puede ver que durante el periodo comprendido entre los años 2004 al 2008 la productividad de los trabajadores de planta de CODELCO se contrajo bruscamente en un -4,7%. La cual al observar la TABLA N°1, se explicaría por una disminución en la producción anual de cobre fino, la cual registro una disminución de -1,48% y por otro lado por un aumento significativo del personal de planta de la mina, los cuales aumentaron en promedio 2,94%.

TABLA N° 1: PROMEDIO DE TASAS DE VARIACIÓN PRODUCTIVIDAD LABORAL PROPIA, PRODUCCIÓN DE COBRE FINO Y PERSONAL DE PLANTA. Periodo 2004-2008.

	2004-2008
Promedio tasa variación productividad laboral propia	-4,7%
Promedio tasa variación producción cobre fino	-1,48%
Promedio tasa variación personal de planta	2,94%

Fuente: Elaboración propia. En base a datos memorias anuales CODELCO

En la TABLA N°2, podemos observar la tasa de variación que ha experimentado la productividad laboral total de CODELCO, en ella podemos ver que en el periodo comprendido entre 1991-2000 experimento una variación promedio de un 4,37% lo que se explicaría por un aumento en la producción anual de cobre fino en un promedio de 2,23% y una disminución del total de personal en

un -2,54%. Luego en el periodo 2001-2011 la tasa de variación de la productividad laboral total disminuyó en un -3,88%, esto se explicaría por un aumento considerable del personal total que aumentó en un 4,45%. Finalmente si tomamos el periodo comprendido entre 1991-2011 vemos que la productividad laboral total tuvo una tasa de variación promedio de tan solo 0,05% mientras que las tasas de variación de la producción de cobre fino y del personal total fueron de 1,59% y 1,12% respectivamente.

TABLA N° 2: PROMEDIO TASAS DE VARIACIÓN PRODUCTIVIDAD LABORAL PROPIA, PRODUCCIÓN COBRE FINO Y PERSONAL DE PLANTA. Periodo 1991-2011.

	1991-2000	2001-2011	1991-2011
Promedio tasa variación productividad laboral total	4,37%	-3,88%	0,05%
Promedio tasa variación producción cobre fino	2,23%	1,01%	1,59%
Promedio tasa variación personal total	-2,54%	4,45%	1,12%

Fuente: Elaboración propia. En base a datos memorias anuales CODELCO

Una vez analizada la productividad a nivel agregado en CODELCO, veremos una serie de variables que podrían tener alguna relación con su productividad laboral. Aunque algunas de estas variables no serán parte del modelo econométrico, es interesante analizarlas y ver cómo han ido evolucionando durante el tiempo.

3.2. Ley de cobre y su impacto en la productividad laboral

Durante el último tiempo el país ha experimentado un fuerte aumento en la ley de cobre, esto quiere decir que el promedio de cobre extraído por cada tonelada de material ha sufrido fuertes alzas, lo que se ha traducido en mayores costos y por ende podría tener algún impacto en la productividad laboral de CODELCO. Al observar la FIGURA N° 7, podemos ver las variaciones que ha experimentado la ley de cobre en el país durante el periodo 2002-2011. Se pasó de tener un promedio como país de 1,13% de cobre por cada tonelada de material extraído el año 2002 a un promedio de 0,84% de cobre por cada tonelada extraída en el año 2011 lo que se traduce en un disminución de aproximadamente 25,66%.

FIGURA N° 7: EVOLUCIÓN LEY DE COBRE EN EL PAÍS.
Periodo 2002-2011. En porcentaje.

Año	Concentrado	Lixiviación	Promedio Chile	Variación Anual
2002	1,22	1,04	1,13	0%
2003	1,18	1,01	1,10	2,73%
2004	1,21	0,98	1,11	-1,43%
2005	1,17	0,93	1,07	3,71%
2006	1,19	0,91	1,08	-0,55%
2007	1,18	0,99	1,08	-0,39%
2008	1,07	0,94	0,99	8,71%
2009	1,01	0,87	0,92	7,13%
2010	0,98	0,82	0,89	3,27%
2011	0,88	0,85	0,84	4,91%

Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

Al observar la ley de cobre de CODELCO en la FIGURA N° 8, vemos que ha experimentado una disminución significativa, pasando de un 1,34% de cobre fino extraído por tonelada el año 1992 a un 0,84% de cobre fino extraído el año 2011, lo cual significa que hubo una disminución aproximada de un 60%.

FIGURA N° 8: EVOLUCIÓN LEY COBRE CODELCO.
Periodo 1990-2011. En porcentaje.

Año	Ley de cobre (%)	Variación
1990	1,34	0
1991	1,25	-0,07
1992	1,22	-0,02
1993	1,18	-0,03
1994	1,14	-0,04
1995	1,12	-0,02
1996	1,16	0,03
1997	1,14	-0,02
1998	1,07	-0,07
1999	1,05	-0,02
2000	1,02	-0,03
2001	0,97	-0,05
2002	0,91	-0,07
2003	0,91	0,00
2004	0,94	0,03
2005	0,9	-0,04
2006	0,95	0,05
2007	0,89	-0,07
2008	0,78	-0,14
2009	0,83	0,06
2010	0,85	0,02
2011	0,84	-0,01

Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

3.3. El costo de la energía

Uno de los grandes desafíos que tiene la industria de cobre en el país es el abastecimiento energético que necesitan las minas para operar. Cuando analizamos la evolución que ha experimentado el costo de la energía en el país podemos ver el fuerte aumento que ha experimentado, pasando de un promedio de 618,3 megajoules el año 2002 a 840,5 megajoules el año 2011 por cada tonelada de cobre fino extraído, lo cual representa un variación porcentual de aproximadamente 26% de consumo energético extra por cada tonelada de cobre extraído.

FIGURA N° 9: EVOLUCIÓN CONSUMO ENERGÉTICO POR TONELADA DE COBRE FINO EN EL PAÍS. Periodo 2002-2011. En megajoules.

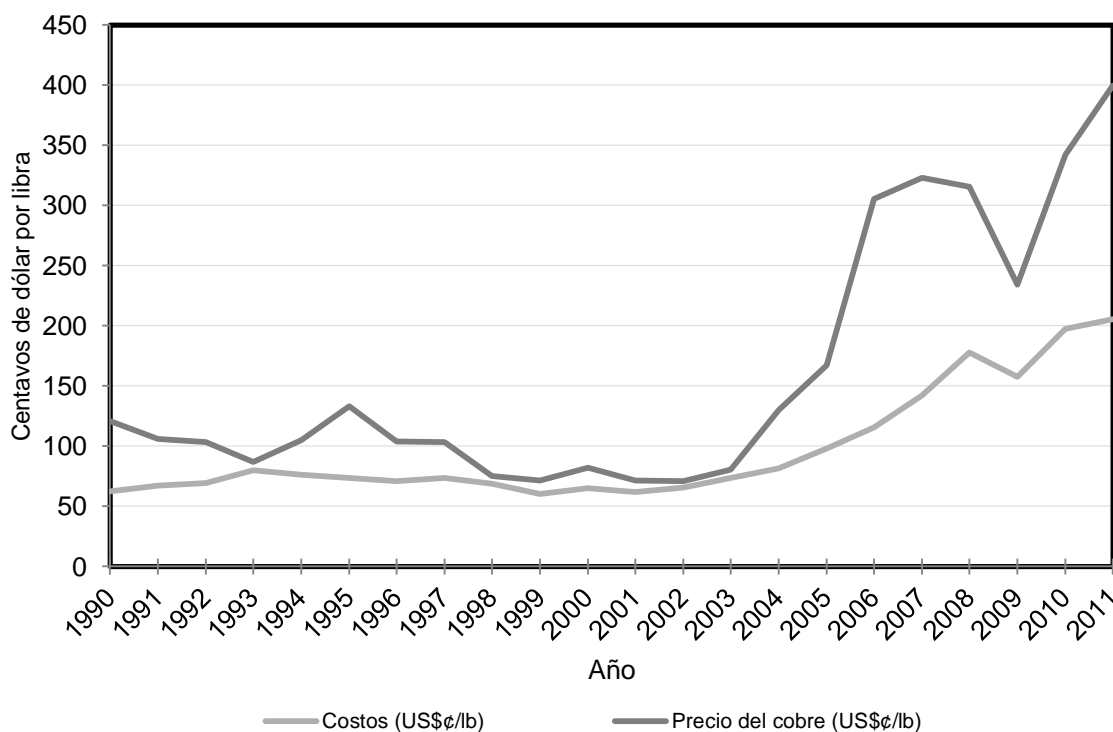
Año	Mina Rajo abierto	Mina Subterránea	Mina(promedio abierta y subterránea)	Concentradora	Fundición	LX / SX / EW	Servicios
2002	485,5	1337,3	618,3	6881,7	3694	9974	556
2003	544,2	1394,5	673,5	7135,3	3792	10221,9	500,3
2004	585,6	1257,9	689,1	6942,7	3836,2	10429	515,9
2005	639,7	1558,5	770	7240,9	3771,7	10082,3	576,1
2006	614,3	1693,5	758,5	7424,6	3778,7	10128,7	502,5
2007	619,9	1692,3	757,3	7862,7	3887,1	10479,6	443,2
2008	654,8	2099,4	808,2	8208,5	3962,1	10702,3	558
2009	731,5	1971,5	878,1	9055,5	3531,9	10295,8	615,4
2010	627,1	2012,9	772,4	8945,6	3741	10633,8	679,7
2011	653,8	2169,4	840,5	10283,5	3920,4	11067,4	603,1

Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

3.4. Costos de producción de cobre Codelco

En el FIGURA N° 10 se puede observar la evolución que han experimentado el precio y el costo de producción de cobre durante el período 1990-2011. Las cifras están expresadas en centavos de dólar por libra (US\$¢/lb). Desde el año 2003 se puede apreciar el desacoplamiento que experimentan estas variables, alcanzando su máxima diferencia el año 2011 (ver ANEXO N°1) con US\$¢/ 194,1.

FIGURA N° 10: RELACIÓN COSTO Y PRECIO DEL COBRE EN CODELCO. Período 1990-2011.



Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

CAPÍTULO IV: METODOS DE ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD LABORAL

4.1. Los Datos

Para este estudio se utilizaron datos extraídos directamente de las memorias anuales de la Corporación Nacional del Cobre y del área de estudios de la Comisión Chilena del Cobre, correspondientes al periodo 2000-2011. Donde el registro de las observaciones es de carácter anual.

Para el análisis de productividad laboral minera utilizaremos datos de panel. Dentro de los cuales clasificaremos seis grupos; Andina, Chuquicamata, El Teniente, Radomiro Tomic y Salvador. Se excluyen la división Ministro Hales, puesto que a la fecha aún no se encuentra en pleno funcionamiento. Y Gaby por ser una división nueva.

Las series de cobre se encuentran expresadas en miles de toneladas de cobre fino, mientras que la variable Trabajadores se encuentra expresada en horas hombre anuales, sin diferenciar entre los distintos grados o tipo de mano de obra.

La tabla N°3 muestra la composición de la muestra, especifica un total de 60 observaciones, por otro lado denota las divisiones, la abreviación para cada división, y un análisis estadístico que indica la media, el percentil cincuenta y la desviación estándar para la producción en miles de toneladas de cobre fino para el periodo comprendido entre los años 2000 y 2011.

TABLA N° 3: COMPOSICIÓN DE LA MUESTRA.
Periodo 2000-2011. Producción Minera de Cobre Refinado.
Datos en miles de toneladas.

División	Abreviatura	Número de Observaciones	Media	p50	Desviación Estándar
Andina	AND	12	231.018	235.1	19.528
Chuquicamata	CHUQ	12	626.672	608.05	57.920
El Teniente	TEN	12	399.708	401.95	32.397
Radomiro Tomic	RAD	12	285.625	294.05	31.394
Salvador	SAL	12	75.035	75.55	10.156
Total		60			

Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

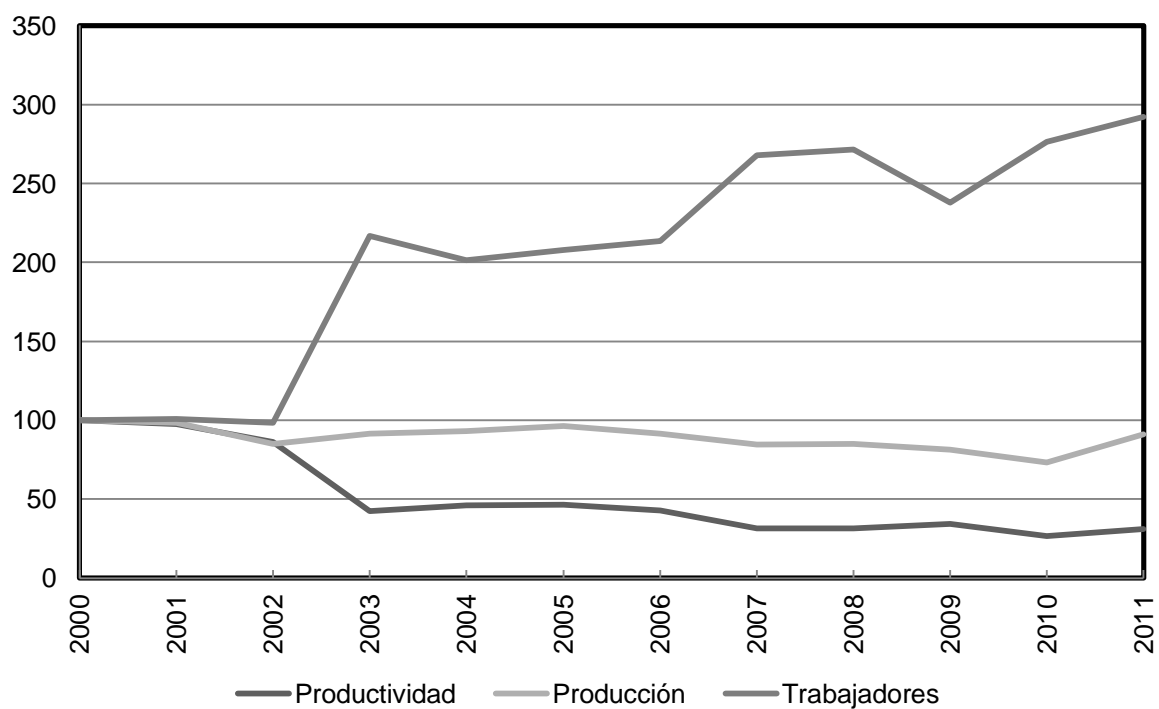
4.2. Método I: Análisis de Productividad Laboral por División

Como mencionamos en la presentación de nuestro estudio, se analizará productividad de dos maneras. En esta sección se abordará utilizando un método bastante tradicional, refiriéndonos a una analogía simple de variables, estas son producción, cantidad de trabajadores y productividad. Mediante la observación de gráficos estandarizados como año base 2000 y cuadros con las tasa de variación correspondientes para cada concepto. Estas tasa están serán desagregadas por un promedio de variación de crecimiento(o disminución) anual y por el cambio total dentro del periodo en análisis en puntos porcentuales.

4.2.1. División Andina

Como podemos observar a simple vista en la FIGURA N°11, las tres variables se comportan de manera diferente, mientras que trabajadores aumentan, producción se mantiene relativamente constante y por ende la variable productividad disminuye debido a la relación entre variables.

FIGURA N° 11: ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL DIVISIÓN ANDINA. Base 2000=100



Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

El principal efecto en el cambio del nivel de productividad de la división Andina es el aumento en la cantidad de trabajadores contratados dentro del periodo en análisis, que va desde 1169 trabajadores en el año 2000 a 3415 trabajadores en el año 2011¹⁵, variación que representa un aumento total de un 65,77%(TABLA N°4). A esta tendencia de baja en productividad tenemos que agregarle la pequeña disminución el nivel de producción de Andina que a rasgos generales disminuye a una tasa de 0,89% anual dentro del periodo 2000-2011. Dichos cambios en los factores nombrados anteriormente, como son el aumento abrupto de trabajadores y la pequeña disminución del nivel de producción desembocan en una fuerte caída de la productividad, que va de un factor de 0,221 en 2000 a un factor de 0,072¹⁶ en 2011, variación que refleja una disminución de 206,46%.

TABLA N° 4 VARIACIÓN TOTAL Y PROMEDIO ANUAL DE VARIABLES DIVISIÓN ANDINA. Periodo 2000-2011

	2000-2011	Promedio Anual
Variación Trabajadores	65.77%	6.49%
Variación Producción	-4.91%	-0.89%
Variación Productividad	-206.46%	-13.14%

Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

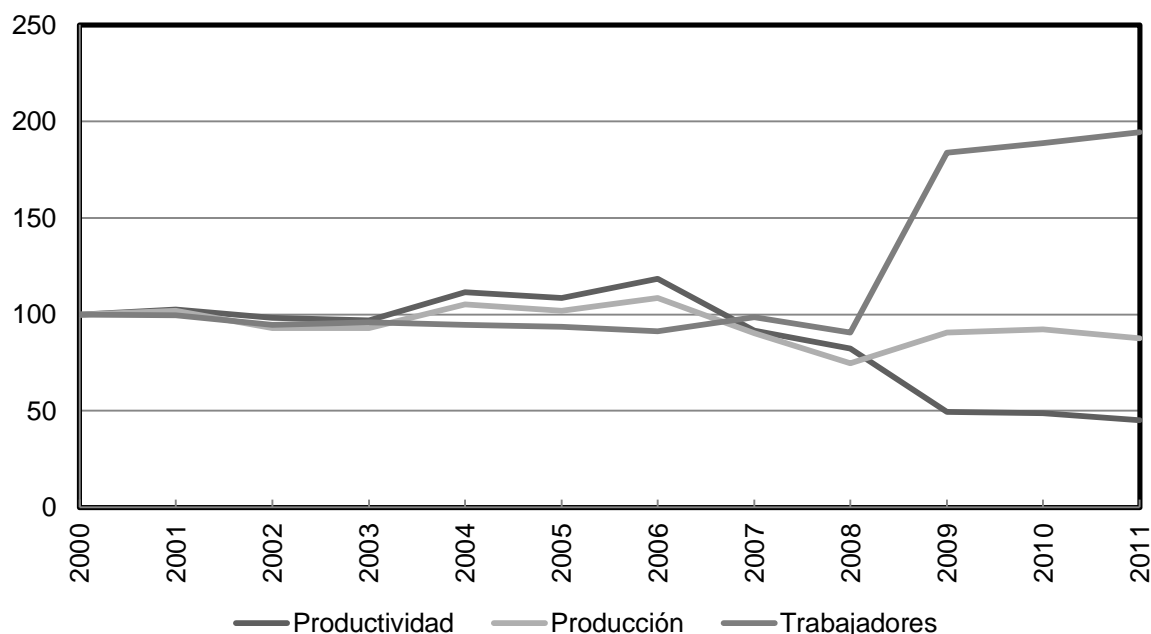
¹⁵ véase ANEXO N°2

¹⁶Miles de toneladas métricas de cobre fino producidas por trabajador al año.

4.2.2. División Chuquicamata

El comportamiento de esta división es a grandes rasgos homogéneo, como se puede ver en la FIGURA N°12, hasta el año 2009, en donde su nivel de productividad cae a un factor 0,067¹⁷. Esto se explica por el aumento repentino de la cantidad de trabajadores contratados, que al año 2008 eran 4399 y al año 2009 8912 trabajadores, esto representa una variación de un año a otro de un 50,64%.

FIGURA N° 12: ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL DIVISION CHUQUICAMATA. Base 2000=100



Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

¹⁷ Véase ANEXO N°3

Si realizamos un pequeño análisis de todo el periodo en observación de esta división diríamos que, como se muestra en la TABLA N°5, presenta un aumento de un 48,56% del nivel de mano de obra contratada, con crecimiento promedio de un 3,8% anual. Por otro lado la producción decrece a una tasa promedio de un, 68% anual, esta división produjo en el año 2000 un total de 660,3 MTMF¹⁸ y al 2011 solo logró producir 579,46 MTMF¹⁹. Si conjugamos las variables mencionadas con anterioridad, tenemos que, en resumen la productividad de Chuquicamata disminuyó en un 121,53%, a tasas de un -8,43% anual.

TABLA N° 5: VARIACIÓN TOTAL Y PROMEDIO ANUAL DE VARIABLES DIVISION CHUQUICAMATA. Periodo 2000-2011

	2000-2011	Promedio Anual
Variación Trabajadores	48.56%	3.80%
Variación Producción	-13.95%	-1.68%
Variación Productividad	-121.53%	-8.43%

Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

4.2.3. División El Teniente

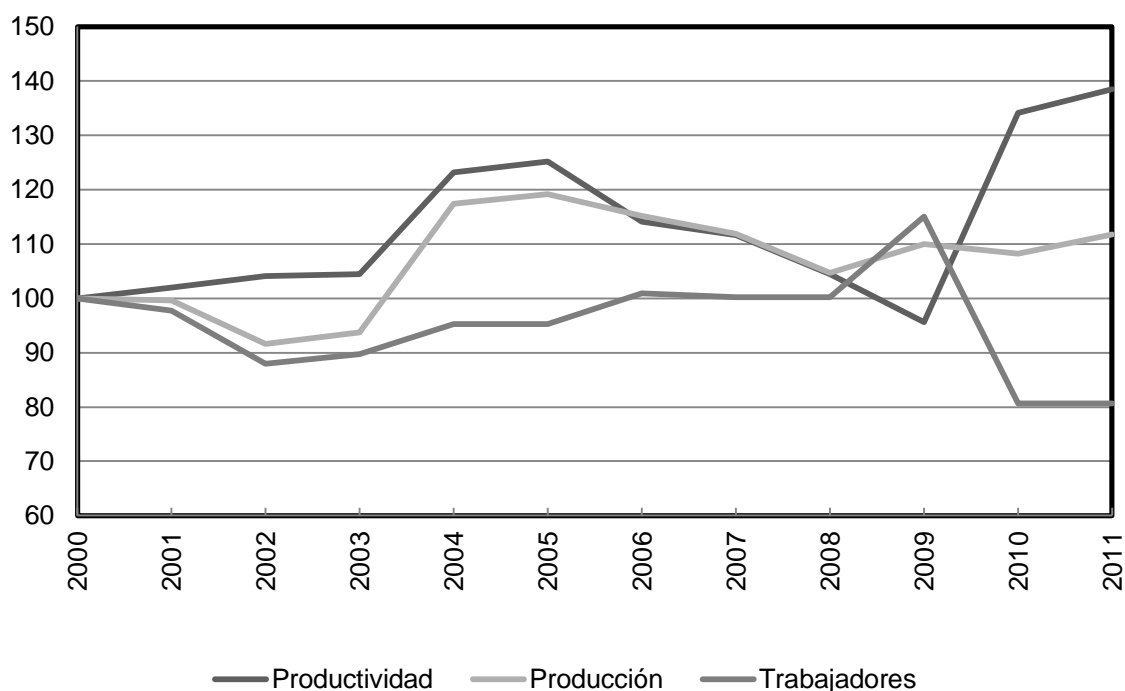
División El Teniente presentó altas tasas de productividad durante el periodo en análisis sólo hasta el año 2009, en donde la cantidad de trabajadores contratados se incrementa y por lo tanto repercute en una disminución en productividad, ya

¹⁸ MTMF. Miles de Toneladas Métricas Finas de cobre.

¹⁹ Véase ANEXO N°4

que el nivel de producción sigue aumentando pero en una proporción mucho menor. Todo esto está reflejado en a FIGURA N°13. Podemos ver que en el año 2010 existe un peak de productividad, alcanzando un factor de 0,104. Este peak en productividad está basado principalmente en la abrupta caída del nivel de mano de obra el disminuye en un 42,58% en el año 2010 con respecto al año anterior.

FIGURA N° 13: ANÁLISIS PRODUCTIVIDAD LABORAL DIVISIÓN EL TENIENTE. Base 2000=100



Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

Es necesario recalcar que la división El Teniente es la única en nuestro análisis que presenta una variación general positiva en productividad, como lo muestra la TABLA N°6, logrando un aumento total de 27,77%, con una tasa anual promedio de incrementos de 2,08%, todo esto gracias a la disminución de la cantidad de

mano de obra contratada como mencionamos anteriormente y al aumento considerable del 10,48% de aumento total en el nivel de producción dentro del periodo de análisis, esto es, 417,63 miles de toneladas métricas finas con un nivel de 3884 trabajadores²⁰.

TABLA N° 6: VARIACIÓN TOTAL Y PROMEDIO ANUAL DE VARIABLES DIVISIÓN EL TENIENTE. Periodo 2000-2011

	2000-2011	Promedio Anual
Variación Trabajadores	-23.94%	-2.54%
Variación Producción	10.48%	0.65%
Variación Productividad	27.77%	2.08%

Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco

4.2.4. División Radomiro Tomic

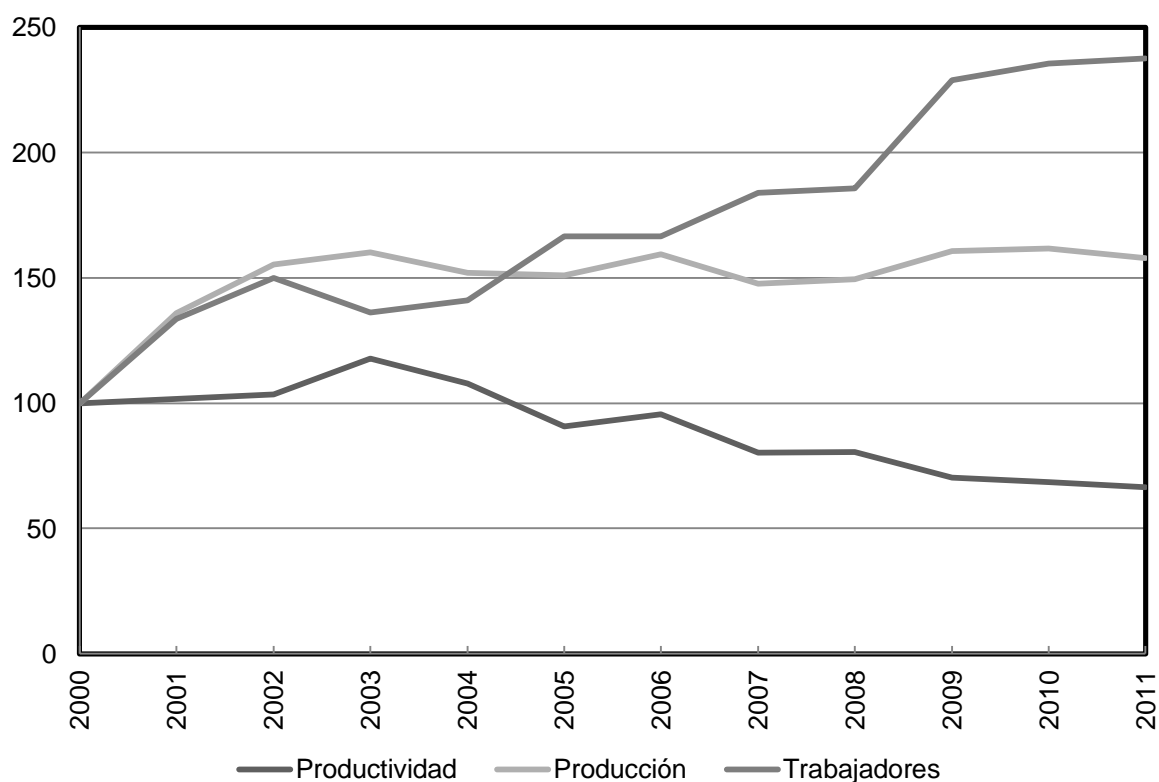
El comportamiento de las variables en la FIGURA N°14 es bastante interesante, puesto que el nivel de trabajadores aumenta, la cantidad producida también y por último la productividad disminuye. Este comportamiento se puede explicar sencillamente basándonos en lo siguiente; la tasa de crecimiento anual de trabajadores es proporcionalmente mayor a la tasa de crecimiento anual de producción de cobre en Radomiro Tomic.

En términos concretos, el análisis mencionado anteriormente se puede observar en la TABLA N°7, la cual muestra la tasa de crecimiento anual de trabajadores y

²⁰ Véase ANEXO N°5

producción, siendo un 6,47% y un 3,3% respectivamente. Obteniéndose así una tasa de disminución de la productividad de 3,88% anual.

FIGURA N° 14: ANÁLISIS PRODUCTIVIDAD LABORAL DIVISIÓN RADOMIRO TOMIC. Base 2000=100



Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco

En términos tangibles la producción de Radomiro Tomic al 2000 era de 191,41 MTMF y al 2011 alcanza la suma de 302,10 MTMF, por su contraparte la cantidad de mano de obra contratada al año 2000 era 1367 personas aumentando

sustancialmente a 3248 personas al final del periodo en análisis²¹.

TABLA N° 7: VARIACIÓN TOTAL Y PROMEDIO ANUAL DE VARIABLES
DIVISIÓN RADOMIRO TOMIC. Periodo 2000-2011

	2000-2011	Promedio
Variación Trabajadores	57.91%	6.47%
Variación Producción	36.64%	3.30%
Variación Productividad	-50.54%	-3.88%

Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco

4.2.5. División El Salvador

Siguiendo con el análisis sencillo de productividad por división, encontramos a El Salvador, que como podemos ver en la FIGURA N°15, presenta una abrupta caída de producción en el año 2008 a 47,93 miles de TMF, una disminución de un 44,13% con respecto al periodo inmediatamente anterior.

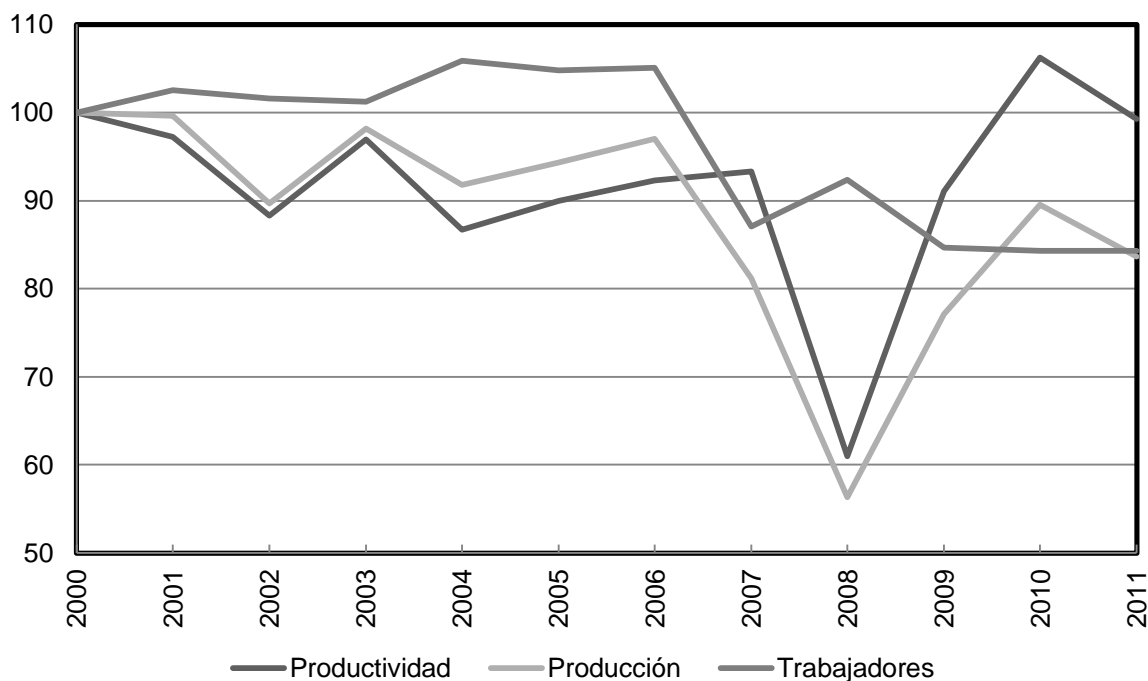
TABLA N° 8: VARIACIÓN TOTAL Y PROMEDIO ANUAL DE VARIABLES
DIVISIÓN EL SALVADOR. Periodo 2000-2011

	2000-2011	Promedio
Variación Trabajadores	-18.67%	-1.64%
Variación Producción	-19.54%	-2.84%
Variación Productividad	-0.74%	-1.78%

Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco

²¹ véase ANEXO N°6

FIGURA N° 15: ANÁLISIS PRODUCTIVIDAD LABORAL DIVISIÓN EL SALVADOR. Base 2000=100



Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco

A pesar de esta caída en productividad Salvador logra remontar al año siguiente y logra volver a los niveles de producción normales. En 2009 alcanza una producción total de 65,57 miles de TMF, aumento de un 26,9% con respecto al 2008. En 2010 División El Salvador logra alcanzar un peak en productividad puesto que su nivel de producción alcanza el nivel de 76,16 miles de TMF con un nivel de mano de obra contratada de 1205 trabajadores.

En líneas generales si observamos la tabla anterior (TABLA N°8), la variación anual de trabajadores, nivel de producción y productividad es de -1,64%, -2,84% y -1,78% respectivamente.

4.3. Método II: Modelo Econométrico

Un modelo econométrico busca básicamente estimar la función de regresión poblacional (FRP) a través de una función de regresión muestral (FRM) de la manera más exacta posible. Así mismo se debe establecer la relación funcional entre distintas variables en un estudio. En la presente tesis se analizarán variables dependientes como productividad laboral y variables independientes como ley de cobre o personal contratado. Gracias a la regresión lineal podemos encontrar el grado de dependencia de una variable y otra(s), utilizando series de datos, a fin de crear una función de regresión que explique dicha dependencia.

El método más conocido de regresión lineal es el de los Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO²²), entonces es el que se utilizará en este estudio, con el cual podemos encontrar el valor de los parámetros desconocidos que explican

²² Creado por Carl Friedrich Gauss (1777-1855), matemático alemán conocido por sus muy diversas contribuciones a la astronomía, las matemáticas y la física, especialmente por sus estudios del electromagnetismo. En el caso econométrico cobra relevancia por su aporte de la *Curva Normal*.

el comportamiento de la variable dependiente cuando la variables explicativa(s) sufre(n) algún cambio.

5.1.1. Metodología de estimación

La metodología utilizada para este trabajo es el análisis de datos de panel. El panel será balanceado, porque contar con todas los datos correspondiente al periodo 2000-2011 de las divisiones analizadas.

Como hemos visto anteriormente la productividad laboral promedio se puede medir como la razón entre la producción y la cantidad de trabajadores contratados. Para este estudio se considerara un producción anual y los trabajadores estarán compuesto tanto por los empleados de planta mas los subcontratados. El modelo utilizado para el desarrollo de esta tesis será una adaptación de un modelo ocupado para medir la productividad laboral de la industria de carbón en los Estados Unidos (Thomas M. Stoker, 2005).

Si denotamos como Q_{it} el nivel de producción obtenido por la división i en el periodo t y L_{it} la cantidad de trabajadores en su totalidad (directos y subcontratistas) en términos de horas hombres contratados por la faena i en el periodo t . De esta forma el modelo básico para evaluar la productividad laboral en CODELCO, vendría dado por:

$$(1) \quad \ln\left(\frac{Q_{it}}{L_{it}}\right) = \alpha + \beta X'_{it} + \tau_t + \mu_{it}$$

Donde, $i=1, \dots, N$ división CODELCO; $t=T_i^{\text{open}}, \dots, T_i^{\text{close}}$ denota los años que la división i -ésima está en operaciones. La variable τ_t es un set de variables dummies que reflejan variación en el tiempo, α es el valor constante y β son los parámetros a estimar, mientras que el error del modelo viene dado por μ_{it} . Finalmente X_{it} será tratada como una función $g(\cdot)$ que relacionara la ley de extracción de cobre y reservas con los cambios en la productividad, es decir.

$$(2) \quad X_{it} = g\{F(\ln Q_{it}), Z\}$$

Donde $F(\ln Q_{it})$ es una función desconocida, la que será tratada de forma no paramétrica a través de una función polinomial de grado “ d ” y Z representa la ley de extracción de cobre, esta ley varía entre división y en el tiempo. Agrupando la ecuación (1) y (2) el modelo a estimar vendría dado por la siguiente ecuación:

$$(3) \quad \ln\left(\frac{Q_{it}}{L_{it}}\right) = \alpha + \beta_{1i} F(\ln Q_{it}) + \beta_{2i} Z'_{it} + \tau_t + \mu_{it}$$

Si asumimos que el error μ_{it} es independiente de las variables explicativas. Por tanto podemos estimar la ecuación (3) simplemente a través del método de mínimos cuadrados (OLS). Este método nos permite captar los efectos relevantes de las variables explicativas sobre nuestra variable dependiente. Sin embargo este método resulta insuficiente para captar la heterogeneidad no observada que estaría influyendo sobre la variable de interés. En este caso, la estimación por

OLS entregaría estimadores sesgados, como resultado de la omisión de variables relevantes. Una de las principales ventajas de los datos de panel, es que la dimensión temporal, enriquece la naturaleza de los datos y es posible, controlar por algunas de estas variables aun cuando no las observemos. Para ello, asumimos que el error viene dado por la siguiente expresión:

$$(4) \quad \mu_{it} = \delta_i + \varepsilon_{it}$$

Donde δ_i es un efecto específico a cada división que refleja esta heterogeneidad no observada y ε_{it} es un ruido blanco, en otras palabras es una variable que oscila en torno a una media constante, una volatilidad constante y cuyo pasado no contiene información útil para predecir valores futuros. El componente no observado, se refiere a aquellas características que son idénticas en todas las observaciones de la misma división y que no es posible medir. Ejemplo de esto puede ser, la capacidad de gestión, el estilo de administración, la oportunidad en la toma de decisiones, etc. Finalmente reemplazando la ecuación (4) en la (3), nuestro análisis estaría dado por la siguiente ecuación:

$$(5) \quad \ln\left(\frac{Q_{it}}{L_{it}}\right) = \alpha + \beta_{1i} F(\ln Q_{it}) + \beta_{2i} Z'_{it} + \tau_t + \delta_i + \varepsilon_{it}$$

El efecto temporal τ_t y el efecto individual δ_i , serán tratados como efectos fijos en la estimación (Thomas M. Stoker, 2005). El análisis será hecho para cada división, por lo que N , τ_t , $F(\ln Q_{it})$ y Z_{it} , varían para cada división de CODELCO.

El efecto temporal τ_t , captura la variación de la productividad de la división en el periodo t . tal variación podría provenir de cambios en la forma de hacer minería, cambios en las regulaciones que es común para toda empresa, cambios en el precio del cobre, de los costos y en otros insumos, etc. Estos efectos tienen la particularidad que afectan a las diferentes divisiones de forma transversal.

El efecto fijo específico de cada división, α_i , recoge factores distintos a los incluidos en Z (otros factores), además de otras características específicas del capital en la división i -ésima. Es esperable que una división nueva que entra en operación utilice capital (maquinaria, equipos, sistemas de transporte, palas, cintas transportadoras, etc.) de última generación o en otras palabras mejor capital disponible. De esta forma el capital representara el estado actual de la tecnología disponible, aun cuando este puede evolucionar a través del tiempo en que la mina está en operación, el efecto fijo α_i captara la tecnología incorporada y los otros factores específicos de una nueva división.

La estimación econométrica del modelo es bastante estándar, salvo para la función desconocida $F(\ln Q_{it})$, para darle un cierto grado de flexibilidad, será tratada como una función polinomial en el log de la producción. Esta modelación nos permitirá determinar un patrón para la relación entre la productividad laboral y la producción el periodo de referencia. El orden (d) del polinomio será obtenido para cada división de acuerdo a la significancia estadística de cada parámetro.

Los distintos grupos se reunirán en torno a funciones polinómicas de grado $d = 3$ como orden máximo, con $F(\ln Q_{it})$ definida como:

$$(6) \quad F(\ln Q_{it}) = \beta_1 F(\ln Q_{it}) + \beta_2 F(\ln Q_{it})^2 + \beta_3 F(\ln Q_{it})^3$$

5.1.2. Descomposición del cambio en productividad

La estimación econométrica del modelo (5), para las diferentes divisiones de CODELCO, proporciona una buena descripción empírica de la productividad y constituye una fuente de variables que la afectan. También es útil en detectar algunas diferencias entre divisiones. Sin embargo los parámetros estimados no son de gran ayuda para entender cuáles son las variables más importantes para entender la productividad laboral en cada una de las divisiones. Tampoco la estimación de los parámetros nos permite comprender como han ido evolucionando estas variables en el tiempo.

Para un análisis más acabado de las variables que afectan la productividad laboral, implementaremos un modelo en base a índices (Thomas M. Stoker, 2005). Los que conceptualmente están en línea con la estructura de los datos de panel. Con este modelo se podrá lograr una clara descripción de las fuerzas que afectan el crecimiento de la productividad laboral. Además esto nos permitirá captar las diferencias de productividad entre las diferentes divisiones y sacar algunas lecciones para el resto de la compañía. Para cada división la productividad laboral total viene expresada por la siguiente expresión:

$$\frac{\sum_i Q_{it}}{\sum_i L_{it}} = \frac{\sum_i L_{it} \exp \left[\ln \frac{Q_{it}}{L_{it}} \right]}{\sum_i L_{it}} = \frac{\sum_i L_{it} \exp [\tilde{\alpha} + \tilde{\delta}_i + \tilde{\beta}_i F(\ln Q_{it}) + \tilde{\beta}_j Z'_{it} + \tilde{\tau}_t + \tilde{\varepsilon}_{it}]}{\sum_i L_{it}}$$

$$(7) \quad = \frac{\sum_i L_{it} \exp [\tilde{\alpha} + \tilde{\delta}_i + \tilde{\beta}_i F(\ln Q_{it}) + \tilde{\beta}_j Z'_{it} + \tilde{\varepsilon}_{it}]}{\sum_i L_{it}} + \exp(\tilde{\tau}_t)$$

Donde “~”denota los parámetros obtenidos en la estimación de panel. La productividad laboral total se ha descompuesto en dos factores: uno para los factores de productividad específico a cada mina y otro para la tendencia de variación temporal común.

El primer factor de la ecuación (8), muestra los elementos que varían entre las diferentes minas, tales como variables geológicas, gestión de la compañía, eficiencias asociadas con la escala de producción. Tal como señala Stoker (2005), este componente no se puede descomponer exactamente, por lo que se aproxima de una manera consistente con $\tilde{\delta}_i$, $\tilde{\beta}_i$, $\ln Q_{it}$, Z_{it} y $\tilde{\varepsilon}_{it}$ i.i.d entre las diferentes divisiones y ponderado por las horas hombre. De esta forma, se considerara la siguiente expresión:

$$(8) \quad \frac{\sum_i L_{it} \exp [\tilde{\alpha} + \tilde{\delta}_i + \tilde{\beta}_i F(\ln Q_{it}) + \tilde{\beta}_j Z'_{it} + \tilde{\varepsilon}_{it}]}{\sum_i L_{it}} \cong EF_t EE_t EG_t ER_t$$

Donde:

$$(9) \quad EF_t = \frac{\sum_i L_{it} \exp[\tilde{\delta}_i]}{\sum_i L_{it}}$$

Define el Índice de los Efectos Fijos.

$$(10) \quad EE_t = \frac{\sum_i L_{it} \exp[\tilde{\beta}_i F(\ln Q_{it})]}{\sum_i L_{it}}$$

Define el índice de Efecto Escala.

$$(11) \quad EG_t = \frac{\sum_i L_{it} \exp[\tilde{\beta}_j Z'_{it}]}{\sum_i L_{it}}$$

Define el Índice de los Efectos Geológicos y efectos residuales.

$$(12) \quad ER_t = \frac{\sum_i L_{it} \exp[\tilde{\epsilon}_{it}]}{\sum_i L_{it}}$$

El set de índice anteriores, constituyen un método empírico que permite ponderar la importancia de los diferentes factores: fijos, escalas, geológicos, precios, residuos, etc. En la productividad laboral y como estos índices han evolucionado a través del tiempo. Para evaluar la capacidad de estas aproximaciones, se definirá el Índice de productividad laboral estimado como:

$$(14) \quad \text{Productividad } [E_t] = EF_t EE_t EG_t ER_t ET_t = EF_t EE_t EG_t ER_t EP_t$$

La diferencia entre el valor observado en la productividad laboral y el valor estimado (ecuación 17), constituye el error de aproximación en la ecuación (8).

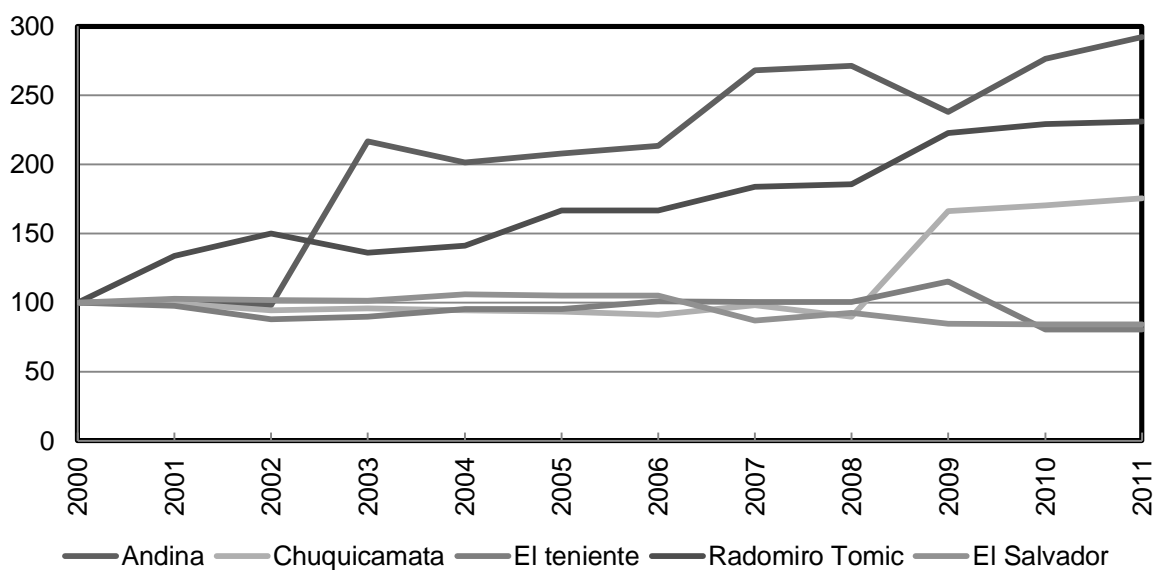
CAPÍTULO V: ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.5. Análisis del cambio en la productividad

4.5.1. Efectos Fijos

Siguiendo a Stoker (2005), diremos que el efecto fijo α_i representa el nivel base de productividad de cada división, por lo que el índice EF_t muestra la evolución a través del tiempo analizado y cómo cambia para cada división. “Si la tecnología disponible para la minería del cobre fuese estable a través de los años y las divisiones más productivas se explotaran primero, el índice EF_t tendería a decaer en el tiempo. Si la tecnología incorporada por el nuevo capital se incrementa permanentemente, de modo que periódicamente se van incorporando cambios tecnológicos o mejoras en los procesos de producción (*ceteris paribus*), entonces el índice EF_t tendría aumentar. Por último, si existe un equilibrio entre la mantención de la división menos productiva y la incorporación de nueva tecnología que incrementa la productividad, de modo que ambas fuerzas opuestas se anulan, este índice se mantiene estable y no se observarían grandes saltos a través del periodo de análisis” (Jara & Pérez, 2009). En la FIGURA N°16 se muestra la evolución que ha presentado este índice para las diferentes divisiones.

FIGURA N° 16: ÍNDICE DE LOS EFECTOS FIJOS.
Base 2000=100.



Fuente: Elaboración propia. En base a resultados de regresiones

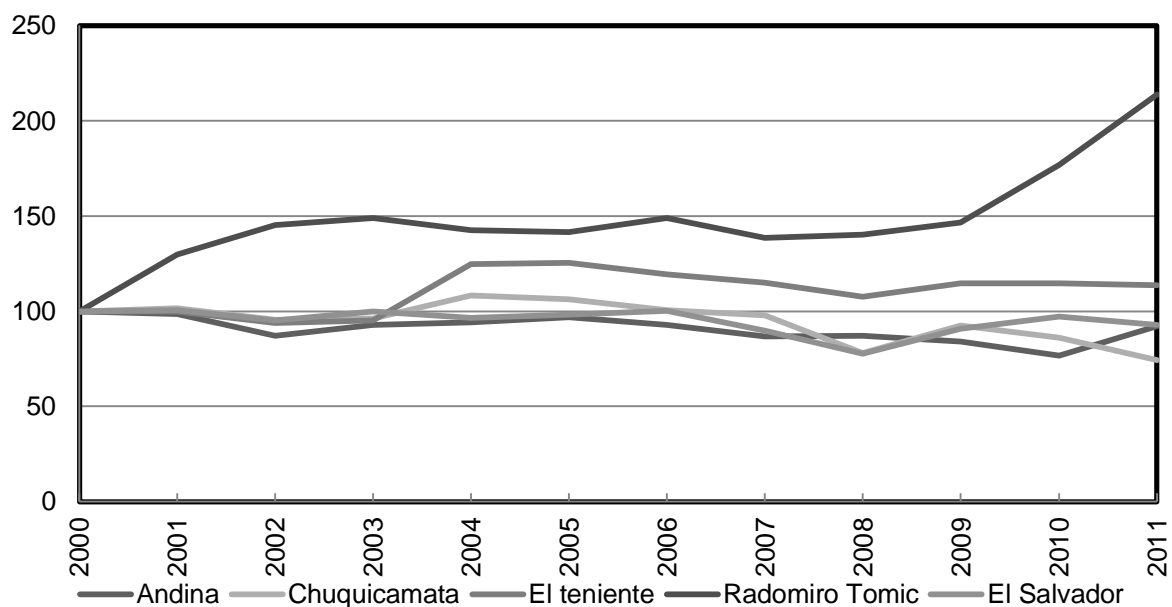
El índice se comporta de manera estable para las divisiones Chuquicamata, El teniente y El salvador. Sin embargo tanto Andina como Radomiro Tomic poseen un comportamiento disímil durante el periodo de análisis.

4.5.2. Efectos Escala

El índice EE_t muestra los cambios en productividad laboral asociados a los niveles de producción de cada división.

La FIGURA N°17 muestra la evolución que ha experimentado el índice de efectos escala en el periodo analizado, en el podemos observar que El Salvador, El Teniente, Andina y Chuquicamata se comportan de manera bastante similar, a diferencia de la División Radomiro Tomic. El incremento significativo de la División Radomiro Tomic se explicaría por el fuerte incremento que tuvo su nivel de producción en el periodo analizado, pasando de tener el año 2000 una producción de 191,4 TMF a una producción el 2011 de 302,1 TMF

FIGURA N° 17: ÍNDICE DE EFECTOS ESCALA.
Base 2000=100



Fuente: Elaboración propia. En base a resultados de regresiones

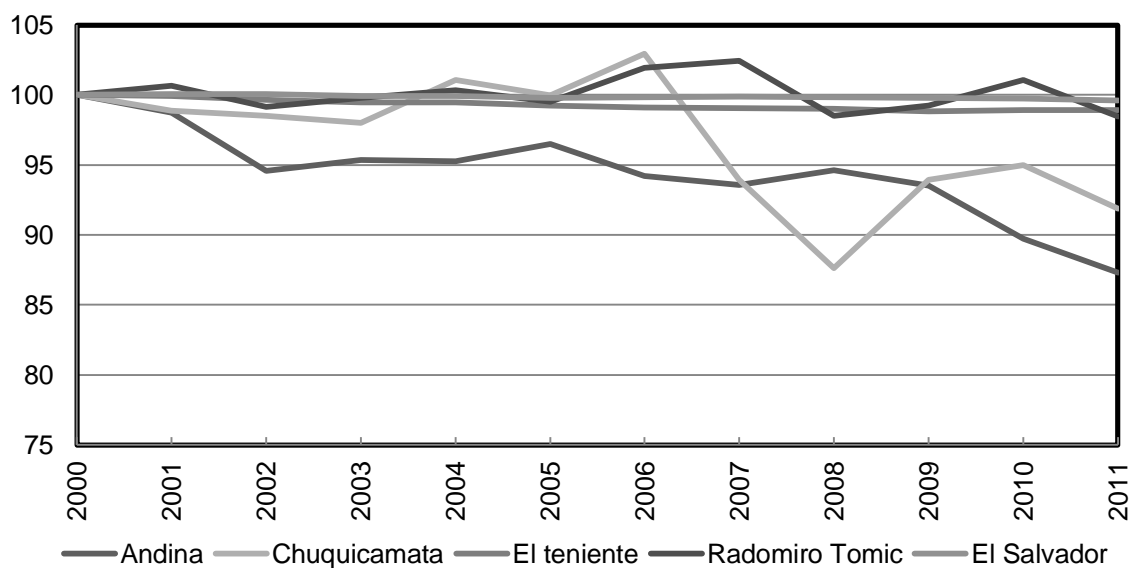
4.5.3. Efecto Geológico

El efecto Z_{it} muestra las características físicas de cada división, de tal manera que el índice EG_t representa la influencia de la ley de cobre (efecto geológico) y la productividad laboral, y cómo este ha ido variando durante el periodo de análisis.

La FIGURA N°18 muestra la evolución que ha experimentado el factor geológico en el periodo de análisis. Los índices se comportan de manera bastante estándar hasta el año 2005 para las divisiones Radomiro Tomic, Chuquicamata, El Salvador y El Teniente. En el año 2006 la división Chuquicamata experimenta una fuerte caída hasta el año 2008 lo que se explicaría por una disminución en la ley de cobre, la que fluctuó desde un 1,11 el año 2007 a un 0,86 el año 2008. Por contraparte la división Andina desde el principio del periodo analizado se encuentra bajo el promedio de las demás divisiones, dicho comportamiento se explica sencillamente por una menor ley de cobre, puesto que presentó una disminución de un 32% aproximadamente desde el inicio al final de estudio.

Radomiro Tomic, Salvador y El Teniente se comportan de manera bastante homogénea durante todo el periodo en análisis presentando una ley de cobre promedio de 0,63; 0,6 y 1,05 respectivamente (VER ANEXO N°7).

FIGURA N° 18: ÍNDICE DE EFECTOS GEOLÓGICO
Base 2000=100



Fuente: Elaboración propia. En base a resultados de regresiones

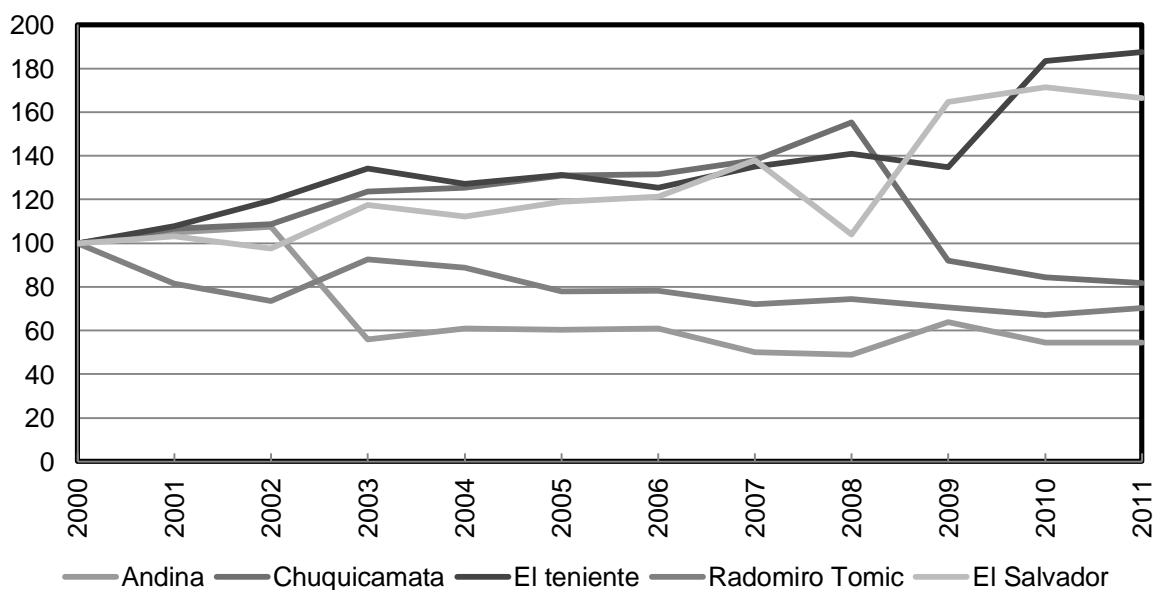
4.5.4. Efecto Residual

Siguiendo a Jara y Pérez (2009) el efecto de los residuos ER_t , recoge la parte no explicada de la regresión, en esencia este componente sirve para comparar la importancia del resto de los índices sobre la productividad laboral con respecto a lo que no se puede captar a través de la regresión.

Entonces, al observar la FIGURA N°19 nos damos cuenta que nuestro índice no se comporta de manera estable, esto se explicaría porque quizás nos faltó incluir algunas variables al estudio, como lo son las reservas, tipo de mina (underground

u open pit), precio del cobre, remuneración de trabajadores, etc. En el modelo propuesto la variable productividad solo fue explicada en menos del 50% para todas las divisiones de CODELCO, esta sería la principal razón de a alta heterogeneidad del índice de residuos, el cual contiene todas aquellas variables que no se encuentran incluidas en nuestro estudio.

FIGURA N° 19: ÍNDICE DE LOS RESIDUOS.
Base 2000=100

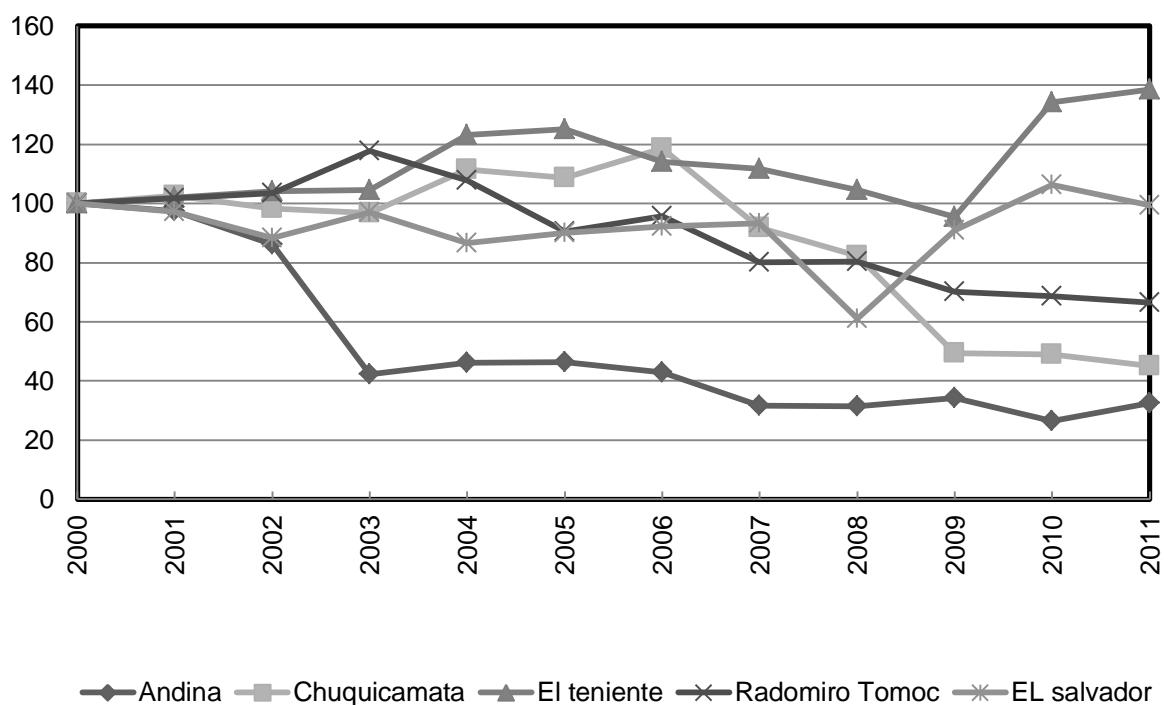


Fuente: Elaboración propia. En base a resultados de regresiones

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

Si nos planteamos la pregunta de cuál división de CODELCO presenta una mayor productividad laboral, podemos responderá mediante el uso de los diferentes métodos de análisis utilizados en nuestro estudio.

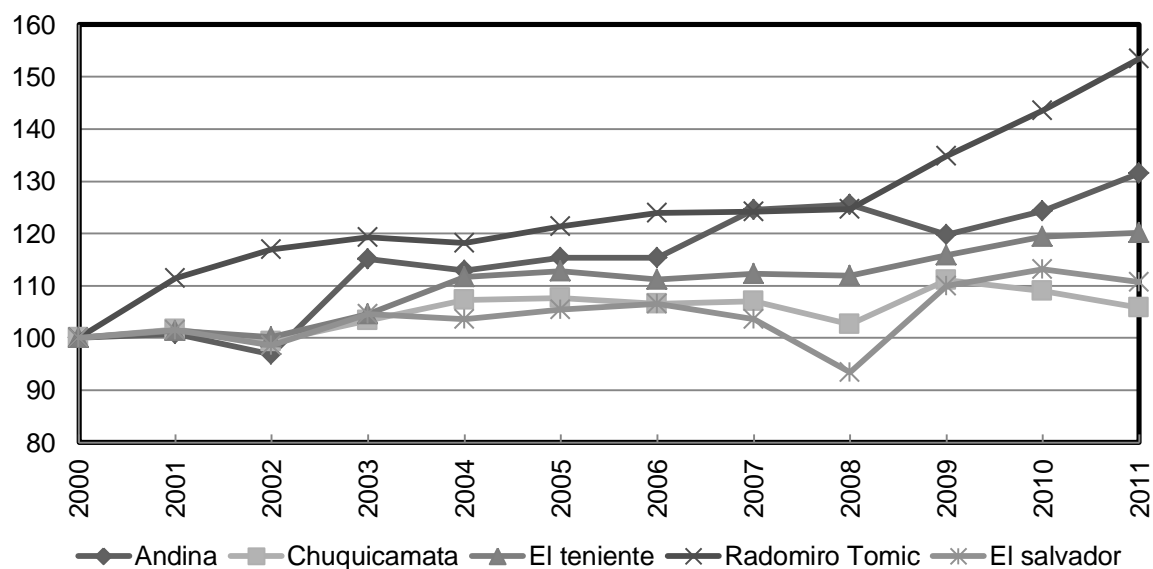
FIGURA N° 20: EVOLUCIÓN PRODUCTIVIDAD LABORAL CODELCO SEGÚN DIVISIÓN. Método I. Base 2000=100



Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco

Según el Método I, cuando observamos la productividad que presentan las diferentes divisiones durante el periodo de análisis podemos observar que la división que presenta la mayor productividad, corresponde a El teniente. El cual se explicaría como se dijo en el análisis individual con un aumento de su productividad dentro del periodo de análisis de un 27,77%, con una tasa de crecimiento anual de un 2,08% promedio²³. Al analizar la FIGURA N°20 se observa que este método es muy congruente con el analizado para la productividad total de CODELCO que refleja una tendencia a la baja durante el periodo analizado.

FIGURA N° 21: EVOLUCIÓN PRODUCTIVIDAD CODELCO SEGÚN DIVISION. Método II. Base 2000=100



Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco

²³ Para un análisis más acabado véase "División El Teniente" pag.31 de este documento.

Por otro lado, si deseamos responder la pregunta anterior utilizando el Método II vemos que nos entrega una tendencia diferente al primero. En la FIGURA N°21 se puede observar que la división que presenta la mayor productividad es la división Radomiro Tomic.

¿La productividad laboral en CODELCO ha aumentado en los últimos años?, remontándonos al análisis de la productividad laboral total de CODELCO se puede observar que esta ha ido disminuyendo en el periodo analizado. Según nuestro resultado esta disminuyó un -3,88%. Esta disminución se explicaría por la mayor variación que experimentó el personal total 4,45% en relación a la producción que solo tuvo una tasa de variación de 1,01%.

En síntesis, sin lugar a duda la productividad laboral tiene una gran importancia, para el desarrollo económico de un país. Por esta razón ha sido altamente estudiada, sobre todo para la principal industria del país, la minería. Estos estudios han demostrado que la adopción de tecnologías y el aumento de la producción (entrada de nuevas faenas en operación) pueden determinar el cambio de productividad en el sector minero. Incluso algunos estudios han analizado la importancia de factores geológicos en la evolución de la productividad laboral.

Este trabajo tuvo como objetivo analizar la productividad laboral de la empresa minera más grande del país. Para ello se hizo una comparación entre sus diferentes divisiones. Para el estudio se consideran dos maneras de medir la productividad laboral. El primer método consistía en hacer un cociente entre la cantidad de cobre producida dividido por la cantidad de trabajadores, según diversos estudios esta es la forma más común y utilizada para medir la productividad laboral. Para el segundo método se ocupó un modelo econométrico utilizado en Estados Unidos para medir la productividad laboral de la industria del carbón. Para este estudio se usaron datos de panel de cinco divisiones (Andina, Chuquicamata, El teniente, Radomiro Tomic y El salvador) en el periodo 2000-2011. Esta metodología permite descomponer la productividad en cuatro índices (capacidad propia, escala de producción y factor geológico).

Los resultados de nuestros dos métodos analizados difieren el uno del otro. Una de las semejanzas que se pudieron observar es que el nivel de producción en ambos métodos afectan de manera positiva a la productividad, sobre todo el primer método. El segundo método incorpora el factor geológico que para este estudio por razones de acceso a la información se considera solo la ley de cobre por cada división. Este factor afecta de manera positiva el nivel de productividad. Lo que es consistente con la intuición económica.

A pesar que el segundo método puede incorporar más variables al análisis, resulta más complicado trabajar con él. Debido a las limitaciones que presenta el

tener acceso a toda la información requerida. Como resultado de esta limitación el modelo solo fue capaz de explicar 45% de la productividad laboral de las divisiones: Andina, Chuquicamata y Radomiro Tomic. Mientras que para El teniente y El salvador este modelo solo explica el 42% de la productividad laboral. Entre las variables que podrían haber faltado en el análisis se encuentran entre otras las cantidades de reservas, las remuneraciones de los trabajadores, otros factores geológicos, etc.

Uno de los principales aportes de este trabajo es medir la productividad laboral por cada división de CODELCO. Con esto se logró saber cuáles son los componentes que pudieran influir en que algunas divisiones presentes mayor productividad que otra.

Es importante mencionar el caso de Radomiro Tomic que es una de las divisiones que presenta la mayor tecnología en la extracción de cobre (100% de su extracción se hace a través del método SX-EW). La lógica indicaría que la división que presenta la mejor tecnología en la extracción de cobre debería ser la que presenta los mejores índices de productividad laboral. Sin embargo cuando la analizamos por el método I. se observa que no es la división con la mejor productividad laboral y su tendencia es claramente a la baja en el periodo analizado.

Finalmente podemos decir que la mayoría de las divisiones presentan una tendencia negativa en su índice de productividad laboral excepto El teniente que

es la única que presenta una tendencia positiva en el periodo analizado. Estos hallazgos son importantes, sobre todo cuando observamos la evolución que ha experimentado los costos de explotación en las divisiones. En la actualidad a pesar de los altos costos, estos no han sido tan significativos porque este periodo también ha sido acompañado de un alto precio del cobre. La pregunta sería: ¿Qué pasará en un periodo con precios del cobre bajo y costos altos?

BIBLIOGRAFÍA

- Garcia, Patricio; Knights, Peter F.; Tilton, John E. (2001). Labor productivity and comparative advantage in mining: The copper industry in Chile. *Resources Policy* 27, 27(97-105), 97-105.
- Jara, J., & Pérez, P. (2009). *CON BUENOS YACIMIENTOS NO ALCANZA: ANÁLISIS Y EVOLUCIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD LABORAL EN CHILE*. Cochilco, Santiago.
- Molina, R., & Cantallopts, J. (2008). *Estrechez Cíclica del Mercado Laboral en la Minería Chilena del Cobre: "Diagnóstico y Propuestas"*. Cochilco, Santiago.
- Thomas M. Stoker, E. R. (2005). Panel data analysis of U.S. coal productivity. *Journal of Econometrics*, 131-164.
- Tilton, J. E., & Landsberg, H. H. (1997). *Innovation, Productivity Growth, and the Survival of the U.S. Copper Industry*. Washington.
- Tilton, John E. (2001). Labor productivity, costs, and mine survival during a recession. *Resources Policy*, 107-117.

ANEXOS

ANEXO N° 1: RELACIÓN PRECIO DEL COBRE VERSUS COSTO DE PRODUCCIÓN DE COBRE EN CODELCO.

Año	Costos (US\$¢/lb)	Precio del cobre (US\$¢/lb)	Diferencia (US\$¢)
1990	62,4	120,9	58,5
1991	67,3	106,1	38,8
1992	69,5	103,6	34,1
1993	79,77	86,7	6,9
1994	76,31	104,9	28,6
1995	73,51	133,2	59,7
1996	70,7	103,9	33,2
1997	73,49	103,2	29,7
1998	68,99	75,0	6,0
1999	60,3	71,4	11,1
2000	65,3	82,3	17,0
2001	61,7	71,6	9,9
2002	65,6	70,6	5,0
2003	73,5	80,7	7,2
2004	81,3	130,1	48,8
2005	97,8	167,1	69,3
2006	115,6	305,3	189,7
2007	142,3	323,2	180,9
2008	178	315,3	137,3
2009	157,8	234,2	76,4
2010	197,6	342,0	144,4
2011	205,6	399,7	194,1

Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

ANEXO N° 2: ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL DIVISIÓN ANDINA.
Periodo 2000-2011. Base 2000=100

Año	Producción (Miles de TM de cobre fino)	Número de Trabajadores	Productividad	Productividad Base 2000=100	Producción Base 2000=100	Trabajadores Base 2000=100	Variación Anual Trabajadores	Variación Anual Producción	Variación Anual Productividad
2000	258.00	1169	0.221	100	100	100	0	0	0
2001	253.31	1178	0.215	97.4	98.2	100.8	0.76%	-1.85%	-2.64%
2002	218.73	1149	0.190	86.3	84.8	98.3	-2.52%	-15.81%	-12.96%
2003	235.82	2533	0.093	42.2	91.4	216.7	54.64%	7.25%	-104.48%
2004	239.85	2353	0.102	46.2	93.0	201.3	-7.65%	1.68%	8.67%
2005	248.14	2429	0.102	46.3	96.2	207.8	3.13%	3.34%	0.22%
2006	236.36	2494	0.095	42.9	91.6	213.3	2.61%	-4.98%	-7.79%
2007	218.32	3133	0.070	31.6	84.6	268.0	20.40%	-8.27%	-36.01%
2008	219.55	3173	0.069	31.4	85.1	271.4	1.26%	0.56%	-0.71%
2009	209.71	2781	0.075	34.2	81.3	237.9	-14.10%	-4.69%	8.24%
2010	188.49	3230	0.058	26.4	73.1	276.3	13.90%	-11.25%	-29.22%
2011	245.93	3415	0.072	32.6	95.3	292.1	5.42%	23.36%	18.97%

Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

ANEXO N° 3: ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL DIVISION CHUQUICAMATA.
Periodo 2000-2011. Base 2000=100

Año	Producción (Miles de TM de cobre fino)	Número de Trabajadores	Productividad	Productividad Base 2000=100	Producción Base 2000=100	Trabajadores Base 2000=100	Variación Anual Trabajadores	Variación Anual Producción	Variación Anual Productividad
2000	660.30	4848	0.136	100	100	100	0	0	0
2001	672.87	4818	0.140	102.5	101.9	99.4	-0.62%	1.87%	2.48%
2002	613.07	4584	0.134	98.2	92.8	94.6	-5.10%	-9.75%	-4.42%
2003	613.78	4655	0.132	96.8	93.0	96.0	1.53%	0.12%	-1.43%
2004	695.13	4578	0.152	111.5	105.3	94.4	-1.68%	11.70%	13.16%
2005	672.23	4544	0.148	108.6	101.8	93.7	-0.75%	-3.41%	-2.64%
2006	715.33	4431	0.161	118.5	108.3	91.4	-2.55%	6.02%	8.36%
2007	596.54	4776	0.125	91.7	90.3	98.5	7.22%	-19.91%	-29.25%
2008	493.23	4399	0.112	82.3	74.7	90.7	-8.57%	-20.95%	-11.40%
2009	598.98	8912	0.067	49.3	90.7	183.8	50.64%	17.65%	-66.83%
2010	609.13	9146	0.067	48.9	92.3	188.7	2.56%	1.67%	-0.92%
2011	579.46	9425	0.061	45.1	87.8	194.4	2.96%	-5.12%	-8.33%

Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

ANEXO N° 4: ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL DIVISION EL TENIENTE.
Periodo 2000-2011. Base 2000=100

Año	Producción (Miles de TM de cobre fino)	Número de Trabajadores	Productividad	Productividad Base 2000=100	Producción Base 2000=100	Trabajadores Base 2000=100	Variación Anual Trabajadores	Variación Anual Producción	Variación Anual Productividad
2000	373.87	4814	0.078	100	100	100	0	0	0
2001	372.55	4703	0.079	102.0	99.6	97.7	-2.36%	-0.35%	1.96%
2002	342.31	4233	0.081	104.1	91.6	87.9	-11.10%	-8.84%	2.04%
2003	350.40	4318	0.081	104.5	93.7	89.7	1.97%	2.31%	0.35%
2004	438.75	4586	0.096	123.2	117.4	95.3	5.84%	20.14%	15.18%
2005	445.69	4586	0.097	125.1	119.2	95.3	0.00%	1.56%	1.56%
2006	430.45	4856	0.089	114.1	115.1	100.9	5.56%	-3.54%	-9.64%
2007	417.99	4822	0.087	111.6	111.8	100.2	-0.71%	-2.98%	-2.26%
2008	391.25	4822	0.081	104.5	104.6	100.2	0.00%	-6.84%	-6.84%
2009	411.05	5538	0.074	95.6	109.9	115.0	12.93%	4.82%	-9.31%
2010	404.56	3884	0.104	134.1	108.2	80.7	-42.58%	-1.61%	28.74%
2011	417.63	3884	0.108	138.5	111.7	80.7	0.00%	3.13%	3.13%

Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

ANEXO N° 5: ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL DIVISION RADOMIRO TOMIC.
Periodo 2000-2011. Base 2000=100

Año	Producción (Miles de TM de cobre fino)	Número de Trabajadores	Productividad	Productividad Base 2000=100	Producción Base 2000=100	Trabajadores Base 2000=100	Variación Anual Trabajadores	Variación Anual Producción	Variación Anual Productividad
2000	191.41	1367	0.140	100	100	100	0	0	0
2001	260.30	1828	0.142	101.7	136.0	133.7	25.22%	26.47%	1.67%
2002	297.08	2050	0.145	103.5	155.2	150.0	10.83%	12.38%	1.74%
2003	306.48	1860	0.165	117.7	160.1	136.1	-10.22%	3.07%	12.05%
2004	291.01	1927	0.151	107.8	152.0	141.0	3.49%	-5.32%	-9.12%
2005	288.77	2277	0.127	90.6	150.9	166.6	15.36%	-0.77%	-19.06%
2006	305.03	2277	0.134	95.7	159.4	166.6	0.00%	5.33%	5.33%
2007	282.45	2515	0.112	80.2	147.6	184.0	9.47%	-7.99%	-19.29%
2008	285.93	2540	0.113	80.4	149.4	185.8	0.98%	1.21%	0.23%
2009	307.54	3130	0.098	70.2	160.7	229.0	18.85%	7.03%	-14.57%
2010	309.40	3221	0.096	68.6	161.6	235.6	2.83%	0.60%	-2.29%
2011	302.10	3248	0.093	66.4	157.8	237.6	0.83%	-2.42%	-3.27%

Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

ANEXO N° 6: ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD LABORAL DIVISION EL SALVADOR.
Periodo 2000-2011. Base 2000=100

Año	Producción (Miles de TM de cobre fino)	Número de Trabajadores	Productividad	Productividad Base 2000=100	Producción Base 2000=100	Trabajadores Base 2000=100	Variación Anual Trabajadores	Variación Anual Producción	Variación Anual Productividad
2000	85.07	1430	0.059	100	100	100	0	0	0
2001	84.78	1466	0.058	97.2	99.7	102.5	2.46%	-0.34%	-2.86%
2002	76.30	1453	0.053	88.3	89.7	101.6	-0.89%	-11.12%	-10.13%
2003	83.52	1448	0.058	97.0	98.2	101.3	-0.35%	8.64%	8.96%
2004	78.07	1514	0.052	86.7	91.8	105.9	4.36%	-6.99%	-11.86%
2005	80.26	1499	0.054	90.0	94.3	104.8	-1.00%	2.73%	3.69%
2006	82.53	1503	0.055	92.3	97.0	105.1	0.27%	2.75%	2.49%
2007	69.08	1245	0.055	93.3	81.2	87.1	-20.72%	-19.46%	1.05%
2008	47.93	1321	0.036	61.0	56.3	92.4	5.75%	-44.13%	-52.93%
2009	65.57	1211	0.054	91.0	77.1	84.7	-9.08%	26.90%	32.99%
2010	76.16	1205	0.063	106.2	89.5	84.3	-0.50%	13.90%	14.33%
2011	71.16	1205	0.059	99.3	83.7	84.3	0.00%	-7.02%	-7.02%

Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

ANEXO N° 7: EVOLUCIÓN LEY DE COBRE SEGÚN DIVISIÓN.
 Periodo 2000-2011

Año	CODELCO DIVISIONES				
	Andina	Chuquicamata	El Teniente	Radomiro Tomic	El Salvador
2000	1.24	1.03	1.21	0.63	0.63
2001	1.20	1.00	1.19	0.65	0.64
2002	1.07	0.99	1.13	0.61	0.65
2003	1.10	0.98	1.09	0.63	0.62
2004	1.09	1.06	1.09	0.64	0.61
2005	1.13	1.03	1.04	0.62	0.59
2006	1.06	1.11	1.01	0.68	0.60
2007	1.04	0.86	1.00	0.70	0.60
2008	1.07	0.67	0.99	0.59	0.60
2009	1.04	0.86	0.95	0.61	0.58
2010	0.92	0.89	0.97	0.66	0.57
2011	0.84	0.80	0.97	0.59	0.54
Promedio	1.07	0.94	1.05	0.63	0.60
P50	1.073	0.983	1.027	0.628	0.599
Desviación Estándar	0.109	0.126	0.089	0.034	0.030

Fuente: Elaboración propia. En base a datos de Cochilco.

ANEXO N° 8: RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN

División	Abreviatura	Coeficientes OLS					N° Obs	R ² Within	R ² Overall
		Constante (α)	In Q	(In Q) ²	(In Q) ³	Grade			
Andina	AND	-14.908899*** (-11.04)	0.84633687** (3.39)			0.37 0.66	12.00	0.47	0.45
Chuquicamata	CHUQ	-14.908899*** (-11.04)	0.84633687** (3.39)			0.37 0.66	12.00	0.47	0.45
El Teniente	TEN	-9.5635389* (-2.14)	-1.09 (-0.70)	0.18 (1.26)		0.05 -0.70	12.00	0.49	0.42
Radomiro Tomic	RAD	-14.908899*** (-11.04)	0.84633687** (3.39)			0.37 0.66	12.00	0.47	0.45
Salvador	SAL	-9.5635389* (-2.14)	-1.09 (-0.70)	0.18 (1.26)		0.05 -0.70	12.00	0.49	0.42

Nota: Valores (t) entre paréntesis. No se muestran los parámetros de las dummies anuales que recoge el efecto fijo temporal.

* Significativo al $p < 0.05$; ** Significativo al $p < 0.01$; *** Significativo al $p < 0.001$

Fuente: Elaboración propia. En base a resultados de regresiones

**ANEXO N° 9: ESTIAMCIÓN PRODUCTIVIDAD MODELO ECONOMETRICO
DIVISIÓN ANDINA**

Año	Efecto Fijo	Efecto Escala	Efecto Geológico	Efecto residual	PRODUCTIVIDAD AGRAGADA	INDICE 2000=100
2000	100	100	100	100	400	100
2001	101	98	99	105	403	101
2002	98	87	95	108	387	97
2003	217	93	95	56	461	115
2004	201	94	95	61	452	113
2005	208	97	97	60	461	115
2006	213	93	94	61	461	115
2007	268	87	94	50	498	125
2008	271	87	95	49	502	126
2009	238	84	94	64	479	120
2010	276	77	90	54	497	124
2011	292	92	87	54	526	132

Fuente: Elaboración propia. En base a resultados de regresiones

**ANEXO N° 10: ESTIAMCIÓN PRODUCTIVIDAD MODELO ECONOMETRICO
DIVISIÓN CHUQUICAMATA**

Año	Efecto Fijo	Efecto Escala	Efecto Geológico	Efecto residual	PRODUCTIVIDAD AGRAGADA	INDICE 2000=100
2000	100	100	100	100	400	100
2001	99	102	99	107	407	102
2002	94	96	99	109	397	99
2003	96	96	98	124	413	103
2004	94	108	101	125	429	107
2005	94	106	100	131	431	108
2006	91	101	103	132	426	107
2007	98	98	94	138	428	107
2008	90	78	88	155	411	103
2009	166	92	94	92	444	111
2010	170	86	95	84	436	109
2011	175	74	92	82	423	106

Fuente: Elaboración propia. En base a resultados de regresiones

**ANEXO N° 11: ESTIAMCIÓN PRODUCTIVIDAD MODELO ECONOMETRICO
DIVISIÓN EL TENIENTE**

Año	Efecto Fijo	Efecto Escala	Efecto Geológico	Efecto residual	PRODUCTIVIDAD AGRAGADA	INDICE 2000=100
2000	100	100	100	100	400	100
2001	98	100	100	108	405	101
2002	88	94	100	120	401	100
2003	90	95	99	134	418	105
2004	95	125	99	127	447	112
2005	95	125	99	131	451	113
2006	101	119	99	125	445	111
2007	100	115	99	135	449	112
2008	100	108	99	141	448	112
2009	115	115	99	135	464	116
2010	81	115	99	184	478	119
2011	81	114	99	187	481	120

Fuente: Elaboración propia. En base a resultados de regresiones

**ANEXO N° 12: ESTIAMCIÓN PRODUCTIVIDAD MODELO ECONOMETRICO
DIVISIÓN RADOMIRO TOMIC**

Año	Efecto Fijo	Efecto Escala	Efecto Geológico	Efecto residual	PRODUCTIVIDAD AGRAGADA	INDICE 2000=100
2000	100	100	100	100	400	100
2001	134	130	101	81	446	111
2002	150	145	99	73	468	117
2003	136	149	100	92	477	119
2004	141	143	100	89	473	118
2005	167	142	100	78	486	121
2006	167	149	102	78	496	124
2007	184	139	102	72	497	124
2008	186	140	99	74	499	125
2009	223	147	99	71	539	135
2010	229	177	101	67	574	144
2011	231	214	98	70	614	153

Fuente: Elaboración propia. En base a resultados de regresiones

**ANEXO N° 13: ESTIAMCIÓN PRODUCTIVIDAD MODELO ECONOMETRICO
DIVISIÓN EL SALVADOR**

Año	Efecto Fijo	Efecto Escala	Efecto Geológico	Efecto residual	PRODUCTIVIDAD AGRAGADA	INDICE 2000=100
2000	100	100	100	100	400	100
2001	103	100	100	103	406	102
2002	102	95	100	98	394	99
2003	101	100	100	118	419	105
2004	106	96	100	112	414	104
2005	105	98	100	119	422	105
2006	105	100	100	121	426	107
2007	87	90	100	138	415	104
2008	92	78	100	104	374	93
2009	85	91	100	165	440	110
2010	84	97	100	171	453	113
2011	84	93	100	166	443	111

Fuente: Elaboración propia. En base a resultados de regresiones