

“DESARROLLO DEL CLUSTER MINERO EN CHILE: ESTADO ACTUAL”

RESUMEN EJECUTIVO

Un cluster puede ser definido como la existencia de un vigoroso régimen competitivo y/o la acción conjunta de agentes para diversos fines, tales como, solucionar problemas comunes, innovar, o ingresar a nuevos mercados. Además, se necesita la existencia de una demanda sofisticada como catalizador para la continua innovación en el cluster.

Los clusters exitosos presentan un gran nivel de especialización entre sus agentes que permite la provisión de insumos y servicios especializados elevando así la eficiencia del cluster. Otra característica principal de los clusters exitosos es su alto nivel de competitividad internacional.

Finalmente, es importante señalar que los clusters se encuentran en constante evolución y que la mantención de su competitividad y eficiencia global depende de la manera en que las empresas e instituciones que los conforman reaccionen ante los shocks internos y externos.

En los últimos años, el concepto de *cluster* se ha aplicado al análisis del sector minero-metalúrgico, a nivel internacional y nacional. En este sentido, este artículo tiene como objetivo principal, analizar el estado actual del cluster minero Chileno, así como las iniciativas que se están desarrollando en la II Región de Antofagasta para la consolidación de un cluster o complejo productivo en torno a la actividad minera.

En cuanto al alcance de este artículo, se tiene que al hablar de clusters, nos referimos a relaciones que se desarrollan entre organizaciones al interior de un espacio geográfico determinado, y en este caso este espacio será el territorio nacional.

La zona específica será aquella comprendida entre la I y la VI Región, porque es en ella donde se concentra la principal actividad minera del país, en cuanto a cantidad de faenas mineras y empresas proveedoras de insumos y productos a esta actividad.

El análisis del cluster minero nacional se realiza describiendo y evaluando sus componentes centrales, sus encadenamientos existentes y su evolución desde el punto de vista educacional y tecnológico, a través de una recopilación bibliográfica de información. Es importante considerar que no existe una metodología establecida para medir el estado de un cluster minero que permitiera definir que parámetros deber ser analizados. Sin embargo, algunos autores utilizan los encadenamientos productivos como una forma de determinar el grado de relación entre los componentes de un cluster.

Específicamente, en la II Región de Antofagasta, dado sus condiciones geológicas, climáticas y geográficas, se ha configurado un complejo productivo en torno a la actividad minera que se encuentra en pleno desarrollo con múltiples iniciativas llevadas a cabo por los actores regionales, que se focalizan principalmente en 3 ejes: Proveedores Regionales, Educación Técnica Profesional y Desarrollo Científico y Tecnológico.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

N° de Página

1	INTRODUCCION.....	3
2	DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL CLUSTER MINERO EN CHILE	4
	2.1 Conceptos de Complejos Productivos o Cluster	4
	2.2 Importancia de la Minería en el Desarrollo del País	5
	2.2.1 Producción Mundial de Cobre.....	5
	2.2.2 Comercio Internacional de Productos Mineros.....	6
	2.2.3 Recursos Naturales e Inversión en Minería.....	7
	2.3 Componentes del Cluster Minero	8
	2.3.1 Empresas Mineras	9
	2.3.2 Encadenamientos Productivos de la Minería	11
	2.4 Educación y Cluster	18
	2.4.1 Universidades con Carreras de Formación Minera	18
	2.4.2 Institutos y Centros de Formación Técnica:.....	18
	2.5 El Desarrollo Científico y Tecnológico en Chile	19
	2.5.1 Indicadores Científicos y Tecnológicos	19
	2.5.2 Centros Científico-Tecnológicos	22
	2.5.3 La Investigación e Innovación Tecnológica en Minería	24
	2.5.3.1 Centro de Investigación Minera y Metalúrgica, CIMM	24
	2.5.3.2 Investigación e Innovación Tecnológica en Codelco-Chile	25
	2.6 Cometarios Preliminares	28
3	INICIATIVAS EN TORNO AL CLUSTER MINERO EN LA II REGIÓN.....	31
	3.1 Estadísticas.....	31
	3.2 Inversión.....	32
	3.3 Caracterización de las Empresas de Bienes y Servicios	33
	3.4 Estrategia de Desarrollo de un Cluster Minero en la II Región.....	34
4.	COMENTARIOS FINALES.....	36
	4.1 Estado Actual del Cluster Minero Nacional.....	36
	4.2 Cluster Minero y Desarrollo Regional.....	37
5.	BILIOGRAFÍA.....	39
	ANEXOS	40
	ANEXO I. Producción Nacional de Cobre por Empresas	41
	ANEXO II. Notas de la Figura 1	42
	ANEXO III. La Innovación dentro del Cluster Minero: El Caso de la Lixiviación en Pilas por Capas Delgadas.....	43

1 INTRODUCCION

Si bien cada región puede generar aglomeraciones propias a su idiosincracia y/o sus condiciones históricas, se tiene un acuerdo acerca de las características que presentan – o presentaron en determinado momento – los *clusters* o aglomeraciones exitosas como Emilia-Romagna – i.e. confecciones- y Sassuolo – i.e. cerámicos – en Italia, Silicon Valley – i.e. tecnologías de la información – en Estados Unidos, cluster mineros en Canadá y Australia¹. En cada una de estas regiones hay una densa masa de empresas grandes y pequeñas altamente especializadas en la producción de bienes o servicios necesarios para la producción de otros en la misma cadena del valor o en cadenas relacionadas.

Asimismo, en estos *clusters* se da la presencia de instituciones – i.e. universidades, organizaciones de fomento, gremios, etc. – que también contribuyen a generar o mejorar los factores requeridos para la producción y/o a eliminar eventuales fallas de mercado. Todos estos agentes contribuyen a que en estos *clusters* se dé un continuo proceso de innovación tecnológica que aumenta su competitividad.

Tal es el caso que señala que la producción minera de América Latina, generalmente, se orienta a mercados internacionales de commodities, donde la ventaja competitiva principal es producción con bajo costo, y los vínculos productivos entre empresas, consumidores e instituciones de apoyo no son esenciales para la competitividad.

En Chile, el origen de una aglomeración minera o cluster minero nacional se ha favorecido por la existencia de concentración de grandes yacimientos, importantes flujos de inversión extranjera y la existencia de un marco legal estable.

El país es uno de los principales países mineros a nivel mundial, produciendo más de 40 productos minerales. Los yacimientos mineros, metálicos y no metálicos, se extienden de las regiones I a VI, a la que se agrega la XII región.

Específicamente, en los últimos años, la II Región del país se ha consolidado como un importante productor de minerales y metales. Esta zona desértica, en que la agricultura es escasa y la silvicultura inexistente, es líder en la producción de cobre y molibdeno, e importante productor de oro y plata. Además, la región es un importante productor de minerales no metálicos, tales como yodo, carbonato de litio, nitratos, etc.

Lo anterior, sumado a un desarrollo en infraestructura, entre otros, ha configurado un complejo productivo en torno a la actividad minera que se encuentra en pleno desarrollo con múltiples iniciativas llevadas a cabo por los actores regionales

A continuación, a través de una recopilación bibliográfica de la documentación generada en los últimos años, se describe el estado actual del cluster minero en Chile y la II Región, a través del análisis de los componentes, encadenamientos ya existentes y el desarrollo educacional y científico en minería.

¹Más información en: “Una Estrategia de Desarrollo basada en Recursos Naturales: el Caso de la Minería”, Seminario internacional sobre Clusters Mineros en América Latina, CEPAL, Noviembre 2000, Santiago de Chile.

2 DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL CLUSTER MINERO EN CHILE

2.1 Conceptos de Complejos Productivos o Cluster

La teoría de la ventaja competitiva desarrollada por Michael Porter², definió un complejo productivo o cluster como el “conjunto de empresas que operan a través de redes en torno a una actividad productiva base de desarrollo, concentradas geográfica y/o sectorialmente por concordancias y complementariedades en torno al sector base, alcanzan un alto grado de especialización, competitividad y eficiencia, generando procesos dinámicos a través de los cuales es posible garantizar el éxito del cluster”.

Para Porter, una de las características centrales de los conglomerados son las relaciones de funcionalidad que generan las empresas proveedoras en torno a un sector principal y su proximidad geográfica entre ellas, lo que conlleva a significativas ventajas en las redes de información, los costos de transporte y la eficiencia en la entrega de materiales, las que adquieren mayor intensidad y diversidad en la medida que el conglomerado va madurando.

Para Buitelaar (2002), el concepto cluster se refiere a un entorno o contexto que es idóneo para el aprendizaje y la innovación de las empresas. Este entorno garantiza una intensa pero sana competencia al mismo tiempo que facilita una estrecha colaboración entre las empresas y entre éstas y organizaciones e instituciones locales. El resultado es un continuo proceso de mejoramiento (“upgrading”) de ventajas competitivas asociadas a la localidad o región.

Además, un cluster no tiene una frontera geográfica o sectorial precisa pero si tiene muchas veces un lugar y una actividad económica que constituyen el centro. La idoneidad del entorno beneficia a todas las empresas relacionadas al lugar y la actividad, participen o no en proyectos asociativos u organizaciones empresariales.

Por su parte, Hirschman (1977) analiza los conglomerados es a través de los encadenamientos productivos que procuran demostrar cómo y cuándo la producción de un sector es suficiente para satisfacer el umbral mínimo o escala necesaria para hacer atractiva la inversión en otro sector que abastece directamente (encadenamientos hacia atrás), abastece indirectamente (encadenamientos hacia los lados) o procesa (encadenamientos hacia delante).

Toda actividad está encadenada por otra, y estos encadenamientos adquieren significancia cuando su existencia posibilita que una inversión se realice o no. Los encadenamientos “hacia atrás” dependen tanto de factores de demanda (la demanda derivada de insumos y factores) como su relación con factores tecnológicos y productivos (el tamaño óptimo de la planta). Mientras los encadenamientos “hacia los lados” dependen de factores de demanda indirecta. Por otra parte, el desarrollo de los encadenamientos “hacia delante” dependen principalmente de la similitud tecnológica entre la actividad extractiva y la de procesamiento, es decir, debiera existir una continuidad en la cadena del valor del producto (Ramos, 1998).

² La teoría de cluster es desarrollada por Michael Porter en su libro “Teoría de la Ventaja Competitiva de las Naciones”, año 1990.

En este sentido, el éxito de los conglomerados está justamente en el fortalecimiento de largo plazo de las empresas vinculadas a la minería, como proveedoras y procesadoras, que en función de sus ventajas competitivas puedan acceder a una segunda fase exportadora, sustentada en la producción de bienes y servicios con mayor valor agregado. Para alcanzar este estado de madurez, según Ramos (1998), el cluster minero pasa por 4 etapas definidas:

- Etapa 1: El sector minero extrae los recursos minerales y los exporta, y todos los insumos necesarios para su operación son casi en su totalidad importados.
- Etapa 2: Las empresas locales comienzan a producir bienes y servicios requeridos por la minería, generando un proceso de sustitución de importaciones para la totalidad de los servicios y en forma parcial insumos y equipos que la minería requiere.
- Etapa 3: Las empresas locales se especializan, incorporando mayor valor agregado a los bienes y servicios que producen, vendiendo éstos tanto en el mercado doméstico como en los mercados externos, profundizando la fase exportadora.
- Etapa 4: Las empresas locales se tornan más eficientes y competitivas, incorporando nuevas tecnologías a sus procesos de producción. En esta etapa, las empresas del cluster exportan casi la totalidad de los bienes y servicios que producen, en especial, aquellos de mayor valor agregado como serían los insumos, maquinarias y servicios de ingeniería de diseño y consultorías especializadas, creándose así la segunda fase exportada, garantizando su sobrevivencia más allá de la minería.

Como puede verse, existen una gran variedad de definiciones de cluster y formas de analizar el concepto. Sin embargo, para lograr el objetivo de este estudio, se analiza el sector minero como el centro del complejo productivo o cluster, alrededor del cual se situarían las empresas proveedoras de insumos, bienes y servicios mineros (encadenamientos hacia atrás), otros sectores productivos que se relacionan con la minería, sectores como: energía, agua y gas, telecomunicaciones, construcción, etc. (encadenamientos hacia los lados), y los encadenamientos hacia delante representados, principalmente, por las empresas manufactureras y las fundiciones de cobre.

2.2 Importancia de la Minería en el Desarrollo del País

Para determinar el Estado del Cluster Minero a nivel nacional es importante dimensionar la importancia relativa de la minería para el país, en términos de productos, comercio exterior y países de destino de los productos mineros.

2.2.1 Producción Mundial de Cobre.

Chile es el principal productor de cobre a nivel mundial con un nivel de reservas de 88.000 MTM, equivalente a cerca del 26% del total mundial. Durante la última década, Chile ha mantenido su liderazgo mundial en la producción de cobre de mina, aumentando ésta a una tasa promedio anual de 10% y representando en el 2001, el 35% de la producción mundial (Cochilco, 2002)

Igualmente, en el año 2001, Chile ha logrado posicionarse en el 1º lugar de los mercados de cobre refinado y cobre vía SX-EW, con participaciones a nivel mundial de 19% y 60% respectivamente, creciendo a tasas promedio anuales de 9% en refinado y 29% en SX-EW. Sin embargo, en cobre de fundición si bien es el principal productor mundial, entre los años 1991-2001 su crecimiento fue sólo de un 2% promedio anual (Tabla 1).

Tabla 1. Participación de Chile en el Mercado Mundial del Cobre
(Miles T.M.F.)

Producción	Año 1991			Año 2001			Crecimiento 2001/1991 p. a.
	Miles TMF	%	Lugar	Miles TMF	%	Lugar	
Mina	1.814	20%	1°	4.739	35%	1°	10%
Fundición	1.176	13%	2°	1.503	13%	1°	2%
Refinado	1.228	12%	2°	2.882	19%	1°	9%
SX-EW	120	16%	2°	1.538	60%	1°	29%

Fuente: Comisión Chilena del Cobre

2.2.2 Comercio Internacional de Productos Mineros

A pesar del proceso de diversificación de exportaciones que ha venido ocurriendo desde los años '80, la producción minera continúa siendo el principal sector exportador de Chile con una participación de 42,5% del total exportado en el año 2001 (Tabla 2).

La evolución del comercio internacional de los productos mineros, indican que las exportaciones del sector crecieron un 1% promedio anual en el período 1996-2001, manteniéndose la participación relativa en el total de las exportaciones país sobre un 42%.

Tabla 2. Evolución Intercambio Comercial de Productos Mineros

Años	Exportaciones (Mill. US\$ FOB)				Importaciones (Mill. US\$ CIF)	
	Cobre	Resto	Total Minería	% Minería /Total	Minería ³	% Minería/ Total
1996	6.065,0	1.064,5	7.129,5	45,9%	91,1	0,5
1997	6.765,3	1.074,6	7.839,8	47,1%	100,8	0,5
1998	5.436,5	9,46,9	6.383,4	42,3%	87,7	0,5
1999	6.176,9	897,4	7.074,3	43,5%	51,6	0,3
2000	7.427,8	918,7	8.346,5	45,4%	54,6	0,3
2001	6.673,4	836,8	7.510,4	42,5%	58,6	0,3
Crecimiento 1996-2001	1,0%				-4%	

Fuente: Banco Central de Chile, Indicadores de Comercio Exterior, Agosto 2002.

Por el contrario, las importaciones mineras tuvieron un decrecimiento de -4% promedio anual en igual período, reduciendo su participación relativa a sólo un 0,3% del total de las importaciones del país en el año 2001.

³Los principales productos importados son (Millones US\$): concentrados de molibdeno (19,6); Caolín (4); Magnesita calcinada (3,2); Dolomita (2,7); y Talco (2,4).

En cuanto a los mercados de destinos de nuestras exportaciones, las cifras del año 2001, indican que los productos metálicos se concentran principalmente en Asia y Europa y los no-metálicos en América y Europa (Tabla 3).

Tabla 3. Mercados de Destino de las Exportaciones Mineras de Chile

(Millones de US\$ FOB)

Productos	Europa		América		Asia		Otros		Total
Metálicos	2.398,4	33,3%	1.948,6	27,1%	2.818,1	39,1%	36,4	9,5%	7.201,5
No-Metálicos	94,9	31,0%	177,1	57,8%	32,3	10,5%	2,3	0,8%	306,6
Total Exportaciones	2.493,3	33,2%	2.125,7	28,3%	2.850,4	38,0%	38,7	0,5%	7.508,1

Fuente: Comisión Chilena del Cobre

Por otra parte, es importante considerar que Chile tiene un escaso consumo de cobre, el cual alcanzó las 90.000 toneladas en el año 2001, es decir sólo un 0,6% del consumo mundial.

2.2.3 Recursos Naturales e Inversión en Minería

Una de las ventajas naturales competitivas de Chile son sus recursos naturales minerales. A esto hay que agregar una situación social, económica, política y un marco legal estable han propiciado importantes inversiones extranjeras y nacionales en el sector minero.

Según la séptima versión de un estudio que realiza el Instituto Fraser de Canadá⁴, en el año 2002, Chile resultó ser el país más atractivo para la inversión minera, avanzando así del cuarto al primer lugar, desplazando en esta oportunidad a provincias de Canadá y Estados Unidos.

El principal indicador del estudio es el Índice de Atractivo a la Inversión Minera, el cual coloca a Chile en el primer lugar a nivel mundial con 94 puntos de 100, superando a la provincia de Québec en Canadá (90) y Australia (89), que hasta el año recién pasado se encontraban en las primeras posiciones.

El Índice de Atractivo a la Inversión Minera es el resultado de dos índices: el Índice de Potencial Minero y el Índice de Potencial Político, los cuales se obtiene de otros índices, tales como, las políticas públicas, tasas impositivas y regulaciones afectan la inversión minera

Nuestro país se ubicó en el primer lugar como el más atractivo en Potencial Minero con 100 puntos, logrando saltar del lugar número siete del año anterior, seguido de la provincia de Québec con 98 y Brasil con 96. Este indicador percibe el potencial geológico y cambios en demanda de nuevos minerales por parte de los inversionistas.

⁴ El estudio consideró la opinión de gerentes de exploración de 158 compañías - 27 grandes compañías mineras y 131 empresas de menor tamaño - que operan alrededor del mundo, en relación con el atractivo minero de 47 países, estados y provincias de Canadá y Estados Unidos. Ver el informe en: <http://www.fraserinstitute.ca/admin/books/chapterfiles/Part%201-Mining02pt1.pdf#>

En lo referido a Políticas Mineras, Chile retrocedió del primer al tercer lugar, logrando 85, donde la provincia de Alberta en Canadá obtuvo el primer lugar con 87 puntos, seguido del Estado de Nevada en Estados Unidos con 85 puntos.

Por otra parte, entre el período 1974-2001, la inversión extranjera materializada en minería en el país ascendió a US\$ 16.016 millones, donde la II región concentró un 39%, es decir, US\$ 6.263 millones. La Tabla 4 muestra la inversión extranjera materializada en los últimos años en el país.

Tabla 4. Inversión Extranjera Materializada en Minería, según DL-600

	1999		2000		2001	
	Mill. US\$	%	Mill. US\$	%	Mill. US\$	%
II región	85,1	6,8	62,3	25,7	778,5	86,7
Total país	1.220,8		242,3		898,3	

Fuente: Comité de Inversiones Extranjeras

Sin embargo, contar con un nivel significativo de reservas minerales a nivel mundial no es una condición suficiente para lograr la formación exitosa de un cluster minero a nivel nacional. Se requiere que aquella parte de nuestra economía conformada por actividades ligadas a la minería, alcancen un estado de maduración que les permita sobrevivir al agotamiento de los recursos minerales o al cierre de las faenas mineras.

A continuación se definirán los componentes del cluster minero nacional y en función de ellos se analizará en que etapa de desarrollo se encuentra el complejo productivo minero.

2.3 Componentes del Cluster Minero

Con el objeto de simplificar el análisis del cluster, se considerará que la actividad minera, centro neurálgico del cluster, abarca las etapas de: exploración, explotación, procesamiento de minerales, fundición y refinación de minerales metálicos, principalmente cobre⁵.

Tal como se observa en la Figura 1, los principales componentes del cluster minero a nivel nacional son:

- ✓ La actividad minera compuesta por todas las empresas de la Gran, Mediana y Pequeña minería que operan en el país.
- ✓ Los encadenamientos productivos hacia atrás, donde existe una relación directa de compra-venta están conformados por las empresas proveedoras de: insumos especializados (explosivos, energía eléctrica, gas y agua, combustibles, insumos químicos, repuestos, neumáticos), equipo y maquinarias. Se incluyen en esta categoría también los servicios especializados para la minería y las universidades y centros de investigación dedicados a este sector.

⁵ Para algunos especialistas en el tema, las etapas de fundición y refinación corresponden a encadenamientos productivos hacia adelante, pues representan a la fase de procesamiento del mineral en la forma de concentrados. Sin embargo, se realizará un breve análisis sobre esta etapa para mostrar su situación actual.

Igualmente, no se efectuará diferenciación entre empresas mineras integradas (que incorporan las etapas de fundición y refinación, por ejemplo CODELCO), las empresas no-integradas (sólo llegan hasta la etapa de producción de concentrados, por ejemplo Escondida), y custom smelter (empresas que se dedican sólo a fundición como sería la fundición Altonorte).

- ✓ Los encadenamientos productivos hacia los lados están compuestos por las empresas relacionadas con la minería pero que se relacionan también con otros sectores productivos. En esta categorización se encuentran las empresas de: generación y distribución de energía eléctrica, gas y agua, servicios de comercialización, servicios financieros, telecomunicaciones, infraestructura vial y portuaria, agencias portuarias y de aduanas, construcción, comercio, turismo, compañías aseguradoras, Isapres, AFPs, fundaciones o instituciones sin fines de lucro, organismos gubernamentales, universidades y centros de investigación tecnológica.
- ✓ Los encadenamientos productivos hacia adelante se componen de las empresas manufactureras de cobre y de empresas de otros sectores productivos que utilizan los productos de la minería como insumo para la producción de sus propios productos, por ejemplo la industria forestal y química.

2.3.1 Empresas Mineras

Chile es uno de los principales países mineros a nivel mundial, produciendo más de 40 productos minerales, y sus yacimientos mineros, metálicos y no metálicos, se extienden de las regiones I a VI, a la que se agrega la XII región.

Hoy, las actividades mineras en Chile están concentradas en 5 grupos de productos: cobre y sus subproductos, metales preciosos, hierro y acero, minerales no metálicos, y carbón y petróleo. Dentro del sector minero, el cobre es claramente el rubro principal, afectando también la producción de molibdeno, oro y plata. Además, Chile es el principal productor y exportador en el mundo de nitrato de potasio y de sodio, yodo y litio; y ocupa el cuarto lugar en la producción de boratos. La Tabla 5 muestra la producción de cobre, molibdeno, oro y plata según el sector minero, donde la Gran Minería tiene una importante participación en la producción minera metálica nacional. Además, es importante considerar que el 50,4% de la producción nacional de cobre refinado se concentra en dos grandes empresas: Codelco-Chile (33,6%) y Minera Escondida (16,8%). El Anexo I muestra en detalle la producción nacional de cobre por empresas mineras.

Tabla 5. Producción Metálica de Chile, año 2001

Minería	Operaciones	Cu, miles tons		Mo, tons	Au, Kg		Ag, Kg	
Gran	18	4.326,2	93.7%	33,6	27.297,6	50.6%	1.008.896,1	81.5%
Mediana	17	247,1	5.35%		23.201,3	43.0%	216.054,5	17.4%
Pequeña	470	44,6	0.97%		3.483,8	6.5%	13.665,0	1.1%
Total	505	4.617,9		33,6	53.982,7		1.238.615,6	

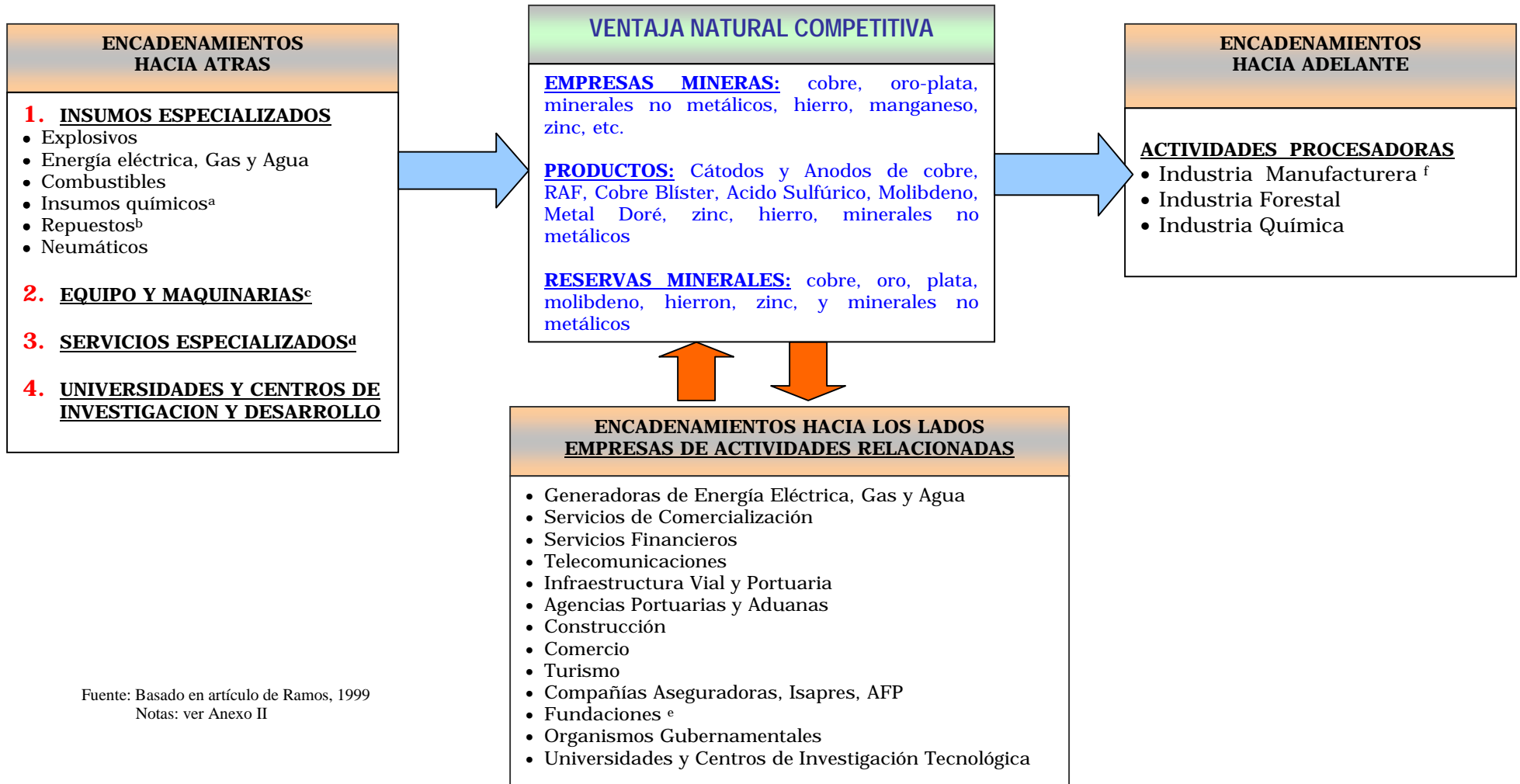
Fuente: Comisión Chilena del Cobre, Sernageomin

Dada la representatividad de las empresas de la Gran Minería, el análisis de los encadenamientos productivos se realiza utilizando información publicada por el sector⁶

⁶Informe 2001 de la Gran Minería Chilena, Consejo Minero.

Adicionalmente, el Consejo Minero ha encargado un estudio a profesionales de la Universidad de Chile y Universidad Católica con el objetivo de investigar la competitividad del cluster minero en Chile y su capacidad de proyectarse en América Latina.

Figura 1. Flujos y Redes del Cluster Minero Nacional



Fuente: Basado en artículo de Ramos, 1999
Notas: ver Anexo II

2.3.2 Encadenamientos Productivos de la Minería

En esta sección se determina la incidencia de las empresas de la Gran Minería en los encadenamientos productivos, y se define brevemente que tipos de empresas conforman el conglomerado minero en la forma de encadenamientos productivos.

a) Caracterización de las empresas

Según el volumen de ventas anuales, las empresas pueden clasificarse en: microempresas, pymes (pequeñas y medianas empresas) y grandes empresas. Tal como se muestra en la Tabla 6, en el país existen 526.920 empresas de distintos sectores productivos, de las cuales el 82% corresponden a micro empresas.

Tabla 6. Tipología de las Empresas

	Micro	Pequeña	Mediana	Grande	Total
País	432.431	78.805	10.870	4.814	526.920
<i>Distribución Porcentual</i>	82,1%	15,0%	2,1%	0,9%	100%
Relacionada con minería, petróleo y canteras	966	396	80	97	1.539
<i>Distribución Porcentual</i>	62,8%	25,7%	5,2%	6,3%	100%
% minería/país	0,2%	0,5%	0,7%	2,0%	0,3%
Industrias del sector manufacturero relacionados con minería ¹	6.845	2.563	520	312	10.240
<i>Distribución Porcentual</i>	66,8%	25,0%	5,1%	3,0%	100%
% Industria Manufacturera en Minería/País	1,6%	3,3%	4,8%	6,5%	1,9%
Valor de Ventas Anuales (UF)	Menos de 2.400	De 2.401 a 25.000	De 25.001 a 100.000	Más de 100.001	

Fuente: La Pyme en Chile, "Presencia de la Pyme en el Universo Empresarial Chileno", 1994 - 1997" CORFO, año 2000

Página web: <http://www.corfo.cl/publicaciones/docs/01universo.zip>

¹. Empresas de los subsectores: Fabricación de productos minerales no metálicos, excepto derivados del petróleo; industrias metálicas básicas; y fabricación de productos metálicos, incluyendo maquinarias y equipos

Por su parte, las pymes representan el 17% del total de las empresas del país y se caracterizan por ser más especializadas en la medida que su tamaño aumenta. Por último, están las grandes empresas que representan menos del 1% del total país.

Otro aspecto importante es que sólo 1.539 empresas (0,3% del total país) se dedican a actividades del sector minero, de cuyo total, las más representativas son las empresas de la Gran Minería con un 2% del total país, cuya actividad es intensiva en capital y de alta especialización y tecnología.

Con relación a la industria manufacturera, se observa que un 1,9% del total de empresas del país se orienta a actividades mineras, las que corresponden al segmento de las pymes.

b) Encadenamientos Productivos hacia atrás.

Las empresas que conforman los encadenamientos hacia atrás se orientan a la venta de insumos y servicios especializados, maquinaria y equipo para la minería. Estas empresas pueden producir sus productos localmente o bien, pueden importarlos para venderlos a nivel local, en ambos casos, ello constituye la oferta nacional de productos para el sector minero.

Durante el año 2001, las empresas de la Gran Minería gastaron US\$ 5.165 millones en gastos operacionales (Tabla 7), donde un 37% representó la compra de insumos especializados (combustibles y lubricantes, insumos de mina y planta, reactivos y energía) y un 34% correspondió a mano de obra (propia y de contratistas permanentes).

Tabla 7. Gastos Operacionales de las Empresas Mineras, 2001-2001
(Millones de US\$)

Gastos	2001	%	2000	%
Mano de obra	992	19,2	1071	21,2
Contratistas	780	15,1	423	8,4
Insumos	723	14,0	911	18,0
Energía	661	12,8	515	10,2
Servicios generales	542	10,5	400	7,9
Partes y piezas	387	7,5	587	11,6
Combustibles y Lubricantes	310	6,0	258	5,1
Reactivos	207	4,0	187	3,7
Otros	563	10,9	701	13,9
Total	5.165	100	5.053	100

Fuente: Consejo Minero, Informe de la Gran Minería, año 2001.

Aunque no existen antecedentes precisos, se estima que el 35% del total de insumos y servicios especializados son vendidos en el país, sean éstos producidos localmente y/o importados por dichas empresas y que sólo un 17,5% de estos serían de producción nacional propiamente tal⁷.

Aplicando esta relación al gasto efectuado por las empresas de la Gran Minería del cobre que asciende a US\$ 5.165 millones en el año 2001, solamente US\$ 1.808 millones habrían sido abastecidos por la oferta nacional y sólo US\$ 904 millones corresponderían a bienes y servicios producidos en el país.

Sin embargo, a pesar de lo anterior, las exportaciones de algunos equipos e insumos mineros han aumentado a una tasa de 33,2% promedio anual, entre 1998 (US\$30 millones) y 2001 (US\$781,3 millones). Específicamente, este último año, 6 países de América fueron el destino de US\$ 64,5 millones en exportaciones, equivalente a casi el 92% de las exportaciones totales de estos productos en el país, destacándose Estados Unidos, Perú, Brasil, Argentina, México y Ecuador.

⁷ Orellana, S., 2002, "Propuesta Tendiente a Desarrollar un Cluster Minero a Nivel Nacional", Tesis para obtener el título de Ingeniero Civil en Minas, Universidad de Santiago de Chile.

Los principales productos exportados fueron: detonadores eléctricos (Perú), bolas y artículos para molinos, además de las partes de máquinas para sondeo (Argentina). Es importante destacar el caso de Estados Unidos que a pesar de ser un productor y exportador de productos mineros, también importó US\$ 17,6 millones (25% del total) en insumos y equipos mineros producidos por Chile, particularmente, bolas y artículos para molinos⁸.

c) Encadenamientos Productivos Hacia los Lados.

La Tabla 8 muestra que la minería es más representativa en términos de su contribución al PIB Regional en la II y III región exclusivamente, debido a que en el resto de las regiones donde existe minería coexisten otros sectores productivos de superior importancia relativa en el PIB Regional.

Sin embargo, resulta difícil evidenciar a nivel país cual ha sido el efecto de la minería en otros sectores productivos como Energía, Agua y Gas, Transporte y Telecomunicaciones, Comercio, Construcción y Servicios Financieros, entre los más relevantes. Específicamente, porque a este nivel es difícil separar el efecto de la minería sobre el que puede generarse en otros sectores de recursos naturales como son el sector forestal y la pesca.

Una alternativa para superar la limitación que entregan las cifras del PIB país es analizar las magnitudes de crecimiento de los sectores relacionados en aquellas regiones donde el PIB minero constituye el eje del crecimiento regional, ello sucede en las regiones donde la minería concentra sus actividades⁹.

Tabla 8. Efectos Derivados del PIB Minero Regional

(Base 1986)¹

Región	% PIB Minero PIB Región	Crecimiento PIB Minero p.a., 1990- 1997	Crecimiento en el PIB de Otros Sectores Económicos, %						
			CO	EGA	COM	SF	IM	PE	TyT
I	13,8%	21,3%	20,1	13,6	11,8	9,6			
II	65,3%	11,2%	14,8		9,2	11,5	7,7		
III	46,9%	14,0%	8,10		12,3	12,6			
IV	17,9%	Crecimiento “cero”	11,9	10,6		13,7		16,8	
V	9,4%	2,5%	10,0				9,6		9,4
VI	24,7%	3,1%		11,2	10,0	8,8			

Nota: ¹El PIB regionalizado lo calculó el Banco Central sólo hasta el año 1997 en base a la matriz insumo-producto de 1986.

Nomenclatura: CO, Construcción; EGA: Electricidad, Gas y Agua; COM: Comercio; SF: Servicios Financieros; IM: Industria Manufacturera; PE: Pesca; TyT: Transporte y Telecomunicaciones.

Fuente: Banco Central de Chile.

Se puede concluir entonces, que en las regiones donde la minería contribuye en forma significativa al PIB, se produce un crecimiento similar o de mayor intensidad en otros sectores económicos de servicios complementarios a la minería, en la forma de

⁸ Fuente: Banco Central de Chile

⁹Adicionalmente, el Instituto de Economía Aplicada Regional de la Universidad Católica del Norte diseñó una matriz insumo producto que considera las transacciones entre sectores económicos (modelo abierto) que da origen a multiplicadores de tipo I, y por otro lado un modelo cerrado que considera, adicionalmente, el efecto del incremento en el pago de salarios debido a la contratación adicional de mano de obra que demanda un incremento en la demanda final (multiplicador tipo II). Patricio Aroca, en su artículo “Impacts and Development in Local Economies based on Mining: The Case of the Chilean II Region, in Resources Policies, 27, p. 119-134, aplica la matriz a la II Región, pudiendo determinar el aporte de la minería en otros sectores productivos.

vinculaciones laterales como sería el sector Energía, Agua y Gas y en la forma de encadenamientos de consumo, los que estarían representados por los sectores Comercio y Servicios Financieros, principalmente.

d) Encadenamientos Productivos Hacia Adelante

Los encadenamientos hacia adelante estarían conformados por las fundiciones y refinerías de cobre y las empresas manufactureras de cobre, y en menor medida, por empresas manufactureras de los sectores químico (por ejemplo productos metálicos y no metálicos) y forestal (ácido sulfúrico).

En este sentido, es importante ver cómo es posible el incremento de la cadena del valor en todas las etapas del proceso minero, fundamentalmente en lo referido a fundición y refinación (F y R). A continuación se realiza un análisis de la producción de concentrados y fundición en el país, que permita determinar el estado actual de esta actividad.

Actualmente, Chile produce más de 3,2 millones de ton/año de cobre en la forma de concentrados, lo cual representa un 38% de la producción mundial. En los últimos años ha habido un importante incremento debido a la puesta en marcha de nuevos proyectos mineros de cobre, así como el incremento de producción de actuales operaciones, como se muestra en la Tabla 9. Esta producción ha generado una creciente disponibilidad de concentrado en el país, y se estima que esta tendencia continuará durante el período 2002-2005, como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 9. Principales Proyectos de Concentrados de Cobre

Compañía	Capacidad (ton/día)	Producción (MT Cu fino)	Comienzo	Observación
Candelaria	61.000	221.000	1995	
Escondida	130.000	643.000	1990	Escondida incrementará su producción a 1,2 million ton/año hacia 2003
Doña Inés de Collahuasi	60.000	393.000	1999	Collahuasi incrementará su capacidad de alimentación de mineral desde 60.000 a 110.000 ton/día hacia 2004
Los Pelambres	114.000	374.000	2000	
Disputada de las Condes	72.500	235.000	1990	La producción de incluye Los Bronces, 171.000 ton/año y El Soldado, 64.000 ton/año.

Fuente: Artículo "The Chilean Copper Metallurgical Industry: An Update" a ser presentado en el "Yazawa Internacional Simposium" a realizarse desde el 3 al 6 de marzo 2003, en San Diego, California (USA), organizada por TMS Annual Meeting. Aurores: Valenzuela, A.; Palacios, J.; Cordero, D.; Sánchez, M.

Tabla 10. Producción Chilena de Concentrado de Cobre y Fundición
(Miles de Toneladas Métricas de Cu Fino)

Producción	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Concentrado	3.029	3.230	3.201	3.125	3.753	3.896	3.942
Fundición	1.495	1.487	1.494	1.523	1.611	1.729	1.843
Surplus	1.534	1.743	1.707	1.602	2.142	2.167	2.099
% Surplus/total conc.	50,6%	54,0%	53,3%	51,3%	57,15	55,6%	53,3%

Fuente: Comisión Chilena del Cobre, COCHILCO. Nota: a partir del año 2003 son estimaciones.

Durante el año 2001, el surplus de concentrado fue exportado como sigue: 64,4% a Asia, 17,8% a America, 16,2% a Europa, y 1,6% a Africa y Oceania. Así, Japón fue el principal importador de concentrado de cobre con una participación de 36,2%, seguido por China con 12,8%, Alemania con 8,9%, Brasil con 7,9%, Canadá con 6,5%, y Corea del Sur con 6,1%, entre otros.

Por su parte, la producción de cobre de fundición se ha mantenido en los últimos años. Sin embargo, varias fundiciones están desarrollando y planeando proyectos para aumentar su capacidad de fusión:

- La Fundición Altonorte de Noranda Chile S.A. incrementará su producción de cobre desde 160.000 a 290.000 ton/año y su producción de ácido sulfúrico desde 260.000 a 700.000 ton/año. El costo de esta expansión será de US\$ 170 millones, y se espera que sea completada en el año 2003.
- La fundición Potrerillos de la División Salvador de Codelco-Chile está reemplazando el horno reverbero y el Convertidor Teniente de 4x17 mts. por un Convertidor Teniente más mayor tamaño de 5x22 mts., que permita cumplir con las regulaciones ambientales y además incrementar su capacidad de fusión de concentrados desde 520.000 a 680.000 ton/año.
- Codelco-Chile está planeando construir una fundición y refinería de cobre en Mejillones en la II región, la cual debiera tener una capacidad de producción de 430.000 ton/año de ánodos y 880.000 ton/año de cátodos, donde cerca del 70% de la alimentación de concentrado y metal blanco para la fundición serán proporcionados por Codelco. El costo de este proyecto se estima en cerca de US\$ 1.000 millones, y se espera que entre en operaciones el año 2006.

De acuerdo al estudio “Análisis de la Industria de Fundiciones y Refinerías de Cobre en Chile” elaborado por la COCHILCO¹⁰, el país ofrece ventajas para la materialización de nuevos proyectos de fundición y refinería no integrados, donde destacan las siguientes fortalezas:

- **Producción de concentrados**, como se muestra en la Tabla 10.
- **Factor geográfico (puertos-minas)**, es decir, la cercanía de las minas con las fundiciones, lo que traduce en un ahorro de fletes.
- **Bajo riesgo país y estabilidad para grandes inversionistas.**
- **Know-How de los profesionales chilenos.** Actualmente las fundiciones chilenas operan con algunos equipos de tecnologías de punta tales como hornos flash, hornos eléctricos, sistemas de secado de concentrado, todos con sofisticados sistemas de control automáticos.
- **Desarrollo tecnológico propio.** El Convertidor Modificado Teniente, desarrollado por Codelco, constituye un hito tecnológico para Chile, utilizándose en la totalidad de las fundiciones estatales y en fundiciones de México, Perú, Zambia y Tailandia.
- **Disponibilidad de Energía.** Chile presenta disponibilidad de energía eléctrica en el norte, dado el desarrollo del mercado del gas natural. Asimismo, también existe la posibilidad de conectar el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) con Argentina.

¹⁰ Fuente: Cochilco, Dirección de Evaluación y Dirección Estratégica.
http://www.cochilco.cl/contenido/b-publicaciones/estudios/libre_acceso/INFORME%20PARA%20DISCUSION%20SOBRE%20FUNDICION%20Y%20REFINERIA.pdf

Sin embargo, el mismo estudio concluye que una de las restricciones más relevantes para la instalación de nuevas fundiciones sería principalmente *“el volumen de contratos de concentrados ya comprometidos en el mediano y largo plazo, es decir, por el poder de negociación y los objetivos de las políticas comerciales de las empresas productoras de concentrado, pues ello afectaría directamente las garantías de financiamiento de estos proyectos, lo que unido a su baja rentabilidad privada desincentiva cualquier nueva iniciativa al respecto”*.

Además, otro factor de incertidumbre estaría dado por *“el volumen de producción de ácido sulfúrico que dichos proyectos generarían, lo que implica decidir a priori tanto su disposición como su comercialización”*. En este sentido, entre las debilidades destacan:

- **Altas inversiones y baja rentabilidad privada.** Para tamaños de producción equivalentes a 350.000 TMF de cobre, la inversión requerida supera los US\$ 1.000 millones, con rentabilidades privadas en torno al 10%.
- **Incertidumbre respecto a la disponibilidad de concentrados en el país en el mediano plazo.**
- **Concentrados comprometidos en contratos de largo plazo.** En consecuencia, las empresas mineras comercializan su producción con múltiples fundiciones con contratos de largo plazo, tanto definidos en vencimiento, como de renovación indefinida (ever green). En la actualidad, ambos tipos comprometen un porcentaje significativo de la producción de concentrados nacionales, y dado el dinamismo de las negociaciones, podría eventualmente reducirse aún más la disponibilidad futura de concentrados.
- **Garantías de financiamiento del proyecto.** El financiamiento de estos proyectos exige disponer de contratos de largo plazo para el abastecimiento de concentrados como garantía de los flujos operacionales durante la vigencia del préstamo. Considerando las anteriores debilidades, las negociaciones de nuevos contratos de abastecimiento son complejas para un nuevo proyecto no integrado y de tamaño óptimo, pues implican negociar con muchos oferentes de concentrados para cubrir su capacidad instalada.
- **Entrega de subsidios para operar en otros países.** La literatura especializada no proyecta el desarrollo de nuevos proyectos de fundiciones en economías de abiertas y desarrolladas, y los proyectos que se han concretado fueron apoyados (directa o indirectamente) por subsidios de los gobiernos locales.
- **Disposición y comercialización de ácido sulfúrico.** Hasta la fecha la producción de ácido sulfúrico ha generado problemas menores de disposición, transporte y comercialización. No obstante, a futuro la construcción de nuevas fundiciones elevará la producción de ácido sulfúrico a niveles que eventualmente podrían significar una sobreproducción, situación que está siendo estudiada por Codelco para su proyecto de Mejillones.

Otro factor a considerar es el **escalonamiento arancelario que se aplica a los productos de cobre primario**. Por ejemplo, Japón aplica un arancel de 3% a los refinados de cobre y no la importación de concentrados, como una forma de subsidiar y proteger su industria de fundiciones. Si bien es cierto que con los Acuerdo de Libre Comercio que Chile ha negociado y está negociando, los aranceles se están eliminando, sin embargo, esto aún afecta las decisiones de inversión.

Respecto a las **empresas manufactureras de cobre**, estas compran sus insumos a la minería y venden su producción ya sea en el mercado local o exportan manufacturas de cobre a otros países, particularmente de Sudamérica.

Actualmente, Chile tiene un consumo de cobre refinado de 90.000 toneladas para ser utilizado para la producción de manufacturas, que se utilizan en el mercado interno (20 mil ton.) y para exportación (70 mil ton.). En el período 1991-2001, las exportaciones crecieron a una tasa de 7% promedio anual, alcanzando un valor de US\$ 132 millones en el 2001, donde el 94% de estas se concentran en 3 empresas: Madeco, Cocesa y Armat con participaciones sobre el total exportado de 55%, 30% y 9% respectivamente.

Tabla 11. Exportaciones de las Empresas Manufactureras de Cobre
(Millones de dólares de cada año)

Empresas	1991	%	2001	%	Crecimiento 1991-2001
Madeco	34,5	52%	71,8	54,4%	8%
Cocesa	6,7	10%	39,7	30,1%	19%
Coplasa ¹	18,0	27%	-	-	-
Armat	4,8	7%	12,9	9,8%	10%
Otros	2,9	4%	7,6	5,8%	10%
Total	66,9	100%	132,0	100%	7%

Nota 1): Esta empresa operó hasta 1996. Fuente: Comisión Chilena del Cobre.

En relación al destino de las exportaciones manufacturas, es interesante destacar que en la última década, se han incorporado 3 nuevos mercados, ellos son: Venezuela, Costa Rica y Alemania, incrementándose el comercio con Brasil y manteniendo el volumen de exportaciones con Estados Unidos. De tal forma, que en el 2001, las exportaciones manufacturas tenían los siguientes mercados de destino: Venezuela (19%), Estados Unidos (15%), Costa Rica (14%) y Brasil (13%), entre los más relevantes.

De acuerdo al estudio “Caracterización de la Industria Manufacturera de Cobre Nacional” elaborado por la COCHILCO¹¹, existen algunas limitaciones para el crecimiento y desarrollo de las empresas que participan en el negocio de las manufacturas de cobre y para los potenciales entrantes al mercado:

- Las exportaciones enfrentan un sistema con progresividad en las tasas *arancelarias*, gravando en mayor medida aquellos productos que tengan mayor valor agregado.
- El costo asociado a los *fletes y seguros*, puesto que transportar productos manufacturados es más costoso que transportar cátodos de cobre. Esta variable se debe considerar, ya que los principales países consumidores de manufacturas se encuentran en Asia, Europa y América del Norte.
- La *especialización* que se da en este sector es otro elemento que explica el bajo desarrollo que ha tenido esta industria, debido a que se requiere tener muchas instalaciones y procesos asociados para la gran variedad de productos que existen en el mercado.

¹¹ Caracterización de la Industria Manufacturera de Cobre Nacional. MARAMBIO, Gustavo; VALENCIA, Claudio. Agosto 2001, 49 pág. http://www.cochilco.cl/contenido/b-publicaciones/estudios/libre_acceso/Estructura%20industria%20manufacturas%20cobre.pdf

- El *reducido consumo del mercado chileno*.

2.4 Educación y Cluster

A marzo del año 2002, el sistema de Educación Superior Chileno estaba compuesto por 226 instituciones, donde es posible encontrar 63 Universidades, de las cuales 25 pertenecen al Consejo de Rectores (16 estatales y 9 particulares de carácter público), y las restantes ligadas al sistema de educación privado (instituciones sin aporte fiscal directo). Además, el sistema está constituido por 51 Institutos profesionales y 112 Centros de Formación Técnica.

2.4.1 Universidades con Carreras de Formación Minera

Respecto a las instituciones de educación superior, la Tabla 12 muestra las universidades presentes en el país que imparten carreras relacionadas al sector minero. Es importante, considerar, que todas las universidades que imparten carreras relacionadas al sector minero pertenecen al Consejo de Rectores, es decir son Universidades Estatales.

Tabla 12. Universidades que imparten carreras en el ámbito minero

Región	Universidad	Carreras					
		Ing. Minas		Ing. Metalurgia		Geología	
		Civil	Ejecución	Civil	Ejecución	Geólogo	Técnico
I	Arturo Prat			X	X		
II	Antofagasta ¹	X ²	X				
	Católica del Norte			X		X	
III	Atacama	X	X	X	X		X
IV	La Serena	X	X				
V	Católica de Valparaíso			X			
	Federico Santa María			X	X		
VIII	Concepción			X		X	
Región Metropolitana	Santiago de Chile	X	X	X	X		
	De Chile	X				X	
	Católica de Chile	X ³					
Total		6	4	7	4	4	1

Fuente: Mineduc, Directorio de Instituciones de Educación Superior de Chile, <http://www.mineduc.cl/>

Nota: la carrera de Ingeniería Civil tiene una duración de 12 semestres, mientras la carrera de Ingeniería de Ejecución dura 8 semestres

¹: La Universidad dicta además la carrera de Ingeniero de Ejecución en Geomensura, ² Ingeniería Civil Industrial en Minas. ³: El Centro de Minería de la Universidad Católica dicta las carreras: Ingeniería Civil e Ingeniería en Industrias con diploma en Ingeniería en Minería

Además, varias universidades ofrecen carreras de postgrado: diplomado, magíster y doctorados en Ciencias de la Ingeniería, Geología, Metalurgia Extractiva, entre otros.

2.4.2 Institutos y Centros de Formación Técnica:

Aunque los Institutos y Centros de Formación Técnica que imparten carreras en torno a la minería no son comunes, existen hoy en día algunas entidades, estas son:

- **Instituto Nacional de Capacitación Profesional (INACAP):**

- Ingeniería en Minas con mención en: Metalurgia Extractiva o Procesos Mineros, duración 8 semestres, en sus sedes de Iquique, Calama, La Serena y Maipú en Santiago.
- **Instituto Tecnológico, Universidad de Atacama, Copiapó**
 - Tecnología Universitaria en Plantas Metalúrgicas
- **Centro de Formación Técnica (INACAP), Santiago**
 - Tecnología en Minería y Metalurgia, duración 4 semestres.
- **Centro de Formación Técnica, Zipter**
 - Topografía (Santiago, viña del Mar) y Técnico en Minería (Santiago)
- **Centro de Formación Técnica, Universidad de Atacama (UDA), Copiapó**
 - Técnico Superior en Geomensura

Además, con el apoyo de empresas mineras fueron creados centros de formación:

- a) Centro Tecnológico Minero de Iquique – Minera Doña Inés de Collahuasi
- b) Centro Capacitación Técnica – Minera Escondida¹²
- c) Centro Internacional Minero Benjamín Teplizky – Universidad de Atacama
- d) Liceo Jorge Alessandri Rodríguez, Tierra Amarilla, III región, SONAMI¹³.
- e) Colegio Técnico Industrial Don Bosco, II región, Asociación de Industriales de Antofagasta (A.I.A.)¹⁴.

2.5 El Desarrollo Científico y Tecnológico en Chile

2.5.1 Indicadores Científicos y Tecnológicos

A continuación se realiza un análisis de algunos Indicadores de Científicos y Tecnológicos¹⁵, considerando algunos países del G-7, tales como Alemania, Canadá, Francia, Japón y Estados Unidos, así como otros del entorno latinoamericano. Cabe señalar, que en Chile se desea consolidar un distrito mundial de la minería, por lo tanto, el análisis se realiza considerando esta situación. La Tabla 13 muestra el porcentaje del PIB que destinan a I&D, los países citados anteriormente.

Tabla 13. Porcentaje del PIB destinado a I&D

Año	Chile	Alemania	Canadá	Francia	Japón	USA	Argentina	Perú	Brasil	México
1995	0,62	2,26	1,74	2,31	2,89	2,51	0,38	s/i	0,87	0,31
1996	0,58	2,26	1,70	2,30	2,77	2,55	0,42	s/i	0,91	0,31
1997	0,54	2,29	1,72	2,22	2,83	2,58	0,42	0,05	s/i	0,34
1998	0,54	2,31	1,82	2,17	2,94	2,60	0,42	0,05	s/i	s/i
1999	0,55	2,44	1,83	2,19	2,93	2,65	0,47	0,08	s/i	s/i
2000	0,56	2,46	1,94	2,15	s/i	2,76	s/i	0,09	s/i	s/i
2001	0,57	s/i	2,01	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i

Fuente: CONICYT, "Listado de Indicadores Científicos, año 2001", <http://www.conicyt.cl/bases/indicadores/2002/index2002.html>
s/i: Sin Información

¹² Memoria Anual Minera Escondida, 2001. Parte 2: El Desafío de Aprender. http://www.escondida.cl/pdf/Memo_Escondida_02.pdf

¹³ Liceo Jorge Alessandri Rodríguez, <http://www.sonami.cl/liceo00.html>

¹⁴ Colegio Don Bosco, <http://www.donboscoia.cl/>

¹⁵ Más información sobre Indicadores, ver: Cochilco, 2000, "Diagnóstico sobre la Investigación e Innovación Tecnológica en Minería", Documento Interno.

Según la Tabla anterior, Chile aún no ha pasado la barrera del 1% de su PIB destinado a Ciencia y Tecnología, y esta situación se ha mantenido en las últimas décadas¹⁶, a pesar de un aumento del Gasto en I&D: US\$ 99,6 millones en 1984; US\$ 153,3 millones; y US\$ 395 millones, de cada año.

Ahora bien, si tomamos como referencia a países como Canadá o USA, que son naciones relevantes en la actividad minera mundial, nos damos cuenta que la brecha es bastante grande, superando los 2 puntos en algunos casos. En este sentido, un distrito minero mundial debería tener como característica un alto grado de innovación, como única forma de adquirir factores especializados que permita al país diferenciarse frente a sus competidores, los cuales no serían (al menos dentro de este contexto) países como Argentina o México, ya que los porcentajes que ellos dedican a I&D no distan mucho de la realidad nacional, a excepción de Brasil. Un caso aparte, es Perú, país minero que gasta muy poco en I&D.

Además, de la apreciable brecha que muestra la asignación de PIB a I&D, otro parámetro importante es el Gasto per Cápita que realizan los países en el ámbito científico, el cual muestra una tendencia similar a lo anterior (Tabla 14). Este indicador elimina las dudas que puedan existir con relación a que países más industrializados gastan más en I&D, sólo por el hecho de tener un mayor PIB, y ese sería la razón de su éxito dentro de este campo.

Tabla 14. Gasto Per Cápita en I&D (US\$/año) (dólares de cada año)

Año	Chile	Alemania	Canadá	Francia	Japón	USA	Argentina	Brasil	Perú	México	Sudáfrica	Australia
1995	28,2	400,1	390,5	467,0	1.222,4	700,6	30,4	39,5	s/i	9,7	20,9	338,9
1996	27,7	487,2	396,0	465,7	1.035,7	745,1	32,5	41,7	s/i	11,2	22,4	371,2
1997	27,9	508,8	416,8	453,4	970,0	794,7	34,7	s/i	1,11	14,7	22,0	367,0
1998	26,7	529,0	458,1	463,1	966,7	840,3	35,3	s/i	1,15	s/i	21,5	362,1
1999	24,7	579,6	483,0	485,1	1.119	896,3	36,1	s/i	1,63	s/i	23,1	358,0
2000	26,0	613,2	520,1	499,6	1.259	965,0	s/i	s/i	1,81	s/i	23,7	354,1
2001	24,0	606,7	560,7	512,1	1.406	1.301	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i

Fuente: CONICYT, "Listado de Indicadores Científicos, año 2001", <http://www.conicyt.cl/bases/indicadores/2002/index2002.html>
s/i: Sin Información

En esta oportunidad la brecha es mucho mayor que la anterior, ya que cuando Chile gasta US\$ 24 por persona, países como Alemania o Canadá lo hacen en valores cercanos a los US\$ 700. La situación se diferencia aún más con la situación de Estados Unidos, donde el valor Chileno debe multiplicarse más de 40 veces para alcanzar los estándares de este país.

Ahora, nuevamente se observa que en el ámbito continental la situación no dista mucho de la vivida por Chile, ya que los valores alcanzados por Argentina, Brasil o México no sobrepasan los US\$ 50 por habitante. Un caso aparte es Perú. Un caso similar al Chileno, es el gasto per cápita en I&D de Sudáfrica, pero aún está muy distante de un país minero como Australia.

Por otro lado, si se piensa que el cluster debiera ser desarrollado por medio de una alianza pública-privada, inmediatamente se tendría que analizar el papel que están ocupando ambos sectores en la I&D. La Tabla 15 muestra el porcentaje del gasto que realizan ambos sectores en I&D.

¹⁶ Porcentaje del PGB destinado a I&D en países muy desarrollados y en Chile.
<http://www.conicyt.cl/bases/indicadores/2001/capitulo/T1-4.htm>

Tabla 15. Porcentaje del Gasto Nacional en I&D Financiado por Estado/Empresas

Año	Chile		Sudáfrica		Alemania		Canadá		Francia		USA		Australia		Japón	
1995	62,7	21,1	48,5	51,5	36,8	61,1	35,9	45,6	41,9	48,4	35,5	60,2	47,0	46,9	22,8	67,1
1996	60,9	23,2	48,5	51,5	36,9	60,8	33,7	46,2	41,5	48,5	33,2	62,4	46,4	47,5	18,7	73,4
1997	60,2	23,9	52,6	47,4	35,9	61,4	32,0	47,7	38,8	51,6	31,6	64,0	44,4	49,0	18,2	74,0
1998	64,0	23,4	49,2	50,8	34,9	62,3	30,5	45,2	37,3	53,5	30,5	65,0	43,2	50,1	19,3	72,6
1999	63,7	24,0	50,3	49,7	32,6	65,0	32,3	42,6	36,9	54,1	28,8	66,8	41,9	51,1	19,5	72,2
2000	64,0	23,4	50,5	49,5	32,0	65,7	31,8	42,6	s/i	s/i	27,3	68,2	40,6	52,3	s/i	s/i
2001	64,0	23,4	s/i	s/i	s/i	s/i	32,1	42,0	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i

Fuente: CONICYT, "Listado de Indicadores Científicos, año 2001", <http://www.conicyt.cl/bases/indicadores/2002/index2002.html>
s/i: Sin Información

Al igual que en los casos anteriores, los resultados muestran una clara diferencia con otras economías, como Japón, donde el sector privado es el mayor contribuyente en el gasto de I&D. En este sentido, el Estado debe generar políticas que incentiven un rol más importante por parte del empresariado Chileno en una actividad tan importante para el país (I&D), que contribuya al aumento de la productividad y competencia de sus propias empresas.

Además, de los indicadores científicos que muestran la posición que ocupa el país dentro del contexto mundial, existen otras estadísticas como el número de científicos e ingenieros dedicados a I&D, el gasto por investigador (US\$), gasto en I&D de las universidades, entre otras.

Sin embargo, éstos no serán analizados en este documento, y a continuación se describirán otras aristas del quehacer científico nacional, dejando al lector la invitación a revisar con más detalle el "Informe sobre Indicadores Científicos, 2001", preparado por CONICYT.

La Tabla 16 muestra el gasto (en %) que se realiza en el país según los sectores económicos-sociales relevantes, donde la minería ha mantenido su participación en los últimos años. Esta Tabla muestra que la situación que vive el sector minero dentro de la distribución de recursos es similar a otras actividades de igual relevancia, y considerando que la actividad minera ha jugado un papel preponderante dentro del desarrollo del país, y seguirá haciéndolo en las próximas décadas, se debe hacer que esta actividad se transforme en una locomotora que integre y potencie el sector económico no sólo de la minería, sino de todas aquellas actividades suplementarias que giran en torno a tal actividad, generando una red de proveedores que satisfagan necesidades a nivel del país, del continente y por último, a nivel mundial.

Tabla 16. Gasto en Sectores Económico-Sociales de Chile (en %)

Sector	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Agrícola y Silvícola	11,3	11,7	11,4	11,4	11,2	11,2
Minería	13,4	11,1	11,8	11,7	11,8	13,0
Pesca	12,4	12,1	14,7	12,4	11,3	9,9
Manufactura	21,3	17,1	11,4	11,7	12,4	12,4
Transporte y Telecomunicaciones	2,2	2,4	2,4	1,2	0,6	1,2
Electricidad, Gas y Agua	1,0	1,0	0,6	0,5	0,3	1,0
Construcción	0,4	0,9	0,6	0,3	0,2	0,9
Promoción del Conocimiento	39,8	43,0	46,6	50,4	51,9	50,1
Defensa	0,8	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3
Total	100	100	100	100	100	100

Fuente: CONICYT, "Listado de Indicadores Científicos, año 2001", <http://www.conicyt.cl/bases/indicadores/2002/index2002.html>

Por otra parte, en los últimos años, la aplicación del gasto se ha realizado básicamente en ciencia básica (41%) y ciencia aplicada (41,5%), destinándose a desarrollo tecnológico solamente un 15,5%. No obstante, ello es característico de países en vías de desarrollo.

Ahora bien, es importante destacar que las políticas llevadas a cabo dentro del contexto científico y tecnológico definido a fines de la década pasada se enmarcan en el **“Programa de Innovación Tecnológica (PIT)”**¹⁷, el cual nace en 1992 cuando los Ministerios de Economía, CORFO y Educación (CONICYT) iniciaron el "Programa de Ciencia y Tecnología" con apoyo financiero del Banco Interamericano del Desarrollo (BID) durante el período de 1992-95. Este programa tuvo por misión principal impulsar el desarrollo de la innovación tecnológica en el sector productivo nacional, orientado a conformar un Sistema Nacional de Innovación, con una presencia significativa del sector privado y con un sector público modernizado.

Los fondos tecnológicos (FONTEC, FONDEF, FDI, FIA y FIM)¹⁸ y la Secretaría Ejecutiva del Programa constituyen los principales instrumentos con que cuenta el PIT para el logro de su misión.

2.5.2 Centros Científico-Tecnológicos

Otras entidades presentes en el sistema son los Centros Científico-Tecnológicos (CCT), que en su mayoría son organismos ligados a universidades, categoría que representa casi un 85% del total. Son instituciones que organizan y ejecutan en forma permanente actividades científico-tecnológicas¹⁹. La Tabla 17 muestra como se encuentran distribuidos los centros tecnológicos en el país según región.

Tabla 17. Distribución Geográfica de Centros Tecnológicos

Región	Total	%	Especialización Sectorial
I	6	3.8	Ciencias Básicas; ingenierías
II	10	6.3	Minería; acuicultura
III	1	0.6	Minería
IV	5	3.1	Ciencias básicas; pesca
V	14	8.8	Ingenierías; pesca
VI	0	-	-
VII	6	3.8	Fruticultura; forestal
VIII	19	11.9	Agropecuaria
IX	6	3.8	Ciencias básicas; ingenierías
X	20	12.5	Forestal; pesca; agropecuaria
XI	0	-	-
XII	2	1.3	Energía
R.M	71	44.4	Multisectorial
Total	160	100 %	

Fuente: Secretaría Ejecutiva del Programa de Innovación Tecnológica (PIT).

¹⁷Más detalles sobre la institucionalidad en el área de ciencia y tecnología, visitar la página web: www.conicyt.cl, o ver: Cochilco, 2000, "Diagnóstico sobre la Investigación e Innovación Tecnológica en Minería, documento interno.

¹⁸ Es importante considerar que algunos de estos programas ya están siendo utilizados en la Segunda Región para implementar las iniciativas que se desarrollan respecto al complejo productivo en torno a la minera, los que son descritos en el punto 5 de este informe.

¹⁹ Se entiende por actividades científico-tecnológicas al conjunto de acciones que implican investigación y desarrollo (I&D) científico-tecnológico, en conjunto con actividades de difusión (documentación, provisión de servicios tecnológicos, transferencia y otros), formación de recursos humanos (superior de post-grado, universitaria de pre-grado y técnica especializada) y de actividades de apoyo (recolección sistemática de datos científico-tecnológicos, metodología y otros).

La distribución a lo largo del país de los Centros Científico-Tecnológicos (CCT) reunidos en este directorio presenta al menos dos características relevantes:

En primer lugar, existe una altísima concentración de estos centros en determinadas regiones del país. Esto queda reflejado en la situación que viven sectores como es el caso de la Región Metropolitana, donde se ubica más del 44% de estos centros y por el otro extremo, aún más notable, es el caso de la X Región, en la que se encuentra el 12,5% del total de centros, particularmente concentrados en la ciudad de Valdivia. Es importante destacar además la situación que viven otras regiones como lo son la V y la VIII, las que concentran el 8.8% y el 11.9% de los centros respectivamente.

Ahora bien, si la situación la observamos desde otro punto de vista, existen algunas regiones de Chile donde hay una carencia de CCT, como es el caso de las Regiones III, VI y XI. Este fenómeno de concentración en determinadas zonas se vincula fuertemente con la presencia y el dinamismo de Universidades Regionales, que constituyen la base de los sistemas regionales de investigación, desarrollo y transferencia tecnológica.

El segundo hecho relevante que surge del análisis de los CCT por regiones es la escasa especialización de los centros en las actividades económicas propias de sus respectivas regiones. Si bien los CCT orientados a la minería son más frecuentes en el norte del país, y aquellos que se especializan en actividades forestales se localizan preferentemente en las regiones del centro-sur, estos énfasis no son muy marcados.

Para el mejoramiento de esta situación, el año 2000, CONICYT creó las bases para un Programa Nacional concursable de apoyo a las regiones que permitiera en conjunto con los Gobiernos Regionales, Universidades y empresarios de cada zona, la creación de Unidades de Desarrollo Científico y Tecnológico a lo largo del país. Este programa adjudicará fondos para el financiamiento de tres proyectos que involucran a cuatro regiones del país, en disciplinas relativas a la actividad desértica en la Primera Región, Biotecnología Vegetal en las Regiones Sexta y Séptima y Glaciología en la Décimosegunda.

Ello se ha traducido en la creación de un fondo concursable de carácter mixto, CONICYT y Gobiernos Regionales, para la creación de Unidades Regionales de Desarrollo Científico y Tecnológico, como un instrumento efectivo de apoyo, el que a mediano plazo debe transformarse en un canal regular para el crecimiento y desarrollo equilibrado, equitativo y sostenido de la investigación, la ciencia y la tecnología, el quehacer universitario y empresarial de cada región.

Los Proyectos tendrán un monto mínimo de mil millones de pesos, por cinco años de ejecución, de los cuales un 50%, como máximo, los aportará CONICYT con cargo al respectivo Fondo. Asimismo, los Gobiernos Regionales que patrocinen estos proyectos serán la institución contractualmente responsable de entregar los recursos de cofinanciamiento, ya sea con fondos propios o de terceros, debiendo financiar a lo menos el 50% del monto del proyecto.

Los “Centros Regionales de Investigación Científica y Tecnológica”, están destinados a promover la capacidad de investigación y formación de masa crítica en las regiones, estimulando el desarrollo de disciplinas o materias específicas con el fin de que se conviertan en referentes nacionales en el área temática de su competencia, se ha trabajado

estrechamente con la Subsecretaría de Desarrollo Regional en la implementación de iniciativas congruentes con las políticas de regionalización del Gobierno.

Específicamente, los Centros Tecnológicos dedicados al tema minero, como se señaló anteriormente, en su mayoría dependientes de universidades. La excepción la constituyen el Centro de Investigación Minera y Metalúrgica (CIMM) y el Instituto de Innovación en Minería y Metalurgia (IM2), ambos ubicados en la región metropolitana.

2.5.3 La Investigación e Innovación Tecnológica en Minería

A pesar de que Chile es el primer productor de cobre en el mundo, no se ha caracterizado por poseer una cantidad importante de entidades relacionadas a la investigación en temas mineros, ya que sólo dos centros de investigación se han especializado en todas las etapas que involucra la actividad minera (exploración, explotación, procesamiento de minerales, fundición, refinado, regulación ambiental, etc.). Sin embargo, la lixiviación en pilas puede ser un ejemplo de innovación en el contexto del cluster minero (ver Anexo III).

2.5.3.1 Centro de Investigación Minera y Metalúrgica, CIMM²⁰

El CIMM fue creado en 1970 como una corporación de derecho privado, con el aporte de las principales empresas y organismos del sector, contando además con la cooperación internacional para suplir las necesidades de laboratorios adecuados en materia minera a objeto de constituirse como un centro de investigación. A partir de 1988 dejó de recibir financiamiento estatal, por lo que debió autofinanciarse, por lo mismo, en 1993 redefinió su esquema, evolucionando del concepto de ser un “Centro” hacia la constitución de una “empresa tecnológica”, en el marco de una alianza entre el Estado y las empresas, capaz de brindar servicios para hacer frente al fuerte crecimiento que ha experimentado el sector, y desarrollar simultáneamente actividades de investigación e innovación tecnológica de interés estatal, con una visión de largo plazo.

Para ello formó una alianza estratégica con CODELCO, e impulsó el programa de investigación CIMM-CODELCO, el que aportó cerca del 60% de los recursos totales gastados en investigación en el Centro en los ‘90 (cerca de US\$ 43 millones). Paralelamente, en esa fecha se formó una gran capacidad de servicios tecnológicos minero metalúrgicos, ambientales, y de análisis químico y mineralógico, que satisfacen hoy más de la mitad de los servicios de dicha índole que requiere la minería chilena. Esta capacidad de servicios se cobijó en 1996 bajo una Sociedad Anónima, conocida como CIMM Tecnología y Servicios, o CIMM T&S, y forma parte del Holding CIMM.

En 1998, una vez aprendidas las formas más eficaces de hacer investigación aplicada, CODELCO formó un Instituto de Investigación propio, el IM2, retirándose de esta forma del CIMM, y llevándose consigo al equipo de investigadores que trabajaba en el Convenio CIMM-CODELCO.

Durante el año 2000 el CIMM realizó y/o articuló cerca de 15 proyectos de investigación en las diversas áreas que incluye la evaluación de riesgo de los metales en el ambiente. En el año 2001 se desarrollaron igual número de proyectos. El impacto de estos proyectos se puede medir a nivel nacional en la influencia sobre regulaciones nacionales (por ejemplo, aguas y desechos peligrosos).

²⁰ Más información en: www.cimm.cl

Al interior del CIMM, actualmente cerca de 20 profesionales trabajan unidos a diez investigadores provenientes de universidades nacionales, en las actividades de investigación del Centro. El nuevo marco estratégico del CIMM contempla re-centrar sus actividades en tres áreas fundamentales:

- Ser un centro de investigación de innovación científica y tecnológica líder en el ámbito de la creación de evidencia científica para la defensa de los mercados del cobre. En relación a esto, el Centro viene desarrollando actividades hace varios años, a través de su laboratorio de ecotoxicología que es el mejor a nivel continental en la materia.
- Desarrollar instrumentos con base científica que permita la creación de criterios y políticas medioambientales para la minería, desarrollando estudios que profundicen la relación entre minería y medio ambiente; y así fundamentar temas regulatorios ambientales o desarrollar tecnología ambiental para el sector minero.
- Convertir al Centro de Investigación Minera Metalúrgica, en el ente coordinador de los esfuerzos y animación de una red científica nacional para la minería.

Actualmente, el CIMM se encuentra desarrollando un Convenio suscrito entre la Subsecretaría de Minería de Chile y el CIMM denominado "**Desarrollo de un Programa Nacional de Educación, Investigación e Innovación en Minería y el Establecimiento de una Comunidad de Intereses para el Desarrollo de la Educación, Investigación e Innovación Minera y Metalúrgica**", que es una excelente oportunidad para innovar en materias de coordinación científica tecnológica entre Universidades, Organismos Estatales de investigación y Gobierno Sectorial.

Dicho Programa, en su fase de ejecución, tendrá como alcance colocar al país, en un plazo de 5 a 10 años, en una posición de preponderancia internacional en la educación, el conocimiento e innovación en minería y metalurgia, según le corresponde y de acuerdo a su realidad minera.

El logro de este objetivo supone la formación y consolidación de recursos humanos de alto nivel académico en diferentes disciplinas científicas, tecnológicas y gestión, relevantes para la minería, cuyo trabajo conjunto con la industria minera posibilite la generación de nuevas tecnologías.

Para su éxito, la estrategia deberá considerar la participación activa de al menos las diez principales universidades de Chile, en las cuales se realiza investigación aplicada y docencia relacionada con la minería y otras entidades relevantes del sector público y privado que sean determinantes para la investigación e innovación minera y metalúrgica nacional.

2.5.3.2 Investigación e Innovación Tecnológica en Codelco-Chile

La llegada al país de las más importantes empresas mineras del mundo, las cuales han traído modernas tecnologías, junto con la práctica del benchmarking de la gestión introducida por Codelco-Chile, ha motivado un fuerte incremento en las inversiones de desarrollo tecnológico y en los gastos de prospección minera de esta empresa, de acuerdo a la Tabla 18.

En el 2001, el gasto en investigación e innovación tecnológica de Codelco alcanzó a US\$15,5 millones (0,46% de los ingresos totales), lo que representa una disminución, respecto a los US\$21 millones (0,8% de los ingresos totales) del año 1998, y muy por debajo de los gastos en I&D realizados por Outokumpu o Noranda, que en el período 1998-2000, gastaron en promedio US\$32 millones (1,1 y 0,8% de los ingresos totales, respectivamente) (Pérez, 2002).

Tabla 18. Evolución de Inversiones de Codelco
(Millones de US\$)

Año	I&D
1980-1989	6.0
1990-1994	12.0
1995	18.5
1996-2000	20.0

Fuente: Katz y otros, 2000

Durante los últimos años, la empresa ha orientado e intensificado la investigación e innovación tecnológica hacia programas tecnológicos corporativos y en la búsqueda de conocimientos que sustenten la identificación y desarrollo de quiebres tecnológicos de alto impacto en el proceso productivo de cobre. Además, se trabajó en la creación de valor para la Corporación a través del desarrollo de negocios con base tecnológica.

Programas Tecnológicos Corporativos

Durante el año 2001, estos programas se focalizaron en la evaluación y validación de desarrollos tecnológicos, tanto a escala piloto como industrial en tres programas: minería subterránea, procesamiento de minerales y perfeccionamiento de la tecnología Teniente de fusión y conversión de concentrados, los cuales se desarrollan al alero del Instituto de Investigación e Innovación Tecnológica de Codelco, IM2.

- **Instituto de Innovación en Minería y Metalurgia de CODELCO (IM2)²¹**

En 1998, Codelco creó el Instituto de Innovación en Minería y Metalurgia (IM2), cuya misión se orienta a la prospección y desarrollo de innovaciones tecnológicas en el ámbito minero y metalúrgico, cuya aplicación contribuya al incremento del valor de la Corporación.

Su dotación de especialistas alcanza a los 24 profesionales de alta calificación, complementada con investigadores asociados en función de los requerimientos de los proyectos. Su presupuesto anual es del orden de los US\$ 4 millones.

Su labor está centrada en la formulación y ejecución de proyectos tecnológicos con visión de largo plazo, la que realiza de un modo flexible a través redes internas y externas para potenciar el uso de las capacidades científicas y técnicas. En esta dirección, destacan los siguientes Programas Tecnológicos, y que se desarrollan a su vez, en forma corporativa:

- ✓ **Minería Subterránea**
- ✓ **Convertidor Teniente (CT)**
- ✓ **Procesamiento en Minería**

²¹Más información en: <http://www.im2.cl/im2.html>

Alianzas Tecnológicas

Junto con fortalecer las capacidades internas en desarrollos tecnológicos, Codelco ha iniciado un agresivo plan de alianza con empresas y centros de investigación para llevar a cabo actividades de interés común, compartiendo costos, riesgos y beneficios.

1) **Alliance Copper Ltd.**, es una sociedad entre Codelco y BHP-Billiton, que tiene por propósito la búsqueda de oportunidades de negocios mineros metalúrgicos, a través del desarrollo y uso de la tecnología de biolixiviación de concentrados, lo cual permitirá explotar yacimientos con altos contenidos de arsénico, y será una alternativa para su procesamiento en fundiciones.

Actualmente, se encuentra en construcción de una planta prototipo comercial con una capacidad de producción de 20.000 ton/año, a partir de concentrados con altos contenidos de arsénico (1,8% a 4%), por una inversión de US\$60 millones. La puesta en marcha de la planta está proyectada para el segundo semestre de 2003.

2) **Programa en biominería.** Codelco posee cerca de 3 mil millones de recursos mineros de baja ley con contenidos significativos de calcopirita, que requieren de una tecnología competitiva para su explotación comercial. En ese contexto, Codelco firmó, junto con el Ministerio de Economía, CORFO y CONYCYT, un Convenio de Desarrollo en Biominería, que se integra en la Iniciativa Genoma Chile del Programa de Desarrollo e Innovación Tecnológica del Gobierno de Chile²².

El Programa en Biominería permitirá abocarse al mejoramiento de los procesos de lixiviación bacteriana de minerales y al desarrollo de nuevas tecnologías con soporte genómico y bioinformático en el ámbito de la biominería.

Para la ejecución de este programa, el Gobierno de Chile ha decidido convocar a la constitución de un consorcio de inversionistas en el que participen empresas mineras y tecnológicas que aporten recursos, capacidades y temas de investigación y desarrollo.

En este sentido, Codelco y Nipón Mining & Metals crearon la empresa Biosigma, con una inversión inicial de US\$5 millones, a través de un capital de riesgo de US\$2 millones aportado por el Gobierno de Chile, que se suman al aporte inicial de US\$3 millones hecho por los socios.

BioSigma ha identificado un conjunto de líneas de acción y su aplicación a la industria minera, relacionadas con la caracterización de los microorganismos; la generación de biomasa lixivante; el desarrollo de cepas lixiviantes, incluyendo la generación de cepas mejoradas por técnicas del DNA recombinante; y el uso de la proteómica, para entender y controlar la forma en que los microorganismos disuelven los minerales²³.

²²La Iniciativa Genoma Chile es un esfuerzo conjunto de CONICYT, los Ministerios de Economía, Agricultura y CORFO. Esta iniciativa se encuentra asociada al Programa de Desarrollo e Innovación Tecnológica del Gobierno de Chile, financiado en parte por un préstamo del BID, a través de tres de sus subprogramas: Tecnologías de Información, Biotecnología en las áreas Forestal, Agropecuaria y Acuícola, y Tecnologías Limpias. La **Iniciativa Genoma Chile** se creó con el propósito de incorporar al país, masiva y sistemáticamente, en el desarrollo mundial en genómica y bioinformática en áreas relevantes de la economía nacional. Esta iniciativa tiene dos componentes, el Programa Genoma en Recursos Naturales Renovables, y el Programa en Biominería.

²³Más detalles en: Revista Minería Chilena, N°254, Agosto 2002, "Biosigma convocó al primer concurso de ideas para investigación en biominería".

En Agosto 2002, terminó el primer llamado a concurso de ideas para investigación en biominería, donde BioSigma S.A. recibió 21 propuestas de investigación, provenientes de 14 grupos coordinados por investigadores chilenos y 7 por investigadores extranjeros, en los cuales participan científicos de Alemania, Argentina, Australia, Bélgica, Brasil, Canadá, Estados Unidos, Italia, y Japón.

Finalmente, Bisigma aprobó cuatro proyectos (tres Chilenos y 1 japonés) destinados a identificar, mejorar y secuenciar microorganismos que se utilizan en minería y metalurgia²⁴. Los biotecnólogos recibirán un total de 1 millón de dólares, una vez que se firmen los contratos que darán inicio a las investigaciones, las que se prolongarán por dos años.

3) Convenio Marco Outokumpu. En el año 2001, Codelco y Outokumpu firmaron un memorándum de entendimiento, en el que se reconoce la complejidad de las empresas y el potencial de cooperación para incrementar las oportunidades mutuas de negocios en los siguientes ámbitos: cooperación y desarrollo de innovaciones tecnológicas; y alianzas para explorar, desarrollar y explotar negocios en la industria de cobre en otros países.

Además, en años anteriores se materializaron dos convenios, uno con la firma Larox, sobre tecnología de filtración y otro con el Commonwealth Scientific & Industrial Research Organization, para aplicar en Codelco modernas tecnologías en procesamiento de minerales, desarrollados en este centro australiano²⁵.

2.6 Cometarios Preliminares

El Chile se está en proceso de formación de un Cluster Minero, pero necesita un mayor desarrollo, respecto a otros clusters de países mineros como Canadá y Australia. El origen de una aglomeración minera en Chile se ha favorecido por la existencia de concentración de grandes yacimientos, importantes flujos de inversión extranjera y la existencia de un marco legal estable.

En general, los vínculos entre empresas mineras y empresas proveedores son fuertes en el caso de grandes proveedores pero débiles en el caso de las pymes. Los encadenamientos hacia atrás se dan en insumos y servicios suministrados por el mercado nacional, principalmente importados. Mientras, los encadenamientos hacia delante muestran un menor desarrollo con una importante exportación de concentrados de cobre, y con una industria manufacturera que consume sólo 90.000 ton/año de cobre, y donde dos empresas de esta industria concentran el 85% de la producción.

Además, al Estado le compete un importante rol, que es fomentar la inversión en ciencia y tecnología y en educación, para mejorar los indicadores de C&T.

En resumen, la Tabla 19 muestra un cuadro comparativo que analiza estos mismos parámetros en diferentes cluster mineros a nivel mundial

²⁴ Las ideas aprobadas corresponden a los consorcios de investigación encabezados por los doctores Cecilia Demargasso, de la Universidad Católica del Norte; Pamela Chávez, de la Universidad de Antofagasta; Alejandro Maass, Servet Martínez y Ricardo Baeza-Yates, de la Universidad de Chile; y al consorcio de las universidades Okoyama, Osaka-Prefectura y Tohuko de Japón, cuyo equipo lo lideran los investigadores Tsuyoshi Sugio, Ysuhiko Konishi y Chichiro Inoue. Fuente: www.areaminera.com

²⁵Más información en: Tecnología en Codelco, http://www.codelco.cl/corporacion/tecnologia/fr_tecnologia.html

Tabla 19. Análisis Comparativos de Cluster Mineros

Item	Perú ²⁶	Chile ²⁷	Canadá	Bolivia ²⁸	Australia
Origen de la Aglomeración Minera	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación yacimientos • Organización Industrial • Unión a Mercados Externos 	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de grandes yacimientos • Gran cantidad de inversión extranjera en minería • Existencia de un marco legal estable 	<ul style="list-style-type: none"> • Gran cantidad de minas: más de 140 minas. • Gran número de plantas de tratamientos de minerales, fundiciones y refinerías • Existencia de marco legal estable • Tradición y cultura de cluster 	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de yacimientos de estaño • Demanda de las empresas mineras y metalúrgicas por electricidad, transporte y laboratorios 	<ul style="list-style-type: none"> • Abundancia de yacimientos • Ambiente propicio para la inversión en minería
Vínculo Empresas Mineras con Empresas Nacionales Proveedoras	<ul style="list-style-type: none"> • Escaso (Compras de insumos de baja tecnología) • Distante (compras hechas en otras ciudades de Perú) 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta (con grandes proveedores) • Baja²⁹ (con pequeños proveedores) 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta 	<ul style="list-style-type: none"> • Competencia y un grado de cooperación incipiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta
Aportes Empresas Mineras al Conglomerado	<ul style="list-style-type: none"> • Escaso (Sólo en educación) 	<ul style="list-style-type: none"> • Educación (baja) • C&T (baja) 	<ul style="list-style-type: none"> • Educación (alto) • C&T (alto) 	<ul style="list-style-type: none"> • Economía regional dinámica • Programas de capacitación de sus recursos humanos • Introduce cambios tecnológicos, expansión de servicios e infraestructura vial 	<ul style="list-style-type: none"> • Educación (alto) • C&T (alto)
Tecnología	<ul style="list-style-type: none"> • Propia: Baja tecnología • Extranjera: Baja-media y alta 	<ul style="list-style-type: none"> • Propia: Baja y media • Extranjera: Alta 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta³⁰, Media y baja 	<ul style="list-style-type: none"> • 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta, media y baja³¹
Rol del Estado	<ul style="list-style-type: none"> • Importante 	<ul style="list-style-type: none"> • Importante 	<ul style="list-style-type: none"> • Importante³² 	<ul style="list-style-type: none"> • Importante³³ 	<ul style="list-style-type: none"> • Importante³⁴
Especialización	<ul style="list-style-type: none"> • Explotación de recursos naturales como: cobre, oro o plata. • Proveedores de bienes y servicios (bajo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Explotación de recursos naturales • Red de proveedores de bienes y servicios (en desarrollo³⁵) 	<ul style="list-style-type: none"> • Explotación de minerales • Servicios de exploración 	<ul style="list-style-type: none"> • 	<ul style="list-style-type: none"> • Explotación de yacimientos • Desarrollo de softwares mineros³⁶
Encadenamiento Hacia Delante	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo³⁷ 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo³⁸ 			

²⁶ El caso peruano abarca las mineras de Yanacocha (mina de oro) al norte del Perú, y el complejo de cobre de Southern Perú Cooper Corporation (al sur de Perú).

²⁷ El caso de Chile involucra a todo el complejo minero de cobre anclado en la II región de Antofagasta, donde es posible encontrar minas como Chuquicamata, Radomiro Tomic, Escondida, El Abra, entre otras.

²⁸ La información corresponde al estudio del complejo minero de estaño en Oruro, uno de los 9 departamentos en los cuales se divide políticamente la república de Bolivia y de larga tradición minera (junto a Potosí)

²⁹ Para mejorar esta situación, los proveedores locales necesitan asistencia de corto (3 años) y largo plazo (6 años) por parte de las instituciones que prestan servicios al cluster como lo son CORFO, SENCE, SERCOTEC, AIA, entre otras. Sólo así podrá lograrse una "interdependencia" empresa-proveedores, que permita en el futuro, una eficiencia colectiva del grupo.

³⁰ El desarrollo de maquinaria de alta tecnología se debe en parte a la cercanía que tiene Canadá con USA lo que ha obligado a los productores canadienses a aprender de su competencia y así seguir sobreviviendo.

³¹ El sector minero cuenta con un 20% del gasto en I&D del total de la industria minera, ya que se considera la creación de conocimiento como esenciales para la creación de riqueza.

³² El gobierno canadiense entrega servicios de topografía y cartografía geológica. Además entrega apoyo a la comercialización internacional y servicios de enseñanza e investigación científica y técnica.

³³ El Estado ha tenido un importante rol en la formación de recursos humanos, ya que sostiene a la Universidad Técnica de Oruro, donde se forman ingenieros de minas, metalurgistas y geólogos.

³⁴ Es esencial para el conglomerado Australiano que el gobierno entregue el armazón institucional para la reforma política, el correcto clima de negocios y una cultura que aliente la innovación.

³⁵ La estrategia del gobierno de la II región tiene como objetivo la consolidación de un complejo productivo minero, industrial y de servicios, debido al débil fortalecimiento y desarrollo de proveedores en la zona.

³⁶ Entre el 60-70 % de los softwares mineros suministrados a nivel mundial provienen de Australia.

Encadenamiento Hacia Atrás	<ul style="list-style-type: none"> • Insumos y Servicios: Satisface el 78% de los requerimientos nacionales • Maquinaria: Satisface el 35% de los requerimientos internos 	<ul style="list-style-type: none"> • Insumos y Servicios: Mercado nacional³⁹ y exportación a mercados Latinos⁴⁰ • Maquinaria: principalmente de baja tecnología 	<ul style="list-style-type: none"> • Servicios: Avanzado en exploración, perforación y consultorías⁴¹. También son importantes el transporte y las comunicaciones • Maquinaria: presencia nacional e internacional en exploración, sondaje y perforación⁴² 		<ul style="list-style-type: none"> • Proveedores para la minería y procesamientos de minerales⁴³
Grado Avance Conglomerado	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo (distrito industrial⁴⁴) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto 		<ul style="list-style-type: none"> • Alto
Factores que Determinan su Desarrollo		<ul style="list-style-type: none"> • Existencia de organismos que enlazan y fortalecen los componentes⁴⁵ • Ambiente político y económico apto para nuevos proyectos 	<ul style="list-style-type: none"> • Yacimientos • Prensa especializada⁴⁶ • Infraestructura de transporte • Enseñanza y capacitación • Servicios financieros 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio tecnológico • Diversificación productiva 	
Desafíos	<ul style="list-style-type: none"> • Difusión de requerimientos de empresas extranjeras • Establecer programas de transferencias tecnológicas • Establecer empresas extranjeras y promover alianzas • Adecuar los productos a las necesidades de la demanda y conquistar su mercado 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología • Educación • Fortalecimiento de las Mipymes • Atracción de nuevos negocios • Aumento en la relación de los componentes del cluster 	<ul style="list-style-type: none"> • Producción de equipos usados en minería a cielo abierto • Aumento de equipos para procesamiento de minerales • Mejorar el ambiente de negocios • Nuevos fondos para I&D 	<ul style="list-style-type: none"> • Reasignación de recursos a la Universidad de Oruro • Mejoramiento de la infraestructura vial y eléctrica • Mejoramiento de los mercados locales⁴⁷ 	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivar la innovación • Mejorar la productividad • Incentivar la exploración • Promover la sustentabilidad • Reformas políticas para buen clima de negocios

Fuente: Elaboración propia, en base a este informe y artículos del libro "Aglomeraciones mineras y Desarrollo Local en América Latina", Rudolf M. Buitelaar (compilador), noviembre 2001, Cepal

³⁷ La mayor parte del cobre refinado se exporta, y sólo una pequeña proporción se destina a la elaboración de alambón y alambre, sulfato de cobre, entre otros productos.

³⁸ Del total de cobre producido en Chile, una pequeña parte manufactura (menos de 100.000 ton/año), la que se concentra principalmente en dos empresas: Madeco y Cocesa, que representan más del 85 % de la producción nacional.

³⁹ Para la II región, se estima que sólo un 8% del total de insumos y productos requeridos por las empresas mineras son fabricados por la industria local

⁴⁰ en el año 2001, los principales mercados de las exportaciones fueron Argentina, USA y Perú, abarcando un 75% del total exportado.

⁴¹ Personas especializadas en todas las ramas de la minería (exploración, producción, fundición y refinación), y además empresas se dedican a la construcción de minas y campamentos. Además, Los servicios financieros son esenciales en el surgimiento de esta aglomeración.

⁴² Los equipos de baja tecnología se producen hace mucho tiempo, así como los de mediana tecnología (equipos y maquinarias). Los de alta tecnología necesitan adaptarse bien a las condiciones de roca dura en Canadá, por lo que no tienen un gran desarrollo en el exterior. Sin embargo equipos de carga y transporte están teniendo un gran desarrollo en la actualidad, lo que induce a economías de escala.

⁴³ En Australia, la demanda de proveedores hace que empresarios foráneos se instalen allí, generando una competencia para la generación de nuevos productos y servicios (debido a la innovación que se produce al interior del conglomerado) que posteriormente compiten en el mercado global, como proveedores.

⁴⁴ En el caso peruano, los conglomerados mineros se encuentran alejado de la capital, pero muchas de las compras se realizan en ese lugar, por lo que se habla más bien de un distrito industrial que de un conglomerado.

⁴⁵ Destacan dentro de este punto instituciones como la AIA, la CDP, CORFO, SENCE, el GORE y el CORE, entre otros.

⁴⁶ Dentro de este contexto tenemos textos y periódicos relacionados al quehacer minero. Además, 61 asociaciones comerciales difunden el conocimiento y la información del sector minero.

⁴⁷ El mercado local, por su tamaño, no logra generar las economías de escala suficientes para invertir en proyectos de altos valor. Por esto, muchos servicios deben ser importados.

3 INICIATIVAS EN TORNO AL CLUSTER MINERO EN LA II REGIÓN

3.1 Estadísticas

La actividad minera representa cerca del 60% del PIB regional, seguida sólo por la construcción (7% del PIB) y el transporte y comunicación (6% del PIB). Se debe destacar además que la minería representa cerca del 85 % del total de exportaciones de la II región, llegando a un valor de US\$925.8 millones en el año 2001.

Sin embargo, esta proporción no se ha reflejado en la fuerza de trabajo de la zona, ya que del total de ocupados en la II región (156.050), sólo 20.430 están ocupados en actividades de minas y canteras, llevándose una mayor proporción los servicios comunales sociales personales (40.460 ocupados) y el comercio (27.930). Esto se explica porque el sector minero es intensivo en capital y no en mano de obra

Ahora bien, dado que es la minería la principal actividad económica de la región, se hará una descripción de los principales indicadores asociados a ella durante los últimos años⁴⁸. Como muestra la Tabla 20, la producción de algunos minerales metálicos a nivel de región se ha mantenido durante la última década, presentando incluso un aumento en aquellos minerales preciosos como el oro y la plata.

Se debe hacer mención que, además de cobre, oro y plata, la II región es un importante productor de minerales no metálicos como sulfato de sodio, carbonato de litio y nitratos, siendo éstos producido en un 100% por la región., como se muestra en la Tabla 21.

Tabla 20. Producción de Minería Metálica, 1992-2001

METALES	1992			2001		
	Nacional	II Región	% País	Nacional	II Región	% País
COBRE (Miles de T.M. de fino)	1.932,7	1.117,2	57,8	4.739,0	2.348,5	49,6
ORO (Kg. de fino)	34.472,7	5.375,1	16	42.672,6	14.469,8	33,9
PLATA (Kg. de fino)	1.024.822,7	289.718,8	28	1.348.666,8	539.416,0	39,9

Fuente: Estadísticas del cobre y otros minerales 1992-2001. Cochilco

Tabla 21. Participación Regional en la Producción Minera Metálica y No Metálica

	2000		2001	
	producción	%	producción	%
Cobre, TM de fino	2.304.511,0	50,1	2.348.452,0	49,6
Molibdeno, TM de fino	13.905,0	41,9	15.218,0	45,4
Oro, Kg. de fino	16.061,1	29,7	14.469,8	33,9
Plata, Kg. de fino	492.283,2	39,6	539.416,0	40,0
Carbonato de calcio, TM	883.543,0	16,4	962.614,0	16,1
Carbonato de litio, TM	35.869,0	100,0	31.320,0	100,0
Cuarzo, TM	157.264	27,3	118.928,0	22,1
Nitratos, TM	988.410,0	100,0	1.072.273,0	100,0
Sulfato de sodio, TM	56.501,0	100,0	67.760,0	100,0
Yodo, TM	6.169,0	58,9	6.169,0	54,3

Fuente: Cochilco

⁴⁸ Información adicional de la II Región en relación a temas económicos, sociales, población y medioambiente es posible encontrarla en www.ine.cl/regiones/f_regiones.htm

Actualmente, la II Región posee una capacidad instalada de plantas de beneficios de 317.600 ton/día para flotación y 618.100 ton/día para lixiviación, lo que representa un 37,9% y 74,5% del total país, respectivamente.

Por otra parte, en el año 2001, las exportaciones totales de la región de Antofagasta alcanzaron un total de US\$ 3.949,7 millones, alcanzando una participación de un 22,5%, ubicándose en el primer lugar.

Las exportaciones por sector productivo siguen el mismo patrón histórico: 91,1% son de origen minero (US\$ 3.599) y el resto es en gran medida de origen industrial. Con respecto al año 2000 tenemos que el total exportado disminuyó en un 12,9%, y esto se explica en gran medida a la disminución en los montos exportados de cobre, debido a su bajo precio internacional, siendo este uno de los más bajos de los últimos años⁴⁹.

De acuerdo a la estructura productiva de la segunda región los principales productos de exportación son los cátodos y concentrados de cobre, que reúnen el 83,6% del total exportado.

Por otro lado, respecto a las principales empresas exportadoras existentes en la región, destaca el caso de Codelco-Chile con 40,4% del total exportado, y Minera Escondida con 24,0% para el año 2001⁵⁰.

3.2 Inversión

La II Región concentra una cantidad importante de inversiones y se espera que esto se mantenga en los próximos años, lo que abre importantes oportunidades para quienes quieran invertir en esa Región. Así, las estimaciones para el período 2002-2005 alcanzan los US\$ 7.000 millones.⁵¹

Se debe recordar que durante el 2001, la II Región concentró capitales extranjeros por más de US\$ 818 millones, ubicándose en la segunda posición dentro de las regiones más atractivas para los inversionistas.

La situación anterior no es puntual, ya que la región de Antofagasta históricamente ha captado gran cantidad de las inversiones materializadas en el país. En el período 1974-2001 a través del DL-600, la inversión extranjera materializada en minería en la II Región alcanzó a casi el 40% del total de la inversión en el país.

Ahora bien, si consideramos la totalidad de capitales foráneos materializados en el país en igual período (entre los que se incluye el sector minero), se tiene que la minería ha alcanzado una participación de un 13,7 % a nivel país, equivalente aproximadamente a US\$ 6.660 millones.

Respecto a los insumos mineros requeridos por las empresas de la II Región, se estima que éstos alcanzan a un valor de US\$ 1.500 millones, de los cuales sólo entre un 8% ó 10 % es proporcionado y/o producido por la industria local. Esto abre un mercado de

⁴⁹ La gran concentración de envíos relacionados al sector minero, hace que esta región presente una gran susceptibilidad ante shocks externos, debido a la volatilidad del precio internacional del metal.

⁵⁰ Análisis Regional de la Exportaciones Chilenas, 2001. Elaborado por ProChile, Gerencia de Análisis Estratégico, Subdirección Internacional.

⁵¹ Ver Mercurio de Antofagasta. 14 de Noviembre del 2002

más de 1.000 millones de dólares anuales para los proveedores de la Región de Antofagasta⁵².

3.3 Caracterización de las Empresas de Bienes y Servicios

La Tabla 22 muestra la distribución en la II Región de las empresas exportadoras de bienes y servicios según su tamaño, donde la Región de Antofagasta concentra sólo un 0,79% de sus Pymes en fases de exportación, ubicándose en uno de los lugares más bajos a nivel país, y superando sólo a las regiones II y XI cuyas empresas (sector Pymes) exportan en una proporción menor de 0,51%, en ambos casos. Se debe destacar que la mayor concentración de PYMES exportadoras se encuentra en la Región Metropolitana (69,6 %), seguidas por la V, XII y I regiones, con participaciones de 5,4%, 4,6% y 4,0% respectivamente.

Tabla 22. Número de Empresas Exportadoras por Tamaño y Región. 1997

	MICRO	PEQUEÑA	MEDIANA	PYME	GRANDE	TOTAL
Total País	636	1.617	1.299	2.916	1.737	5.289
II de Antofagasta	3	13,0	10	23	18	44
% País	0,47	0,80	0,77	0,79	1,04	0,83

Fuente: CORFO

Ahora bien, la situación anterior en términos comparativos no cambia si se consideran las exportaciones en términos de ventas, tal como se muestra en la Tabla 23, donde del total de ventas Pymes, sólo un 0,76% de ellas se producen en la Región de Antofagasta, superando sólo a la Décima y a la Tercera Región. Un caso opuesto ocurre con la Región Metropolitana, con ventas de casi 500 millones de dólares en el sector Pymes, que representa el 63% del total exportado.

Tabla 23. Distribución Regional de las Exportaciones por Tamaño de Empresa, 1997

	MICRO	PEQUEÑA	MEDIANA	PYME	GRANDE	TOTAL
Total País	23.110	215.227	578.634	793.861	15.732.567	16.549.538
II de Antofagasta	118	865	5.140	6.005	451.768	457.891
% País	0,51	0,40	0,89	0,76	2,87	2,77

Fuente: CORFO

Por otra parte, el sector de minas, petróleo y canteras es gravitante en la Región de Antofagasta, representando más de 50 % de las exportaciones de la zona. De manera similar, otro sector relevante en la región, dentro de los ítems mostrado, es el de la pesca, que ocupa un lugar no despreciable que bordea el 40% del total.

Ahora bien, en términos comparativos se puede señalar que el sector de minas, petróleo y canteras es sólo importante para la I y XII Regiones, con una participación de un 0.04 % y 1.56 % respectivamente. Las otras regiones no tienen un porcentaje asociado a tal actividad. Sin embargo, si es necesario recalcar que el segundo sector señalado (la pesca) también tiene importancia en las regiones III, X, XI y XII con una participación de cerca de un 32,2 %, 24,2%, 38,1% y 28,6% respectivamente.

⁵²Actualmente, la SEREMI de Minería de la II Región está recopilando información para validar estas cifras.

Finalmente, un punto adicional que es necesario recalcar, tiene relación con el subsector manufactura de la II Región. El valor alcanzado llega a un 100% dentro de las exportaciones Pymes dentro del subsector denominado fabricación de productos metálicos, incluyendo maquinarias y equipos. Este mismo sector no es importante en otras regiones cercanas, ya que en estas últimas (I, y IV principalmente) hay otros subsectores de mayor importancia como es el subsector de productos alimenticios, bebidas y tabaco, que supera el 90% del total de exportaciones.

Respecto al tema de Ciencia y Tecnología, el Informe de Competitividad Regional – 2001 señala que el desempeño del factor Ciencia y Tecnología en la II Región ocupa el séptimo lugar, retrocediendo 2 puntos respecto al ranking del año 1999, donde la región alberga sólo el 4,5% de los centros tecnológicos del país y sólo un 2.2% de los investigadores. Asimismo, la aprobación de proyectos Fontec en la región durante 2001 representó el 2,76 % del total nacional. Por otra parte, un reciente estudio de la Universidad Católica del Norte indica que sólo el 10% de los empresarios de la zona realiza alguna innovación de producto o servicio y/o en el proceso productivo, distribución o gestión⁵³.

3.4 Estrategia de Desarrollo de un Cluster Minero en la II Región

La descripción del desarrollo del cluster que aquí se mostrará se enmarca dentro de la Estrategia Regional de Desarrollo aprobada para el período 2000-2006 por el Gobierno de la Región de Atacama, constituyéndose en el instrumento de planificación más relevante para el Gobierno Regional.

La Estrategia Regional de Desarrollo establece 5 Lineamientos Estratégicos, que señalan la prioridad del Gobierno Regional y entregan la pauta para la toma de decisiones públicas y privadas. Específicamente, el Lineamiento Estratégico N° 5 tiene como objetivo “Consolidar en la región de Antofagasta un complejo productivo minero industrial y de servicio”.

Con el Complejo Productivo se busca fortalecer una red de proveedores regionales de excelencia que se integren y contribuyan a la eficiencia del sector minero exportador chileno, creando un sistema regional de promoción y apoyo a empresas Pymes, proveedoras de la minería; y hacer de la II Región un centro de negocios mineros que se proyecte más allá de nuestras fronteras.

En este contexto, el plan del Gobierno Regional contempla el cumplimiento de 19 objetivos estratégicos, los que están dentro de los 10 ejes temáticos, los cuales apuntan a la creación de una red de empresas de bienes y servicios para la minería, un centro de negocios y de centros tecnológicos, mejoramiento de la educación técnico profesional, aumento del valor agregado, promoción de la demanda, promoción de eventos mineros, descentralización y, por último, fortalecimiento del desarrollo económico local.

Los diferentes programas en torno al complejo productivo, se están desarrollando a través del mecanismo “Programa Territorial Integrado (PTI)” liderado por CORFO, y el que a su vez se desarrolla bajo la supervisión y orientaciones estratégicas del Comité Ejecutivo del Consejo Regional del Complejo Productivo Minero Industrial y de Servicios.

⁵³Fuente: Fuente: Minería Chilena. Octubre del 2002

La visión estratégica del PTI⁵⁴ responde a la Estrategia de Desarrollo Regional para el período 2000-2006 en cuanto plantea que “la región dispondrá de una industria regional proveedora de bienes y servicios competitiva, sustentable y de calidad mundial, a partir del acervo de conocimientos y oportunidades que surgen del desarrollo de la industria minera”. Actualmente, el PTI comprende tres líneas de trabajo: fortalecimiento empresarial, atracción de inversiones e innovación tecnológica.

En resumen, la Figura 2 muestra las principales iniciativas para el desarrollo de un complejo productivo en torno a la minería en la II Región que están llevando los diferentes actores regionales (Gobierno Regional, Asociación de Industriales de Antofagasta, compañías mineras, entre otros)⁵⁵.

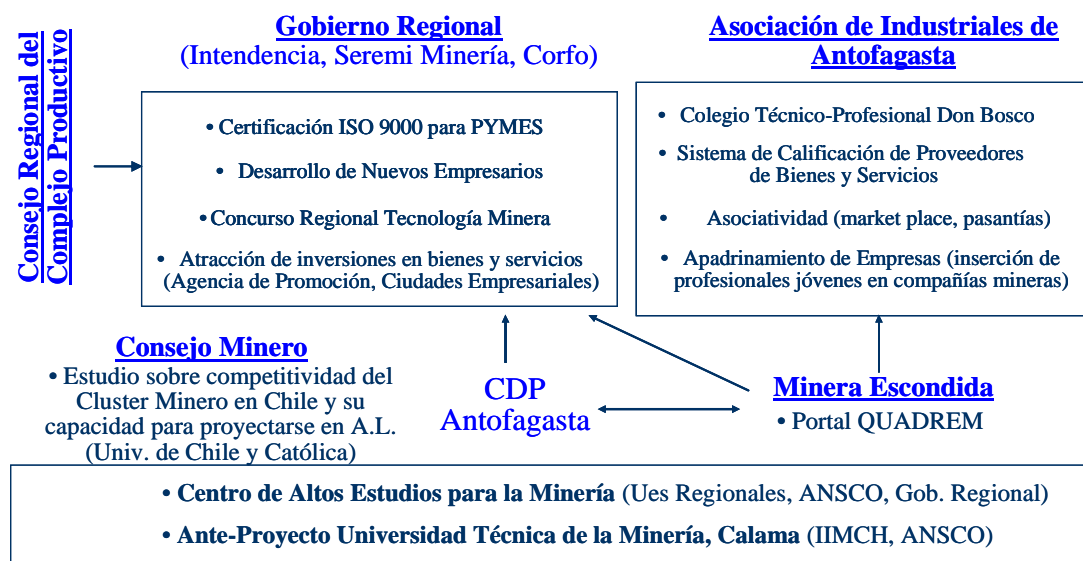


Figura 2. Iniciativas en torno al Complejo Productivo de la II Región

⁵⁴ Los PTI suponen la aplicación coordinada de los instrumentos de CORFO enfocados al mismo objetivo territorial definido, así como el apalancamiento de recursos empresariales y de otras instituciones.

⁵⁵ Fuente: Figura elaborada por el autor, en base a entrevistas con los actores regionales y utilización de publicaciones de prensa.

4. COMENTARIOS FINALES

4.1 Estado Actual del Cluster Minero Nacional

El origen de una aglomeración minera en Chile ha sido favorecido por la existencia de concentración de grandes yacimientos, importantes flujos de inversión extranjera y la existencia de un marco legal estable.

Respecto al diagnóstico actual del Cluster Minero a nivel nacional, los principales hallazgos de la evaluación de sus componentes centrales, sus encadenamientos existentes y su evolución desde el punto de vista tecnológico indican lo siguiente:

- Los encadenamientos productivos hacia atrás son poco profundos, ya que si bien las empresas mineras realizan importantes compras en insumos y servicios mineros, estos son principalmente importados.
- Los encadenamientos hacia delante están representados por las fundiciones de cobre, las cuales operan con modernas tecnologías, sin embargo, el país continua exportando más del 50% de su producción de concentrados de cobre, por lo tanto, el concepto de agregación de valor en la producción de cobre no se estaría cumpliendo, por diferentes razones que impiden la instalaciones de nuevas funciones en el país, donde una de las restricciones más relevantes sería principalmente el volumen de contratos de concentrados ya comprometidos en el mediano y largo plazo.
- Además, para cerrar la cadena de valor de la producción de cobre, están las empresas manufacturas de cobre, las que son reducidas en número y excesivamente concentradas. Particularmente, el 94% de sus exportaciones se generan en sólo 3 empresas (Madeco, Cocesa y Armat), las cuales tienen varias limitaciones para el desarrollo de esta industria (mayores aranceles de importación para sus productos, mercado interno reducido, mayores costos y fletes de embarque, entre otros).
- Respecto a los encadenamientos hacia los lados, la minería ha propiciado la formación de encadenamientos productivos con sectores relacionados, a través del desarrollo de otros sectores económicos de servicios complementarios a la minería, en la forma de vinculaciones laterales como sería el sector Energía, Agua y Gas, así también como con los sectores Comercio y Servicios Financieros.
- El análisis del tema educacional muestra una gama importante de carreras relacionadas con la actividad minera, sin embargo, no hay muchas iniciativas en torno al análisis del cluster minero, salvo los trabajos de IDEAR (Univ. Católica del norte), memorias de tesis (USACH), y la investigación para el Consejo Minero (U. de Chile y Católica).
- Por otra parte, el desarrollo de la Ciencia y Tecnología en Chile necesita un fuerte impulso que permita alcanzar los índices que muestran países mineros con un mayor desarrollo en C&T como lo son Canadá, USA o Australia.

En este sentido, Chile debe invertir más en C&T para lograr un mayor grado de innovación, característica esencial de un complejo productivo minero, que se traduce en

la adquisición de factores especializados que permitan diferenciarse frente a sus competidores externos.

Además, el cluster debe desarrollarse a través de una alianza pública-privada, entonces, es necesario generar políticas públicas que incentiven la participación del sector privado en una actividad tan importante para el país, que contribuya al aumento de la productividad y competencia de sus propias empresas.

Chile, siendo el principal productor de cobre y minerales no metálicos, no se ha caracterizado por poseer una gran cantidad de entidades relacionadas a la investigación en minería, que exporte tecnología hacia otros países mineros. Asimismo, la industria minera nacional se ha caracterizado por ser una gran usuaria de la tecnología creada en países mineros desarrollados.

4.2 Cluster Minero y Desarrollo Regional

Respecto a la II Región de Antofagasta, dado sus condiciones geológicas, climáticas y geográficas, se ha configurado un complejo productivo en torno a la actividad minera que se encuentra en desarrollo, y en torno al cual se están desarrollando múltiples iniciativas por parte de los actores regionales. Algunas características de este complejo productivo o cluster minero son:

- Una concentración apreciable de yacimientos mineros con reservas importantes
- Una gran cantidad de empresas de orden mundial que explotan estos yacimientos
- Un ambiente propicio para atraer nuevas inversiones a la región
- Un conjunto de empresas proveedoras de bienes y servicios que nutren a la gran empresa, ya sea importando o produciendo.
- Una Infraestructura acorde a los requerimientos de las empresas de la zona

En relación a los componentes de este complejo productivo, existen varios actores regionales que están participando de esta iniciativa. Entre ellos tenemos:

- a) El Estado de Chile a través de sus instituciones (GORE, CORFO, SEREMIS, otras.)
- b) Las empresas mineras de la Región (Codelco y Escondida, principalmente)
- c) Las Universidades Regionales (Católica del Norte y Antofagasta)
- d) La Asociación de Industriales de Antofagasta (AIA)
- e) Las Micro, Pequeña y Medianas empresas de la Región
- f) Otros organismos (Instituto de Ingeniero de Minas de Chile, La Corporación de Desarrollo Productivo de Antofagasta, etc.)

En este sentido, las actividades realizadas hasta la fecha, se enmarcan en lo siguiente:

- ✓ Fortalecimiento de las Pymes, creación de nuevas empresas y innovación tecnológica
- ✓ Estudios sobre encadenamientos productivos por parte de la Universidad Católica del Norte
- ✓ Avances en la creación de parques industriales.
- ✓ Creación de un Quadrem para que las Pymes accedan a mercados más amplios
- ✓ Propuestas a mejorar el nivel y tecnológico de la Región.

- ✓ Encuentros para debatir el tema y buscar estrategias comunes.

En Resumen, los avances han estado principalmente focalizados en ejes: Proveedores Regionales, Educación Técnica Profesional y Desarrollo Científico y Tecnológico. Otros temas, como Valor Agregado o Descentralización han tenido poco avances.

5. BILIOGRAFÍA

Álvarez, V., Aranda, P., y Pérez, V., 2000, “Diagnóstico sobre la Investigación e Innovación Tecnológica en Minería”, documento interno.

Aroca, P., 2001, “Impacts and Developments in Local Economies based on Mining: The Case of the Chilean II Region”, *Resouces Policy*, 27, p. 119-134

Beckel, J., 2001, “Una Innovación Tecnológica en la Minería Cuprífera en Chile”, Capítulo V, en *Aglomeraciones Mineras y Desarrollo Local en América Latina*, Rudolf M. Buitelaar (compilador), p. 107-137.

Buitelaar, R., 2002, “Reflexiones sobre Clusters y Marcos Regulatorios, pensando en el caso de la minería en el Norte de Chile”, en *53ª Convención Anual del Instituto de Ingenieros de Minas de Chile*, Calama, 6-9 de noviembre 2002, Calama, Chile

Cochilco, 2002, “Estadísticas del Cobre y Otros Minerales, 1992-2001”, Comisión Chilena del Cobre.

http://www.cochilco.cl/contenido/b-estadisticas/boletines_antteriores/Anuario1992-2001/home.htm

Hirschman, A., 1977, “A Generalizad Linkage Approach to Development with Special Referente to Staples”, in *Essays on Economic Development and Cultural Change in honor of Bert Hoselitz*, Vol. 25, supplement, University of Chicago Press, Chicago.

Katz, J., Cáceres, J., y Cárdenas, Kattia, 2000, “Instituciones y Tecnología en el Desarrollo Evolutivo de la Industria Minera Chilena”, División de Desarrollo Productivo y Empresarial de la CEPAL.

Pérez, V., 2002, “La Investigación e Innovación Tecnológica en la Minería del Cobre”, http://www.cochilco.cl/contenido/b-publicaciones/estudios/libre_acceso/Investigación%20y%20tecnologia.pdf

Ramos, J., 1998, “Una Estrategia de Desarrollo a partir de los Complejos Productivos en torno a los Recursos Naturales”, en *Revista de la CEPAL*, N°66 (LC/G.2049-P), Santiago de Chile.

Ramos, J., 1999, “Complejos Productivos en torno a los Recursos Naturales ¿Una Estrategia Prometedora?, en *Libro N° 61 de la CEPAL*, “Apertura y (des)encadenamientos – reflexiones en torno a los lácteos, Santiago de Chile.

ANEXOS

ANEXO I. Producción Nacional de Cobre por Empresas

EMPRESAS MINERAS	1991		2001	
	Miles TMF	%	Miles TMF	%
PUBLICAS	1.274,9	70%	1.686,9	36%
<i>Codelco-Chile</i>	<i>1.125,5</i>	<i>88%</i>	<i>1.592,3</i>	<i>94%</i>
<i>Enami</i>	<i>149,4</i>	<i>12%</i>	<i>94,6</i>	<i>6%</i>
PRIVADAS	539,4	30%	3.052,1	64%
<i>Mantos Blancos</i>	<i>78,5</i>	<i>15%</i>	<i>156,9</i>	<i>5%</i>
<i>Disputada</i>	<i>107,2</i>	<i>20%</i>	<i>251,6</i>	<i>8%</i>
<i>Escondida</i>	<i>298,4</i>	<i>55%</i>	<i>794,1</i>	<i>26%</i>
<i>Cía. Mra. El Indio</i>	<i>26,6</i>	<i>5%</i>	<i>11,4</i>	<i>0%</i>
<i>Michilla</i>	-	-	<i>49,6</i>	<i>2%</i>
<i>Candelaria</i>	-	-	<i>220,6</i>	<i>7%</i>
<i>Cerro Colorado</i>	-	-	<i>133,9</i>	<i>4%</i>
<i>Quebrada Blanca</i>	-	-	<i>74,6</i>	<i>2%</i>
<i>Zaldívar</i>	-	-	<i>140,4</i>	<i>5%</i>
<i>El Abra</i>	-	-	<i>217,6</i>	<i>7%</i>
<i>Collahuasi</i>	-	-	<i>452,7</i>	<i>15%</i>
<i>Lomas Baya</i>	-	-	<i>56,3</i>	<i>2%</i>
<i>Los Pelambres</i>	-	-	<i>373,8</i>	<i>12%</i>
<i>El Tesoro</i>	-	-	<i>43,0</i>	<i>1%</i>
<i>Otros</i>	<i>28,7</i>	<i>5%</i>	<i>75,6</i>	<i>2%</i>
TOTAL	1.814,3	100%	4.739,0	100%

Fuente: Comisión Chilena del Cobre, Anuario "Estadísticas del Cobre y Otros Minerales, 1992-2001".

ANEXO II. Notas de la Figura 1

- a. Insumos químicos usados en los procesos de lixiviación, extracción por solvente (SX), electroobtención, flotación, filtración, pirometalurgia y refinación, son los siguientes: diluyente para extracción por solvente de metales, aditivo regulador de grano guar, sulfato de cobalto, supresor de neblina ácida, cera microcristalina para cátodos, cianuro de sodio, zinc en polvo, bórax, carbón activado, carbón recarburante, colectores y espumantes, ladrillos refractarios, mangas y telas filtrantes, placas para filtros prensa, soda cáustica y sulfatos ferroso y férrico.
- b. Los repuestos son del siguiente tipo: para contenedores, tolvas, estanques, piezas transportadoras, brocas, pernos, bolas, barras de molienda, poleas, ganchos, válvulas, mangos de palas, chasis, revestimientos de tolvas de camiones, chutes, productos para el reciclaje de escombros y minerales, cepillos limpiadores de correas, poleas, tensores, coronas, escariadores, zapatas, carpetas impermeabilizadas, etc.
- c. En equipos y maquinarias para la minería se incluye: tolvas, vehículos y equipo de perforación, vehículos de carga y arrastre, elevadores, cintas transportadoras, cables para minas, perforadoras, cargadores, bulldozer, motoniveladoras, fresadoras, excavadoras, generadores, compresores de aire, soldadoras, chancadores, stackers telescópicos, motores, transmisiones y sistemas hidráulicos, instrumental geofísico, winches, grúas, molinos, tecnologías de aire comprimido, mangueras industriales, baldes para movimiento de tierra, cuchillos de corte, equipos y sistemas para las labores de procesamientos de minerales, plantas de trituración y harneado para el procesamiento de minerales, equipos para la compactación de suelos y asfaltos, atemperadoras, bombas de pulpas, equipos de dosificación automática, accesorios y maquinarias de limpieza industrial, maquinaria pesada, ventiladores industriales, instrumentos de medición, etc.
- d. En minería se utilizan servicios especializados de: geología, ingeniería, capacitación y gestión, instrumentación, automatización e información, certificación y control de calidad, obras civiles y montajes, movimientos de tierra, limpieza y desinfección, arriendo de maquinaria y equipos mineros, seguridad y prevención de riesgos, alimentación, auditorías sanitarias y ambientales, fragmentación de roca, transporte (carga y pasajeros), portuarios, etc.
- e. Las Fundaciones son instituciones sin fines de lucro destinadas a fortalecer las estructuras sociales de la comunidad, destinando recursos para educación, salud, preservación de los valores culturales y otras actividades sociales.
- f. De los productos de cobre y de aleaciones de cobre se obtienen dos grandes grupos de productos comerciales: los *de fundición* y los semielaborados denominados *semis*. Los productos de fundición son: planchones o placas rectangulares para laminación en caliente; tochos para elaborar barras y tubos; lingotes de aleación para la laminación en frío y en caliente de barras y alambres, barras de colada continua para estirado de alambres y lingotes de aleaciones madres.

A su vez, los productos semis son productos planos como planchas, chapas, placas, flejes; alambres; perfiles y tubos.

ANEXO III. La Innovación dentro del Cluster Minero: El Caso de la Lixiviación en Pilas por Capas Delgadas

Considerando la definición de cluster que señala que “las aglomeraciones o cluster son una masa crítica de empresas concentrada en una región geográfica determinada y con una capacidad endógena de innovación y mejoramiento de ventajas competitivas”, inmediatamente se debería pensar como se encuentra conectada la innovación tecnológica con la minería y el impacto que ésta tiene sobre los demás componentes del conglomerado. Los párrafos siguientes pretenden ligar tales conceptos (innovación y cluster), mostrando el proceso que ha tenido una de las innovaciones realizadas en nuestro país (Lixiviación en pilas) llevadas a cabo por una componente del cluster (la Sociedad minera Pudahuel), y el impacto que ésta tuvo sobre el resto del conglomerado.

Lo Aguirre, mina dependiente de la Sociedad Minera Pudahuel (SMP), era un yacimiento pequeño ubicado a 30 Km. Al oeste de Santiago, con características mineralógicas que no permitían su explotación durante la década de los 70 (tenía una distribución irregular de óxidos, sulfuros secundarios y mezclas de ambos). Sin embargo, después de que fuera patentada la lixiviación en pilas por capas delgadas en EE.UU. durante 1975, la firma norteamericana Holmes & Narver hizo algunas modificaciones, las que fueron patentadas por las SMP en los años 80 (Beckel, 2001).

Ahora bien, son varias las razones por las que la compañía utilizaría esta nueva tecnología:

- a) La lixiviación en pilas generaba más rendimiento y eficiencia que las tecnologías previas
- b) El proceso permitía tratar en forma simultánea tanto los óxido como los sulfuros, sin recurrir a tecnología por separadas que inducirían un mayor costo.
- c) Los procesos anteriores eran muy contaminantes lo que era peligroso para un yacimiento ubicado cerca de Santiago.
- d) Por último, los procesos previos no permitían obtener un producto con un alto valor agregado, obteniéndose sólo concentrado y cemento de cobre.

Todo lo anterior permitió la entrada en funcionamiento de la lixiviación en pilas por capas delgadas (TL; del inglés Thin Layer), lo que traería efectos no sólo en la explotación del yacimiento, sino también en otras componentes del cluster minero tales como:

Las empresas mineras: De las 12 plantas de lixiviación en pilas que entraron en funcionamiento durante 1991-1995, 7 recibieron algún tipo de asesoría o servicios tecnológico de SMP.

Empresas de servicios a la minería: Se crearon una serie de servicios de consultores, ingeniería especializada y servicios relacionados a la construcción y operación de plantas piloto. Estos servicios fueron dados en muchos casos por profesionales que formaron parte de la SMP, y que aprovechando el conocimiento obtenido, incluso participaron de cátedras en universidades para mostrar la nueva tecnología.

Educación: Dentro de este aspecto destaca la introducción que se hizo de la nueva tecnología en las mallas curriculares, gracias principalmente a la labor que hicieron investigadores que formaban parte de la SMP y además ejercían labores docentes en universidades nacionales como la Universidad de Chile y la Universidad de Atacama.

Investigación: Se elaboró un proyecto denominado “Desarrollo de procesos biológicos y su aplicación industrial en la lixiviación bacteriana del cobre de minerales chilenos”, el que fue dividido en dos fases, involucrando a universidades, instituciones tecnológicas y productivas del país. Como resultado de esto, Chile se colocó en una posición de liderazgo en temas relacionados a microorganismos y su utilización en hidrometalurgia extractiva. Esto trajo consigo, además, posicionar a un buen grupo de personas, estudiantes universitarios y técnicos a nivel internacional dentro del campo en estudio. Se sumó a esto, el mejoramiento de infraestructura física y experimental de las instituciones involucradas.

Otros: También la innovación de SMP impulsó otros sectores relacionados al área hidrometalúrgica como fue el desarrollo de apiladoras de mineral, máquinas para estanques, y por último, sistemas de riego y drenaje de pilas de lixiviación.

Pese a los resultados obtenidos por la SMP en lo ha a innovación se refiere, casos como éste no se han repetido durante estos últimos años, ya que las empresas mineras dirigen sus inversiones principalmente a la explotación de nuevos yacimientos, utilizando la tecnología existente para la explotación del mineral.

De lo anterior se puede concluir que la innovación es una capacidad endógena del conglomerado chileno, y tiene un efecto multiplicador en los otros actores del cluster, sin embargo, por el comportamiento mostrado por las empresas mineras instaladas en Chile, pareciera que los esfuerzos no se concentrarían en una búsqueda de un mayor desarrollo tecnológico, y de ser así, éste estaría encabezado por la empresa estatal Codelco, instituciones como las universidades o, centros tecnológicos dependientes del Estado.

Fuente: “Aglomeraciones mineras y Desarrollo Local en América Latina”, Rudolf M. Buitelaar (compilador), noviembre 2001, Cepal

Este artículo fue preparado por:

Armando Valenzuela Jara
Unidad de Asuntos Internacionales y Medioambiente (UAIMA)
Comisión Chilena del Cobre