

Enclaustramiento Tecnológico y de Negocio en la Pequeña y Mediana Minería Chilena.

C. Olmos¹

I. Perez²

C. Corvalan³

G. Uribe⁴

S. Carstens⁵

RESUMEN

Históricamente Chile se ha constituido como un líder mundial de la producción de cobre, como consecuencia de la explotación tanto de grandes operaciones mineras, así como de pequeños y medianos productores. La gran diferencia en los niveles de producción, ha generado la división práctica en los siguientes sectores: a) Gran Minería, b) Mediana Minería y c) Pequeña Minería. Este último sector ha operado con grandes dificultades, requiriendo apoyo estatal para subsistir. En el presente ensayo, se postula la existencia de un enclaustramiento tecnológico y de negocio en la pequeña minería, por efecto de un comportamiento paradigmático de toda la industria. Por ello las decisiones que guían esta industria se han tomado orientadas desde una perspectiva, que se asume cómo supuesto universal, en torno a la producción estándar de cátodos de cobre, que evita que los pequeños productores accedan a tecnologías y mercados distintos a los de la Gran Minería del Cobre. Este ensayo busca identificar los paradigmas imperantes, y propone promover mecanismos de vinculación y generación de redes entre los empresarios de los territorios mineros, y los diversos entes sociales y comerciales de nivel nacional e internacional. Esto a través de una visión propia del territorio local, mediante la cual se espera generar oportunidades de desarrollo acordes a cada contexto.

Claves: Enclaustramiento Tecnológico, Vinculación, Paradigma, Commodity, Pequeña Minería, ENAMI

ABSTRACT

Historically, Chile has become a copper production world leader as a consequence of the exploitation, both of large mining operations and small and medium producers. There are big differences in levels of production which have generated a practical division generating the following sectors: a) Big Mining, b) Medium Mining and c) Small Mining. This last sector has operated with many difficulties, requiring state support to survive. This essay postulates the existence of a technological and business lock-in at small mining, due to a paradigmatic behavior in the industry. For this reason, the decisions, which guide the industry, have been taken oriented by a perspective, supposedly universally accepted, in which the standard production has been copper cathodes. This prevents small producers from accessing technologies and markets different from the Copper Mining. The present essay tries therefore to identifies the prevailing paradigms, and proposes to promote mechanisms of linkage and the generation of networks between the entrepreneurs of the mining territories and the various social and commercial entities at the national and international levels. Considering their own vision of the local territory, it's expected to generate development opportunities according to their own context.

1) Escuela de Ingeniería, Universidad Viña del Mar - Avenida Agua Santa 7055, Sector Rodelillo, Viña del Mar, cesar.olmos@uvm.cl

2) Universidad Tecnológica Metropolitana, Dieciocho 161 - Santiago, Chile, ipperez@uc.cl

3) ONG Observatorio Minero de Chile, Calle en 4 Norte 721 depto. 42 B, Viña del Mar 4 Norte 721 depto. 42 B, Viña del Mar, ccorvalanrobert@gmail.com

4) Escuela de Ingeniería, Universidad Viña del Mar - Avenida Agua Santa 7055, Sector Rodelillo, Viña del Mar, guribe@uvm.cl

5) ONG Observatorio Minero de Chile, Calle en 4 Norte 721 depto. 42 B, Viña del Mar 4 Norte 721 depto. 42 B, Viña del Mar, scarsten@vtr.net

1. Introducción:

En Chile ha existido un importante desarrollo de la minería en torno a la producción de cobre, constituyéndose en un país líder mundial en la producción de este metal. Dicho desarrollo ha surgido por, una parte, de la explotación de grandes yacimientos a cargo de empresas extranjeras a principios del siglo XX y, por otro, de la explotación ancestral de yacimientos por pequeños productores locales, distribuidos en gran parte del territorio nacional, abarcando desde la región de Antofagasta hasta la región del Libertador Bernardo O'Higgins. La gran diferencia de niveles de producción entre las distintas empresas mineras, ha conformado la división semántica a) Gran Minería, b) Mediana Minería y c) Pequeña Minería. La primera está claramente diferenciada por su tamaño productivo.

La Pequeña y Mediana Minería históricamente ha participado junto al Estado en el desarrollo de territorios mineros, normalmente alejados de los principales centros poblados, razón por la cual a mediados del siglo XX se creó la Empresa Nacional de Minería, dándole por Ley la misión principal de fomentar la Pequeña y Mediana Minería, labor que ha cumplido cabalmente, al punto que numerosas empresas actuales de la Gran Minería han surgido producto de este fomento.

Sin embargo, la Pequeña Minería tiene hoy grandes dificultades para subsistir a pesar de las acciones de fomento del Estado, debido al parecer a un enclaustramiento tecnológico que impide a los productores mineros visualizar y desarrollar nuevas oportunidades de negocio entorno a su actividad. Cabe mencionar que la intervención estatal se justifica por la gran cantidad de personas que subsisten en los territorios colindantes a este sector productivo, que es del orden de 50.000 trabajadores y sus familias, constituyendo sobre el 20% de los trabajadores de la minería ⁽¹⁾.

En este contexto, es que el presente artículo intenta mostrar las posibles causas de las actuales dificultades que impiden el desarrollo de la pequeña y mediana minería y visualizar posibles soluciones a dicha situación, basando este análisis en la búsqueda de estrategias de desarrollo de mercados e innovación de negocios.

2. Antecedentes del estudio

2.1. Reseña histórica de la minería en Chile

Como parte de los estudios realizados, que pueden aportar a la demostración de la tesis, se ha considerado una revisión de aspectos históricos de la minería en Chile.

La minería ha estado desde siempre vinculada íntimamente a la vida económica chilena. Su importancia como rubro en ella determina su fisonomía y perfil desde la conquista española. En efecto, el afán de la búsqueda de metales preciosos fue lo que arrastró a Almagro a su aventura en nuestro territorio ⁽²⁾.

Hay quienes indican que la primera iniciativa institucional minera en Chile data de 1787 con la instalación del Real Tribunal de Minería, homólogo del cuerpo de Minería de España, cuyo fin fue reunir a los aristócratas dedicados a la minería y tomar medidas en su beneficio. Dependiente del tribunal, desde 1789 existió también la Junta de Mineros, motivada por el gobernador Ambrosio O'Higgins, instancia que buscó fomentar y desarrollar la actividad. La junta funcionó hasta 1818, al igual que el tribunal. Tras la independencia definitiva del país ambas instituciones se disolvieron. Ya desde entonces Chile fue un gran productor minero, siendo entre los siglos XVI, XVII y XVIII, el segundo productor de oro de las colonias americanas, después del Virreinato de Nueva Granada. Posteriormente, a fines de la colonia y ya en plena independencia, se explotaron masivamente la plata y el cobre, llegando en 1876 a producir el 62% del cobre del mundo; en este periodo y hasta 1880 predomina en la actividad minera los capitales nacionales ⁽²⁾.

Posteriormente y a partir de 1880, se inicia un nuevo capítulo en la historia de la minería chilena, tanto por la explotación del salitre, dada la anexión de Antofagasta y Tarapacá, que alcanzó a ocupar el 80% de las exportaciones nacionales, así como por la creación del Código de Minas que permitió el ingreso de los

grandes capitales extranjeros a la minería nacional. Esto último dio lugar a un explosivo aumento de la producción y las exportaciones de cobre chileno, lo que trajo dos consecuencias que serían constitutivas del sector minero nacional ⁽²⁾:

- a) Transformó la explotación minera del cobre en el llamado "sueldo de Chile"
- b) Instaló una brecha entre la Pequeña y Mediana Minería, y la Gran Minería.

2.1.1. Desarrollo de la Gran Minería

El hecho que Chile contara con las mayores reservas mundiales de cobre porfídico, motivó el interés de las grandes corporaciones internacionales por colocar aquí sus inversiones, surgiendo en 1904 la Braden Copper Company para explotar el mineral El Teniente, en 1912 la Chile Exploration Company para explotar Chuquicamata y en 1916 la Andes Copper Mining para explotar Potrerillos. Estos nuevos yacimientos cupríferos, fueron denominados "Gran Minería del Cobre", logrando que a fines de la década del veinte (1920) su producción representara el 93 por ciento de la producción cuprífera nacional, lo que a su vez constituía el 16,7 por ciento de la producción mundial ⁽³⁾.

Las enormes utilidades que estas empresas generaban, los mínimos impuestos que pagaban, la autonomía de que gozaban los norteamericanos en estos yacimientos, provocaron un profundo malestar en los sectores nacionalistas y socialistas del país, surgiendo un movimiento de rechazo que demandaría un aumento de impuestos y la nacionalización y estatización de los yacimientos, lo que se concretó en 1971 ⁽³⁾.

2.1.2. Desarrollo de la Pequeña y Mediana Minería y el rol de ENAMI y SONAMI

Un grupo de mineros y de empresarios de lo que hoy es la Región de Atacama se unieron para crear en 1848 una comisión representativa del gremio minero, los que a poco andar generaron una fructífera coordinación entre los mundos público y privado, recreando en la práctica la antigua Junta de Minería de la época colonial. En ese mismo año se creó la Escuela de Minería en Copiapó, con lo que se dio un fuerte impulso a la explotación minera nacional ⁽⁴⁾.

1888 se instauró el Código de Minas que, como ya se dijo en el capítulo anterior, permitió el ingreso de los grandes capitales extranjeros. Por esos años se creó también en Santiago, la Sociedad Nacional de Minería (SONAMI fecha de fundación 1883⁽⁵⁾), que agrupa hasta hoy a los pequeños y medianos mineros ⁽⁴⁾.

En 1927, se creó la Caja de Crédito Minero (CACREMI), impulsada por SONAMI, que tuvo poder para crear plantas de tratamiento de minerales de baja ley, para comprar y vender minerales por su propia cuenta, de modo que los mineros de la Sociedad no se vieran perjudicados por los intermediarios que por esos años comerciaban los productos mineros con las grandes compañías internacionales ⁽⁴⁾.

En 1930 la industria minera se derrumbó y el cobre llegó a su cotización más baja hasta ese momento. Estos problemas, más una situación de pobreza generalizada en el país repercutieron gravemente en la CACREMI, lo que motivó la ayuda directa del Estado a los pequeños y medianos mineros, otorgándoles la exclusividad en la compra y beneficio del oro en estado nativo o en proceso, así como otorgó subsidios a sociedades y personas naturales dedicadas a la explotación de la plata, cobre y manganeso ⁽⁴⁾.

En Marzo 1953, se crea el Ministerio de Minas y la Empresa Nacional de Fundiciones (ENAF) y se termina de construir la Fundición Nacional Paipote. Esta inversión nacional y estatal, tuvo por objetivo contar con la capacidad de fusión que el país necesitaba para beneficiar los minerales de fundición directa, concentrados y precipitados de cobre. Esa misma institución, proyectó luego la construcción de la Fundición y Refinería Ventanas que inició sus operaciones en 1964 ⁽⁴⁾.

El 5 de abril de 1960, se crea la Empresa Nacional de Minería, ENAMI, mediante la fusión de la Caja de Crédito y Fomento Minero, CACREMI, con su filial, la Empresa Nacional de Fundiciones, ENAF, alcanzando vida legal a través del DFL N°153 del mismo año ⁽⁴⁾.

2.2. Importancia y perspectiva de la PyMM en la economía nacional y su aporte al PIB

Otro aspecto importante es la comprensión de la importancia de la minería en Chile, por ejemplo a través del aporte al PIB.

Según los datos aportados por el Banco Central la contribución de la minería al PIB en 2006 fue de 20,6%, sin embargo, ha experimentado una brusca disminución llegando a un 11,1% con un monto de 15.283.893 millones de pesos durante el 2013 ⁽⁶⁾

Así mismo, el Consejo Minero dice que la contribución de la minería al empleo el 2014 fue de un 10,7%, esto significa que a diciembre de 2014 se encontraban 241.580 personas empleadas de manera directa en minería y 616.000 personas de manera indirecta. Cifras que son relevantes, aun cuando éstas representan una disminución respecto de años anteriores ⁽⁷⁾.

Ambos datos nos dan un orden de magnitud de la importancia de la minería en Chile, es decir, estamos hablando de un país que tiene el 30% de las reservas conocidas de Cobre del mundo, sin contar otros minerales de importancia como el Litio y que en la actualidad la explotación de estos minerales, contribuye con cifras ligeramente superiores al 10% a la producción económica y al empleo del país.

La tabla 1, muestra una relación de producciones y aportes al PIB y al empleo de los distintos subsectores de la minería en Chile. Muestra evidentemente la gran brecha productiva entre la “Gran Minería” y la “Pequeña y Mediana Minería”, sin embargo, también se observa una gran brecha en la productividad, entendiendo ésta por el cociente entre empleo y producción, donde se observa que la gran minería es del orden de 10 veces más productiva que la PyMM, mientras que no se ve una gran diferencia entre la pequeña y la mediana minería. También se puede decir en contraposición, que la Pequeña y Mediana Minería aporta 10 veces más a la distribución de la riqueza al interior de la sociedad chilena, dado el mismo concepto de aporte al empleo. Aquí se puede abrir una discusión entre quienes propendan a la maximización de la productividad y quienes propendan a la adecuada distribución de la riqueza y el aporte a la sociedad en su conjunto. En específico, existen varios estudios que demuestran los efectos multiplicadores de la pequeña y mediana empresa en el empleo y en la producción regional ⁽⁸⁾. La tesis en estudio no estará ajena a esta discusión.

Tabla 1.- Aportes de la Gran Minería y la PyMM a la producción, al empleo y al PIB nacional.

	Pequeña	Mediana	Gran	Totales
Producción por segmentos	1,6%	5,6%	92,8%	100%
Contribución al PIB	0,18%	0,62%	10,3%	11,1%
Monto (\$mM)	244542	855898	14183453	15283893
Empleo por segmentos	10%	30%	60%	100%
Contribución al empleo país	1,07%	3,21%	6,42%	10,7%
Numero (personas)	80000	240000	480000	800000
Relación empleo/producción	0,327	0,28	0,033	

Elaboración propia en base a información de Cochilco ⁽¹⁾ y del Banco Central

Por otra parte, es necesario considerar las realidades y necesidades propias de cada subsector, las cuales difieren de la gran minería desde su perspectiva histórica ya analizada. La pequeña minería, si bien realiza un escaso aporte a la producción total de cobre, oro y plata, en términos de empleo su contribución es mucho mayor. Asimismo, la pequeña minería es una fuente importante de emprendimientos y de desarrollo económico, unido a la factibilidad que estas empresas alcancen un mayor nivel de desarrollo y puedan convertirse posteriormente en empresas de la mediana minería.

2.3. Procesos tecnológicos y de negocio del cobre.

La tecnología imperante conlleva una serie de procesos productivos que se repiten en cada gran productor, incluido ENAMI, que obliga a los pequeños productores a repetirlo para lograr que éstos acepten la compra de sus minerales o sus productos metalúrgicos intermedios, de modo que puedan ser incorporados a sus cadenas productivas, sin mayores modificaciones. Así para comprender mejor la tesis del enclaustramiento tecnológico, es necesario conocer cuál es esta cadena productiva, la que se describe a continuación:

Como ya dijimos, podemos entender el proceso para extraer cobre desde los minerales, como una serie de encadenamientos productivos y de negocio cuya finalidad es extraer el metal separándolo de la ganga e impurezas en cada uno de los eslabones, hasta producir un producto de calidad estándar denominado cátodo de cobre, que puede ser comercializado en cualquier parte del mundo, esto es: el cobre constituye un commodity.

La cadena de procesos es diferente de acuerdo a las características mineralógicas. El cobre se encuentra en la naturaleza principalmente en forma de compuestos oxidados (asociado a oxígeno) o sulfurados (asociados a azufre), lo que conlleva a diferenciar al menos 2 líneas generales de tratamiento para obtenerlo en forma metálica, como se muestra en la figura 1.



Figura 1.- Esquema diferenciado de procesos según origen mineralógico

La línea para Óxidos de cobre, y la línea para Sulfuros de cobre. En ambos casos, el producto final de la cadena de valor es un cátodo de cobre de alta pureza producido electroquímicamente, que se comercializa como un commodity, como ya se indicó.

El grupo de procesos para el caso de la línea de óxidos, normalmente está asociado a minas a rajo abierto debido a que éstas explotan el mineral que está en la superficie y, por ende, en mayor contacto con oxígeno del aire y con mayor probabilidad de encontrarse oxidado; mientras que en el caso de la línea de sulfuros está asociado a minas de tipo subterránea con minerales a gran profundidad y sin contacto con oxígeno, lo que favorece la asociación con azufre.

Estas cadenas se integran en grandes grupos de proceso y de negocio como sigue:

2.3.1. Integración Mina- Planta de la Línea de Óxidos de cobre

La figura 2, muestra la relación entre los procesos de la línea de óxidos. En este caso, los procesos Planta están totalmente integrados a los de Mina, incluso hasta el producto final que son cátodos de cobre, pues habitualmente todas sus operaciones se encuentran contiguas en un mismo sector geográfico, abordados en un mismo proyecto de inversión y, normalmente, no hay un mercado para sus productos intermedios.

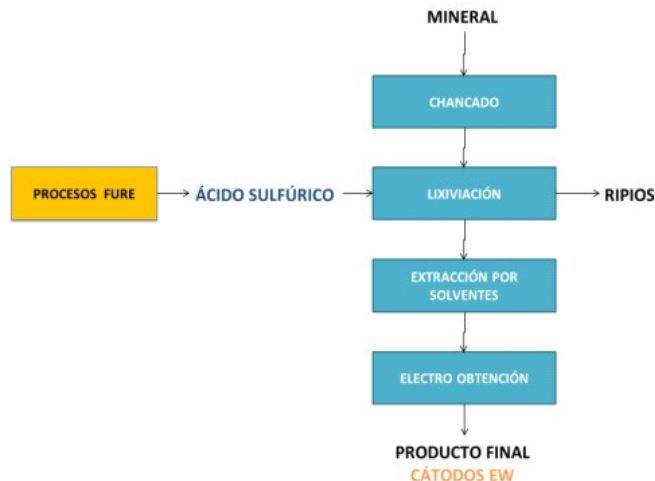


Figura 2.- Esquema de procesos para los óxidos de cobre

2.3.2. Integración Mina- Planta de la Línea de Sulfuros de cobre

En el caso de los sulfuros, el concepto Planta está integrado a la mina, pero termina en la etapa de concentración por flotación y está separado de los procesos posteriores; su producto final es concentrado de cobre y en algunos casos incluye concentrado de molibdeno. Estos son productos intermedios para la cadena global del cobre y molibdeno, pero tienen un mercado a nivel mundial, cuyos clientes son fundiciones y refinerías electrolíticas en el caso del cobre y hornos de tostación en el caso del molibdeno. Este hecho conlleva a definir como grupos integrados los procesos de esta etapa.

Los procesos posteriores de la línea de sulfuros, que son para el caso del cobre la fundición de concentrados y la refinación electrolítica, constituyen una segunda integración de procesos tecnológicos y de negocios, denominada en el lenguaje chileno como procesos FU-RE.

Estas líneas de procesos son aplicadas tanto a nivel de Gran Minería, como de Pequeña y Mediana Minería, sin embargo, el nivel de inversiones requerido para implementar este proceso productivo, impide que pequeños mineros puedan implementarlo. Se estima por los autores que para el caso de minerales oxidados, productores con un nivel de producción mayor a 8.000 ton/año de cobre fino, pueden financiar un proceso de este tipo, tal es el caso por ejemplo de Compañía Minera Pampa Camarones que inició sus operaciones en Arica en 2014, mientras que para los minerales sulfurados, los empresarios de la mediana minería, sólo acceden a instalar plantas para la producción de concentrados para ser vendidos a ENAMI.

2.3.3. Integración de Procesos FU-RE de la Línea de Sulfuros de Cobre

El grupo de procesos FU-RE tiene por objetivo principal la eliminación del azufre y gran parte de las impurezas que acompañan al cobre en los concentrados, mayoritariamente hierro (Fe) y azufre (S). Dado que estos componentes (Fe y S) tienen características combustibles, constituyen un importante aporte de energía, por lo que existen procesos autógenos que aprovechan sus reacciones exotérmicas de oxidación con oxígeno para fundir el concentrado fresco, principalmente en la primera etapa de fusión y conversión. La etapa de refinación se realiza por un proceso electroquímico generando un producto de cobre de alta pureza, denominado cátodo de cobre ER.

Las principales etapas de los procesos FURE son:

- **Fusión conversión**
- **Refinación a fuego**

- Tratamiento de gases
- Tratamiento de escorias

En la etapa de refinación, los procesos principales son los siguientes:

- Refinación electrolítica
- Tratamiento y descarte de electrolito
- Tratamiento de barras anódicas

La figura 3, muestra la relación de procesos para la línea de sulfuros de cobre, distinguiendo aquí sus productos, subproductos y residuos principales y, por ende, las integraciones Mina-Planta y FURE. Los procesos productivos para la obtención de cobre metálico, indicados anteriormente, son predominantes en esta industria en Chile, tanto para el sector de la Gran Minería, como para la Pequeña y Mediana Minería. En el primer caso, sólo la estatal Codelco cuenta con fundiciones y refinarias que le permite exportar cátodos de cobre proveniente de minerales sulfurados.

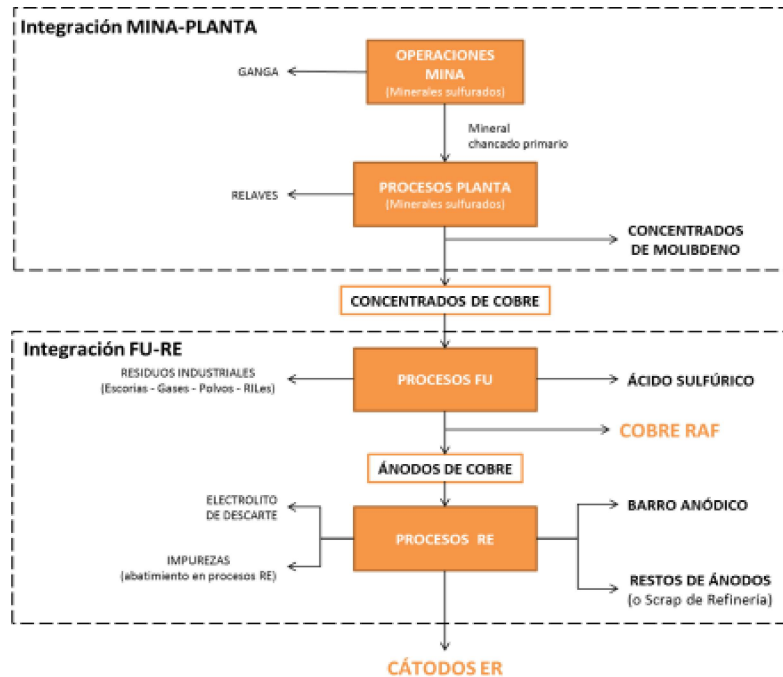


Figura 3.- Esquema de procesos para la sulfuros de cobre

2.3.4. Rol de ENAMI en la Pequeña y Mediana Minería y en su enclaustramiento tecnológico

La Ley Orgánica que dio vida a esta empresa versa el objetivo fundamental:

“La Empresa tendrá por objeto fomentar la explotación y beneficio de toda clase de minerales existentes en el país, producirlos, concentrarlos, fundirlos, refinarlos e industrializarlos, comerciar con ellos o con artículos o mercaderías destinados a la industria minera, como igualmente, realizar y desarrollar actividades relacionadas con la minería y prestar servicios en favor de dicha industria”⁽⁹⁾.

En cumplimiento de este mandato, ENAMI compra todo lo que el minero vende, imponiendo sólo condiciones técnicas y económicas mínimas suficientes para dar sustentabilidad a sus propias operaciones,

las cuales están definidas según los procesos productivos ya descritos.

Es decir, ENAMI tiene la obligación de comprar a cualquier productor nacional, los minerales y productos intermedio de estos procesos, en las condiciones de calidad que permita ingresarlos en cualquiera de los eslabones de la cadena de valor. Así se puede conceptualizar una línea de procesos virtual de cada productor, truncada en algún eslabón, que genera productos intermedios que ingresan en la etapa siguiente, pero en la cadena productiva de ENAMI. Este concepto se grafica en las figuras 4 y 5.

En el caso de la figura 4, que muestra la línea de procesos para minerales oxidados, el productor minero entrega a ENAMI minerales a chancado primario o secundario, o bien entrega cátodos finales para que ENAMI los comercialice en el mercado mundial. Dado que esta línea de procesos constituye una integración completa desde la mina hasta el producto final cátodos, ésta no cuenta con productos intermedios, por lo que los pequeños mineros sólo tienen la opción de entregar minerales, mientras que productores de nivel mediano, deben necesariamente invertir en el proceso productivo completo hasta la producción de cátodos finales. En este caso ENAMI facilita su capacidad de comercialización a nivel mundial para colocar la producción de estos productores.

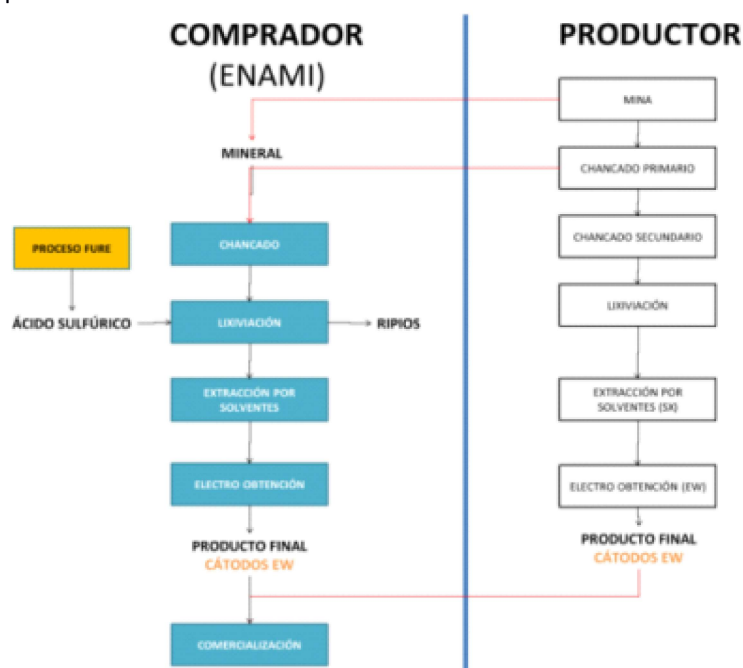


Figura 4.- Esquema de procesos para óxidos de cobre

La figura 5, muestra la línea de procesos para minerales sulfurados. Aquí se ve que un productor minero puede entregar minerales de chancado primario o secundarios, así como también concentrados de cobre obtenidos por flotación. En general, la pequeña y mediana minería tiene la capacidad constituir la integración Mina Planta para este tipo de minerales. La posibilidad de ingresar ánodos a refinación electrolítica se dio en los orígenes de ENAMI cuando ánodos producidos en la fundición de Chagres fueron tratados en la Refinería de Ventanas, sin embargo, hoy esa instalación fue vendida a Codelco, por lo que este intercambio comercial se realiza con esa empresa estatal.

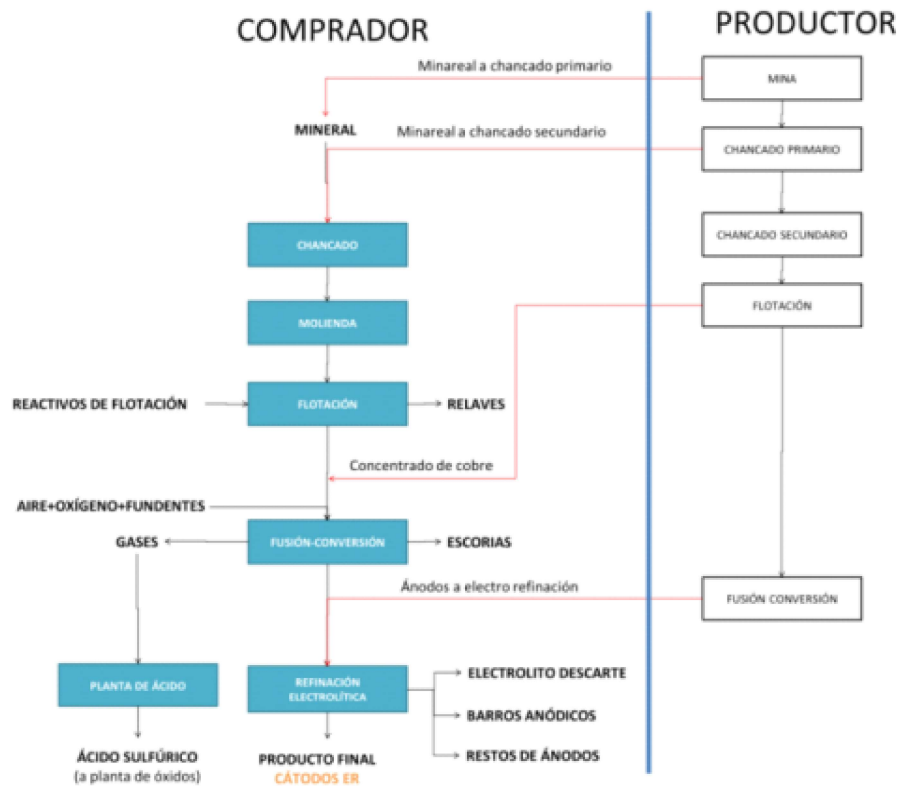


Figura 5.- Esquema de procesos para sulfuros de cobre

Podemos decir que la forma de fomento instaurada por ENAMI, consiste en impulsar un modelo productivo que permite el ingreso de productos intermedios producidos por otros productores de la pequeña y mediana minería. Este modelo de negocio genera la necesidad de que estos productores repliquen dicho proceso, transformándolo en un modelo paradigmático que debe ser aceptado si se desea acceder a este mercado.

3. Propuesta Teórica

A nivel conceptual se puede observar el conjunto de faenas mineras como negocios que actualmente se encuentran en una situación de “lock-in tecnológico” ⁽¹⁰⁾ o “enclaustramiento tecnológico”, un concepto que describe la situación de estar cautivo y comprometido a (o en) una cierta tecnología. El caso de la pequeña y mediana minería, representa una situación que le es desfavorable debido a que el estándar tecnológico actual ha sido diseñado en base a los requerimientos de la gran minería, es decir, no considera un diseño para pequeñas faenas. Lo anterior presupone la dominancia de un modelo tecnológico.

Un lock-in tecnológico en este caso específico, se refiere a que las pequeñas organizaciones que extraen el mineral de cobre se encuentran aprisionadas en un determinado paradigma tecnológico, ya que los conocimientos, las tecnologías y el equipamiento alternativo no se desarrolla debido a que las empresas de la gran minería han escogido su estándar maximizando su eficiencia en base a economías de escala para satisfacer los estándares comerciales del mercado del commodity del cobre, condiciones que no son necesariamente reproducibles a pequeña o mediana escala. Con ello la pequeña y mediana minería (PyMM) se mantiene en una condición de producción de baja producción y baja eficiencia y no se desarrollan mercados para tecnologías o productos diferentes por efecto de este enclaustramiento.

La presencia de un lock-in, es explicada por diversos autores de distinta forma: Perkins ⁽¹¹⁾, desarrolla los requisitos para que ocurra el lock-in en el contexto de dos perspectivas históricas: la primera adjudica las

causas a los marcos de referencia de los actores, explicando este fenómeno sobre la base de la consolidación de paradigmas, que consisten en destrezas y habilidades adquiridas compartidas, hábitos y creencias sobre el desarrollo tecnológico y sus perspectivas futuras. Una segunda explicación atribuye el lock in a la existencia de mecanismos de retro-acción positiva, en específico, retornos crecientes a escala, que pueden provenir de cuatro posibles fuentes, economías de aprendizaje (los costos se reducen debido a la mejora en el desempeño de individuos u organizaciones producto de una mayor experiencia) , economías de escala (los costos unitarios se reducen en función del nivel de producción), expectativas adaptativas (la incertidumbre respecto al desempeño, confiabilidad y durabilidad, se reduce en la medida que la tecnología se hace conocida) y externalidades de red ⁽¹²⁾, esta última es la más comúnmente asociada con el lock in tecnológico, y ocurre cuando el beneficio de un usuario por el uso de la tecnología se incrementa en la medida que más usuarios adoptan la tecnología.

A la posible presencia de un lock-in tecnológico, se podría sumar un lock-in de mercado, esto en relación al hecho que, en general, todos los procesos de la industria, de negocios y tecnológicos, están orientados a la venta del cobre en su forma de commodity, como cátodo de cobre, en las bolsas internacionales, una descripción de la industria del cobre y el rol que juega la minería chilena en el contexto mundial, puede ser encontrada en Meller ⁽¹³⁾.

Si bien el fenómeno mencionado afecta a toda la industria, nos interesa el impacto negativo sobre las pequeñas y medianas faenas mineras, por lo que el análisis se circunscribe a estos sectores, tomando en consideración el contexto institucional que las envuelve.

El siguiente análisis muestra el rol de la institucionalidad que impera sobre la pequeña y mediana minería:

3.1. Rol de la institucionalidad en el look-in tecnológico

En Chile, la Empresa Nacional de Minería se ha constituido como una institución cuya misión es fomentar el desarrollo de la Pequeña y Mediana Minería, formando en conjunto con la legislación impuesta por el Estado, piezas fundamentales de la institucionalidad minera en Chile.

Nuestra tesis es que, precisamente, es esta institucionalidad el principal obstáculo para el desarrollo de la pequeña y mediana minería, ya que ésta se encuentra constituida sobre la base de creencias paradigmáticas que demostraremos que no son exactas o correctas y cuya consecuencia es el enquistamiento del enclaustramiento tecnológico mencionado. Las creencias imperantes son:

- a) La pequeña y mediana minería se beneficia del acceso a la tecnología dominante, siendo ésta la única tecnología eficiente para la producción de cátodos de cobre.
- b) La producción de cátodos de cobre de acuerdo al registro de marca de los mercados mundiales, es el producto que debe ser producido como estándar por la industria para una mayor eficiencia productiva.
- c) Existen economías de escala significativas en varios procesos de la producción de cátodos, lo que se traduce en la exclusión de las pequeñas y medianas empresas del acceso a los recursos para realizar las inversiones necesarias, lo que implica la necesidad de poner a disposición del sector de la PyMM enormes instalaciones para obtener precios razonables (subsidiados o compensados), tal es el caso de la existencia de ENAMI.

Postulamos que estas creencias, recién mencionadas han conducido a la existencia de un monopsonio en el mercado de productos mineros, constituidos por minerales en bruto y subproductos metalúrgicos constituidos por minerales con algún grado de tratamiento mediante la tecnología imperante, esto desde la perspectiva de las pequeñas y medianas empresas mineras.

De acuerdo a la evidencia que se entrega más adelante, se pondrá en duda la existencia de economías de escala significativas, así como, las explicaciones que justifican tecnológicamente un monopsonio. Por otro

lado, existe abundante evidencia acerca de la escasez de desarrollo tecnológico de la pequeña y mediana minería ^{(14), (15), (16)}, así como respecto al monopsonio señalado en esta industria, no se ve cómo esta estructura podría proporcionar incentivos a la innovación tecnológica, sino que como mostramos, más bien produce el efecto contrario. La situación sólo podría ser explicada como un enclaustramiento de mercado, al que se ven enfrentadas las pequeñas y medianas empresas mineras, que se suman al ya mencionado enclaustramiento tecnológico.

En definitiva, existe un único producto que es transado en el mercado mundial, lo que en esferas comerciales se conoce como “commodity”, así en el caso de los metales, se establecen líneas de procesos capaces de producirlo con las características establecidas por los mercados mundiales y, con ello, se establecen los encadenamientos productivos para ese único fin. El enclaustramiento en este caso, ocurre porque existe una limitada línea de proceso a la cual deben someterse los pequeños productores mineros para poder acceder al mercado. Estas líneas de proceso satisfacen las eficiencias necesarias para la escala productiva de los agentes dominantes en los mercados de metales, lo que da cuenta del enclaustramiento tecnológico mencionado. Por otro lado, la institucionalidad minera refuerza este modelo proporcionando acceso a los pequeños y medianos productores a estas tecnologías a precios subsidiados o compensados, reduciendo los potenciales compradores de los productos mineros de la PyMM solamente a la ENAMI, empresa estatal cuyo objetivo por Ley es fomentar la actividad de este sub sector.

De acuerdo a la discusión iniciada en el apartado anterior, el enclaustramiento o lock-in de la pequeña y mediana minería en Chile, podría provenir de factores socio culturales y factores económicos organizacionales, además, añadimos el factor socio político, en específico el rol de la institucionalidad, en el reforzamiento de las fuerzas ya señaladas. Para efectos de este estudio nos concentraremos en la verificación del paradigma ⁽¹⁷⁾ de la dependencia del estándar tecnológico y de mercado; se deja para futuras exploraciones ahondar en los aspectos específicamente económicos.

Desde el punto de vista metodológico, nos interesa demostrar que los mitos señalados en 3.1, se reproducen en las comunicaciones de los actores relevantes y que existe evidencia que permite cuestionar su veracidad o exactitud. También que estas creencias están presentes en los marcos de referencia que utilizan las autoridades en el diseño de sus políticas. Para esto revisamos los lineamientos de las políticas públicas orientadas al sector, mostrando que están construidas sobre la base de un conjunto de creencias, que promueven el ya mencionado enclaustramiento tecnológico.

Estos lineamientos metodológicos se encuentran con la dificultad adicional de que, desde el punto de vista de las comunicaciones, el lock-in se reproduce justo en el punto ciego ⁽¹⁸⁾ del discurso, sin embargo, consideramos que es suficiente demostrar:

1. Que la ausencia de discursos orientados a la innovación en productos y procesos, podría ser indicativo de presencia de lock in.
2. Complementario a lo anterior, la existencia de discursos orientados a la dependencia del estándar tecnológico y de mercado, podría ser indicativo de la presencia de lock in.

En relación con puntos 1 y 2 anteriormente indicados, se realizó el análisis del decreto ley 76 del año 2003 ⁽¹⁹⁾, referido a la política de fomento de la pequeña y mediana minería del Estado de Chile, que busca que dicho sector se desarrolle en forma económicamente sustentable, de manera tal que promueva la producción minera y permita el acceso fluido al mercado, de los productos resultantes. Se destaca que en los Considerandos de dicha Ley de Fomento, en sus párrafos 3 y 4 y en sus Artículos 1, 1.6 y 1.8, y 2 párrafo a), apartado iv) y 2.2), queda de manifiesto que:

- a) El sector de la pequeña y mediana minería se enfrenta a obstáculos asociados a la escala y que estos obstáculos impiden el acceso a “oportunidades”, lo que hace necesario el apoyo estatal.
- b) El Estado induce y promueve garantizar la inserción de minerales y productos mineros en los mercados internacionales cuya referencia son las bolsas de metales donde se transa el commodity del cobre, y enfocados a las economías de escala y a la minería del cobre, sin considerar el fomento a nuevos mercados o a nuevos productos.
- c) El Estado induce los métodos de procesamiento estándar indicados en el punto 2.3 del presente artículo, al condicionar el otorgamiento de créditos financieros a las disponibilidades de abastecimiento para las fundiciones y refinación de ENAMI y las condiciones comerciales vigentes en el mercado (del cobre).

Finalmente se añade la observación que no hay ninguna referencia al impulso o fomento para el diseño de procesos o desarrollo de tecnologías que se ajusten a las escalas de producción propias de la PyMM.

Además, existen diversos estudios que muestran que las prioridades, tanto desde el punto de vista de la autoridad política, como de los propios operadores mineros, expertos y otros actores relevantes, se encuentran en la asociatividad y en el acceso a tecnologías de extracción y prospección minera, entre otras, en las cuáles se reproduce la dependencia tecnológica ^{(20), (21), (22), (23)}. Nuestras investigaciones en terreno, entrevistas grupales e individuales con miembros de la Asociación Mineras de Petorca y el Sindicato de Pirquineros de Petorca, confirma estos hallazgos, así como, de modo general, la ausencia de iniciativas o discursos que intenten innovar sin adherir al paradigma tecnológico en cuestión, a excepción, de los casos que se señalan a continuación, sin desmedro de que se puedan encontrar nuevos casos que no adhieran plenamente al estándar tecnológico imperante.

4. Revisión de casos.

4.1. Caso de Planta Chincolco y Planta Blackcolt.

Se tiene por aceptado que el sector de la Pequeña y Mediana es ampliamente dependiente de los incentivos estatales entregados a través de la empresa ENAMI, sin embargo, su accionar es fuertemente cuestionado por los actores del sector y se estima preliminarmente que estos incentivos, sumados al marco regulatorio imperante, podrían tener una importante incidencia en la situación actual precaria de este sector en Chile.

En la comuna de Petorca en su distrito industrial de Chincolco, que se encuentra alejado de los poderes de compra de ENAMI a tal distancia que mantiene los negocios mineros del sector al límite de sus rentabilidades, han surgido inversiones de productores mineros que han instalado plantas de beneficio de minerales que satisfacen sus propias necesidades, dejando capacidades disponibles que han permitido procesar minerales de otros productores del sector a precios muy competitivos, constituyéndose en un nuevo poder de compra diferente de ENAMI. Las capacidades medias de estas plantas son de 3.000 a 5.000 t/mes cada una, es decir corresponden a operaciones de pequeña minería según los criterios de ENAMI.

Lo anterior constituye una excepción respecto de la premisa que a menor producción aumenta el costo unitario (eficiencia de escala), toda vez que aquí queda en evidencia que es posible rentabilizar una producción minera a pequeña escala, al menos en la etapa de beneficio primario de los minerales sulfurados, para producir concentrados, en comparación a una industria de mayor tamaño como las que provee ENAMI a los pequeños productores de minerales.

Es importante señalar que la producción en este tipo de plantas es finalmente vendida a ENAMI, por lo que su accionar no es antagónica a la función de esa empresa estatal, sino complementaria.

4.2. Caso de Planta Lambert de Compañía Minera San Gerónimo.

El caso de la Planta Lambert, de la Compañía Minera San Gerónimo, es una excepción por cuanto su producción no es vendida a ENAMI, como es el caso de una planta tradicional de la pequeña y mediana minería, toda vez que está constituida por sulfato de cobre penta hidratado en niveles del orden de 8.800 t/año de esta sal, con calidad grado alimento, además de productos fungicidas para la agricultura, productos que no son parte de las líneas de proceso de ENAMI.

Actualmente el 70% de la producción de sulfato de cobre de esta empresa es vendido al extranjero a países principalmente Canadá ⁽²⁵⁾.

El caso de esta planta muestra que la producción minera nacional, particularmente de cobre, es susceptible de ser diversificada a otros productos distintos del comoioty, que en este caso constituyen sales de cobre o productos químicos en base a este metal. Es decir, constituye un indicio que existen oportunidades de negocio alternativos a los que ofrece la venta de productos a ENAMI, confirmando en parte el look-in (enclaustramiento) tecnológico en que impone esa empresa estatal a la pequeña y Mediana Minería en Chile.

4.3. Caso Proyecto LAR Lixiviación Orgánica de la empresa Prokumet

La empresa Prokumet ha desarrollado en forma independiente un proceso para obtener cobre desde minerales oxidados usando como agente lixiviante ácido cítrico, con lo cual obtiene importantes ventajas ambientales. Además, ha desarrollado una técnica y equipos de electro obtención de cobre que producen una lámina de grosor y largo controlado. Ambos desarrollos están implementados a nivel de planta piloto. En estos momentos la empresa está explorando posibilidades de generar productos químicos en base a citrato de cobre para la industria agro alimentaria; así también está buscando y promoviendo mercados de cobre metálico a nivel local, cuestión que le ha resultado dificultosa, pues, paradójicamente, en Chile es casi imposible adquirir cobre metálico, toda vez que la totalidad de producción minera está comprometida a los mercados mundiales, deprimiendo al extremo toda industria que pudiera requerir esta materia prima a nivel local.

Este último ejemplo muestra que, al igual que en el caso anterior, existen otros mercados para otros productos de cobre distintos al cátodo, tal como citrato de cobre, así como también demostraría el enclaustramiento en virtud de las dificultades para encontrar mercado para cobre metálico, distinto al cátodo.

5. Análisis de resultados.

La reseña histórica revisada en el punto 2, evidencia los orígenes de la dicotomía entre Gran Minería del Cobre y Pequeña y Mediana Minería, donde la primera surge por decisiones gubernamentales y ligada a empresas de grandes capitales extranjeros, que operan bajo una cultura propia diferente a las locales, mientras que la segunda surge con la misma incursión europea en Chile en el siglo XVI, cuyas principales motivaciones fueron justamente la explotación de oro desde los yacimientos chilenos; en ese afán, la administración española impuso una estructura administrativa de vinculación empresarios-gobierno que se mantiene hasta el día de hoy en lo fundamental. La figura 6, muestra un diagrama conceptual de este desarrollo histórico.

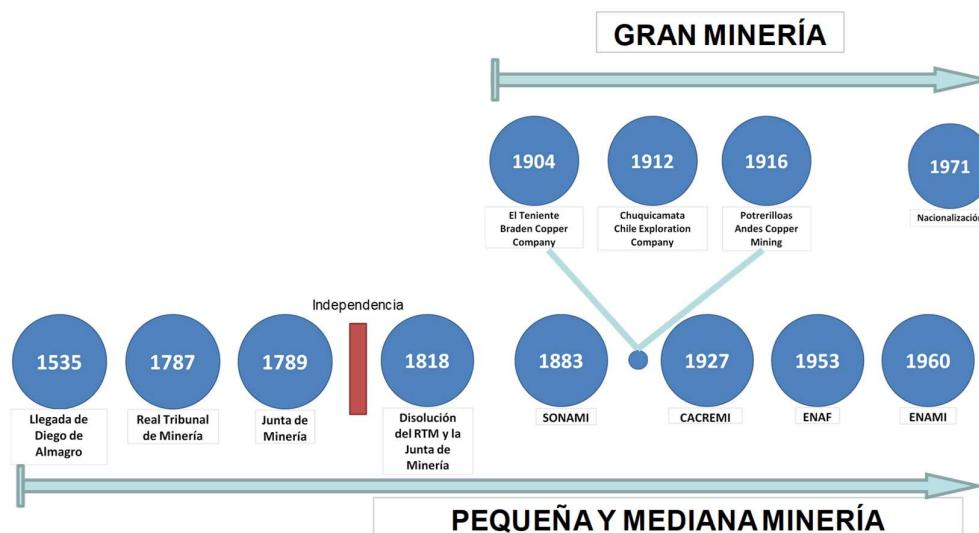


Figura 6.- Esquema de tiempos de desarrollo de la Gran Minería y de la PyMM

La relación entre empresarios mineros y el Estado ha promovido la incorporación de una institucionalidad que fomenta la producción de cobre por parte de productores de pequeña y mediana escala basada en estándares tecnológicos, criterios de negocio y de gestión propias de la Gran Minería del Cobre, tal es el caso de ENAMI, que obliga a los productores mineros de menor escala a producir sólo aquellos productos que sean compatibles con el estándar tecnológico establecido, que son las líneas de procesos para minerales oxidados de cobre y para minerales sulfurados de cobre; ambas con la finalidad de producir cátodos de cobre bajo los estándares de calidad impuestos por el mercado mundial, tal como ocurre con la Gran Minería del Cobre. Así, los procesos productivos, los apoyos estatales, la tecnología, las políticas públicas, los recursos financieros y la educación, operan bajo la premisa de la Gran Minería del Cobre, es decir, todos los esfuerzos de la sociedad están abocados a producir cátodos de cobre.

En otras palabras, Los productores mineros de pequeña y mediana escala se ven obligados a producir minerales sin otro valor agregado que sólo la extracción desde los yacimientos o a producir necesariamente productos intermedios de los procesos establecidos para la producción de cátodos de cobre, sin embargo esta segunda opción requiere de grandes capitales y tiene restricciones institucionales que dificultan la concreción de este tipo de emprendimientos a los agentes locales. Es decir, los productores mineros de pequeña y mediana escala están inmersos en un enclaustramiento tecnológico, y también de negocio, pues no hay o son muy escasos los mercados para productos diferentes al cátodo de cobre, así como tampoco existe un ente que promueva mercados distintos a este commodity. Por el contrario, el Estado y los empresarios dominantes, en nombre de las ventajas comparativas promueven el enclaustramiento tecnológico y de mercado a través de sus instituciones, como son ENAMI y su relación con SONAMI.

Maristella Svampa en 2013 ⁽²⁴⁾, explica cómo en América Latina “se va consolidando un estilo de desarrollo neoextractivista que genera ventajas comparativas, visibles en el crecimiento económico, al tiempo que produce nuevas asimetrías y conflictos sociales, económicos, ambientales y político-culturales”, en nuestro caso, la precariedad del sector pequeño minero podría ser explicado por este concepto, sin embargo, se asume necesario levantar evidencia adicional que permita comprobar las otras aristas de la tesis del enclaustramiento tecnológico planteadas en el presente estudio, para visualizar nuevos enfoques que reorienten los esfuerzos de la industria y de la institucionalidad de fomento, modificando los marcos de referencia sobre los cuáles se fundamenta la actual política minera.

La evidencia de campo, visualizada en el presente estudio realizado sobre plantas pequeñas en el distrito minero de Petorca, como son las plantas concentradoras de minerales “Chincolco” y “Blackcolt”, ambas

ubicadas en el sector Los Comunes de la comuna de Petorca, son de menor escala que las que supone ENAMI como base de cálculo para establecer sus tarifas; este antecedente permite descartar la presencia de economías de escala significativas en el proceso de concentración de minerales de cobre, por lo que el efecto principal de este enclaustramiento tecnológico debiese provenir de otra fuente, que bien podrían ser los otros factores económicos ya señalados.

Así también, la compañía minera San Gerónimo, la que podríamos catalogar de mediana minería, provee de sales de cobre para la industria alimenticia y de pesticidas a la industria agropecuaria, producidos a partir de minerales de cobre, lo que descarta la inexistencia de otros mercados distintos al commodity, demostrando la posibilidad de producción directa de otros productos de cobre a pequeña o mediana escala. Junto con ello se han explorado a modo experimental otras tecnologías, que conducen a productos distintos a los cátodos de cobre, tal como citrato de cobre, también con aplicaciones en las industrias alimentaria y agropecuaria, como es el caso de la empresa chilena Prokumet. Solo restaría encontrar o generar mercados profundos, es decir, los encadenamientos para estos productos, o generar las redes de mercado para nuevos productos.

6. Conclusiones:

Se espera que el presente ensayo sea un aporte a un proceso de reflexión necesario para las instituciones y la industria, especialmente considerando el impacto social y cultural que tiene el sector de la PyMM en muchas localidades de Chile, y su potencial económico aún no desarrollado.

Se destaca la perspectiva histórica que ha configurado la diferencia entre Gran Minería y Pequeña y Mediana Minería (PyMM), considerando que la actividad de esta última ha sido desarrollada por instituciones íntimamente ligadas a la sociedad chilena, repercutiendo en la cultura y la economía de vastos territorios del país, a diferencia de la Gran Minería que surge por decisiones políticas gubernamentales con incorporación de capitales, sin que haya un desarrollo ligado a la sociedad chilena en general.

De acuerdo a lo anterior, se propone que estos dos sectores tienen un desarrollo socio cultural claramente diferenciado.

La pequeña minería, es un caso aún más peculiar, ya que, si bien realiza un significativo menor aporte a la producción total de cobre, oro y plata, su contribución al empleo y a la economía local es imprescindible en muchos territorios.

En el presente estudio se prevé que la pequeña minería podría constituir una fuente importante de emprendimientos y de desarrollo económico, dada su escala de inversiones, esto debido a que su actual realidad es resultado de políticas de fomento productivo, que postulamos estarían mal enfocadas, basadas exclusivamente en cumplir los requisitos del commodity y que han contribuido al enclaustramiento tecnológico de este sector.

Se postula que las políticas de fomento han estado basadas en supuestos, consensos o paradigmas cuya validez es puesta en duda para el caso de la Pequeña y Mediana Minería, al mostrar que:

- Existe evidencia de negocios mineros en operación que demuestran rentabilidad a pequeña escala de producción, lo que pone en duda que la economía de escala sea la única forma de rentabilizar los procesos productivos.
- Existen otros posibles productos de cobre que pueden ser elaborados a baja escala mediante líneas de procesos diferentes, y ser comercializados en otros mercados diferentes al del commodity del cobre. Lo que pone en tela de juicio el supuesto que la producción del commodity es la única forma de rentabilizar o hacer eficiente el negocio.
- El sector de la PyMM no se beneficia del acceso subsidiado o compensado que la Institucionalidad minera actualmente le proporciona. Lo que pone en duda la efectividad de los programas de

fomentos orientados a proporcionar acceso a las PyMM al estándar tecnológico.

7. Recomendaciones:

En resumen:

- a) Se plantea revisar los impactos que genera la institucionalidad chilena en el desempeño del sector constituido por la PyMM.
- b) Se plantea redefinir los límites del negocio, esto significa redefinir el foco desde los clientes actuales a los no clientes, examinando la industria y sus relaciones, como un todo dinámico y modificable. Identificando posibilidades no consideradas dentro del paradigma tecnológico y de mercado actual y explorando su factibilidad.

En el caso específico de la Pequeña Minería, significa encontrar nuevos modelos de negocio que apunten a mercados nuevos, aprovechando como ventaja, entre otras, la flexibilidad de faenas en pequeña escala que pueden adaptar su tecnología a requerimientos especializados de nuevos clientes.

Referencias

- 1: Donoso R., Francisco y Betancour, María C. MONITOREO DE LA MEDIANA Y PEQUEÑA MINERÍA CHILENA (DE / 32 / 2013), - en: Comisión Chilena del Cobre Dirección de Estudios. Santiago de Chile, Noviembre de 2013, página 5.
- 2: Departamento del Cobre Asesoría Comercial. *El Cobre en Chile* [en Línea], Catálogo en línea de la Biblioteca Nacional de Chile, Eds. Universitarias, 1960, [Fecha de consulta 15 diciembre 2016]. Disponible en <http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-10255.html>
- 3: Biblioteca Nacional de Chile. *El sueldo de Chile en el siglo XX, Origen de la gran minería del cobre (1904-1930)*. [en línea], Resumen de sitio en la base de datos Memoria Chilena, sin fecha de publicación [Fecha de consulta 15 diciembre 2016]. Disponible en <<http://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-3632.html>>
- 4: ENAMI, Empresa Nacional de Minería, 2011, Disponible en <<http://www.enami.cl/acerca-de-enami/quienes-somos/historia.html>>
- 5: SONAMI, Sociedad Nacional de Minería, 2016, Disponible en <www.sonami.cl/site/acerca-de-sonami/historia-sonami/>
- 6: *Contribución de la minería al PIB chileno cae desde 20,7% en 2006 a 11,1% en 2013*. [En línea], Santiago de Chile, EDITEC, 25 De Marzo Del 2014 [Fecha de consulta: 15 diciembre 2016]. Disponible en Internet: <<http://www.mch.cl/2014/03/25/contribucion-de-la-mineria-al-pib-chileno-cae-desde-207-en-2006-111-en-2013/>>
- 7: Consejo Minero. Reporte Anual 20014, Las Condes, Santiago de Chile, Claudia Díaz R., 2014. Pag. 34.
- 8: Nataly Rivera, Patricio Aroca. Escalas de producción en economías mineras. El caso de Chile en su dimensión regional, revista Eure, vol 40,no 121, septiembre 2014, pp. 247-270.
- 9: Ley Orgánica DFL 153. CREA LA EMPRESA NACIONAL DE MINERIA, Diario Oficial de la República de Chile del 05-ABR-1960, Fecha de promulgación Fecha Promulgación: 29-FEB-1960, Fecha Última Versión 10-OCT-2014.
- 10: Windrum, Paul. (sin fecha). *Unlocking a lock-in: towards a model of technological succession* [en línea].Netherlands. MERIT University of Maastricht The Netherlands. [fecha de consulta: 14 diciembre 2016]. Disponible en www.merit.unu.edu/publications/rmpdf/1999/rm1999-010.pdf.
- 11: Perkins, Richard (2003). Technological “lock-in”, Economic and Social Research Council, International Society for Ecological Economics Internet Encyclopaedia of Ecological Economics.
- 12: KATZ, Michael L. and Shapiro, Carl. Network Externalities, Competition, and Compatibility. The American Economic Review.75 (3) : 424-440 , Jun. 1985.
- 13: Patricio Meller. 2003, El Cobre Chileno y La Política Minera [en línea]. CIEPLAN, [fecha de consulta: 14 agosto 2017]. Disponible en www.cieplan.org/biblioteca/detalle.tpl?id=57.
- 14: Eduardo Chaparro Ávila, La llamada pequeña minería: un renovado enfoque empresarial, CEPAL, División Recursos Naturales e Infraestructura, Santiago de Chile, Julio de 2000, <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd30/llamada.pdf>.
- 15: Pamela Ramírez R., Comunicaciones FACSO, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Chile, Viernes 27 de agosto de 2010. <http://www.facso.uchile.cl/noticias/64940/atrapados-en-la-precariedad>.
- 16: Manuel Viera, *Metaproject, La contribución y desafíos de la pequeña minería en Chile*, Portal Minero, <http://www.portalminero.com/pages/viewpage.action?pageId=96738093>, observado el 26 de enero de 2017.

- 17: Dosi, G. (1982), 'Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change', *Research Policy*, 11, 147-162.
- 18: Luhmann Niklas, (1996), capítulo 3, *La Ciencia de la Sociedad*, Editorial ANTHROPOS,
- 19: Decreto Ley 76 sobre POLITICA DE FOMENTO DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA MINERIA
<https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=213823>
- 20: Pasten, Freddy. 2013, "Formulación de Instrumentos de Fomento a la Innovación en Pequeña Minería", tesis de magíster. Facultad de Ingeniería Universidad de Chile.
- 21: Arancibia, Donoso, Venegas (2007) "Medición de la cultura de innovación en la minería de mediana escala" CIMM y facultad de Ingeniería Universidad Diego Portales (2007).
- 22: Bongiorno, Gazona. (1997) Tesis "Diagnóstico actual y futuro de la pequeña minería en la provincia de Tocopilla". Universidad de Antofagasta 1997.
- 23: Fontecilla y Muñoz (2005). Desarrollo de tecnología para la pequeña y mediana minería. CIMM y USACH (2005).
- 24: SVAMPA M. «Consenso de los Commodities» y lenguajes de valoración en América Latina. [Internet]. *Revista Nueva Sociedad* (No 244), marzo-abril de 2013 [fecha de consulta Diciembre 2016], Disponible en <www.nuso.org>. ISSN: 0251-3552.
- 25: Sitio Web de la Compañía Minera San Gerónimo
http://www.sangeronimo.cl/index.php?op=lambert_datos.