

Enclaustramiento tecnológico y de negocio en la pequeña y mediana minería chilena

*Technological and business lock-in in the chilean
small and medium scale mining*

César Olmos Maturana^{1*}  <https://orcid.org/0000-0001-6872-6981>
Israel Pérez Vargas²  <https://orcid.org/0009-0005-1214-5746>
Guillermo Uribe Pérez¹  <https://orcid.org/0009-0002-6566-5022>
Claudio Corvalán Robert³  <https://orcid.org/0009-0008-6223-1900>
Sergio Carstens Soto³  <https://orcid.org/0000-0001-5428-1985>

Recibido 05 de abril de 2022, aceptado 22 de agosto de 2023

Received: April 05, 2022 Accepted: August 22, 2023

RESUMEN

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 siguiente división en sectores productivos: a) Gran Minería, b) Mediana Minería y c) Pequeña Minería. Los sectores b y c, han operado con grandes dificultades, requiriendo apoyo estatal para subsistir. En el presente ensayo, se postula la existencia de síntomas de enclaustramiento tecnológico y de negocio en estos sectores, por efecto de un comportamiento paradigmático de la industria y del Estado. Por ello las decisiones que guían esta industria se han orientado desde una perspectiva que se asume cómo supuesto universal, en torno a la producción estándar de cátodos de cobre, lo 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 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.

Palabras Clave: Enclaustramiento tecnológico, vinculación, paradigma, commodity, pequeña y mediana minería, ENAMI.

ABSTRACT

Chile has become a world leader in copper production due to its exploitation of large mining operations, and small and medium producers. Substantial differences in the levels of production which have generated the following divisions: a) Big Mining, b) Medium Mining and c) Small Mining. The (b), and (c) sectors have operated with many difficulties, requiring state support to survive. This essay postulates the existence of a technological and business lock-in due to industry and State paradigmatic behavior. For this reason, the policy decisions that guide the industry, have been oriented by a supposedly universally accepted perspective, in which the standard production is copper cathodes. That situation prevents small producers from accessing technologies and markets different from Copper Mining. The present essay tries to identify

¹ Universidad Viña del Mar, Escuela de Ingeniería, Viña del Mar, Chile. Email: cesar.olmos@uvm.cl; guribe@uvm.cl

² Universidad Tecnológica Metropolitana, Santiago, Chile. Email: ipperez@uc.cl

³ ONG Observatorio Minero de Chile, Viña del Mar, Chile. Email: ccorvalanrobert@gmail.com; sercarstens@gmail.com

* Autor de correspondencia: cesar.olmos@uvm.cl

the prevailing paradigms. It proposes to promote ways of linkage and generation of networks between the entrepreneurs of the mining territories and the various social and commercial entities at national and international levels. Considering their vision of the local territory, it is expected to generate development opportunities according to their context.

Keywords: Technological lock-in, business lock-in, bonding, commodity, small and medium mining, ENAMI.

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 que puede alcanzar ritmos productivos de 25 a 200 veces superior a las demás.

La Mediana y Pequeña Minería (b y c) ha participado históricamente junto al Estado en el desarrollo de territorios mineros, normalmente alejados de los principales centros poblados. 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 y Mediana Minería tiene hoy grandes dificultades para subsistir a pesar de las acciones de fomento del Estado, debido, al parecer, a condicionamientos estructurales de la industria que impiden 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 [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. Se muestra como la institucionalidad creada a partir de las políticas públicas se ha constituido precisamente en un obstáculo que impide el desarrollo del sector, dichas políticas públicas se han ido constituyendo con el tiempo sobre la base de un paradigma tecnológico, una de las causales que posibilitan el enclaustramiento tecnológico de una industria, para estos efectos se realiza un análisis de los discursos de autoridades y de la legislación vigente a modo de prueba, y se revisan tres casos de carácter excepcional en los cuáles se puede observar una diferencia de desarrollo en relación con el enclaustramiento de la industria, de este modo es posible plantear posibles soluciones a dicha situación, basando en la búsqueda de estrategias de desarrollo de mercados e innovación de negocios.

ANTECEDENTES

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 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 el actual territorio chileno [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, constituyéndose desde

1789 en la Junta de Mineros, instancia que buscó fomentar y desarrollar la actividad y que funcionó hasta 1818. Tras la independencia definitiva del país ambas instituciones se disolvieron. Ya desde entonces Chile fue un gran productor minero, siendo entre los siglos XVI 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 los territorios de Antofagasta y Tarapacá, que llegó a generar 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.

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 de 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, provocó 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].

Desarrollo de la pequeña y mediana minería (PyMM) y el rol de la Empresa Nacional de Minería (ENAMI) y la Sociedad Nacional de Minería (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 [4]. En 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 productores mineros.

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 la disposición de subsidios a sociedades y personas naturales dedicadas a la explotación de la plata, cobre y manganeso [4].

En marzo 1953, se creó el Ministerio de Minas y la Empresa Nacional de Fundiciones (ENAF) y se terminó 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].

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 Consejo Minero, la contribución de la minería al PIB en 2010 fue de 17%, sin embargo, ha experimentado una sostenida disminución llegando a un 9% en 2019 y logrando un repunte en 2020 con 11% [6].

Así mismo, el Consejo Minero dice que la contribución de la minería al empleo el 2020 fue de un 9,3%, esto significa que a diciembre de 2019 se encontraban 200.000 personas empleadas de manera directa en minería y 510.000 personas de manera indirecta. Cifras que son relevantes, aun cuando éstas representan una disminución respecto de años anteriores [6]. Ambos datos dan un orden de magnitud de la importancia de la minería en Chile, es decir, representan la producción de un país que tiene el 30% de las reservas conocidas de Cobre del mundo.

En la Tabla 1 se muestra una relación de la producciones y aportes al empleo de los distintos subsectores de la minería en Chile (se representa la Gran Minería con datos Codelco). 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 11 veces más productiva que la pequeña minería y casi 3 veces más productiva que la mediana minería. También se puede decir en contraposición, que la pequeña minería aporta 11 veces, y la mediana minería aporta 2,5 veces más a la distribución de la riqueza al interior de la sociedad chilena, dado el mismo concepto de aporte al empleo, por cada 1000 toneladas de producción de cobre fino. 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, existe al menos un estudio que demuestra los efectos multiplicadores de la pequeña y mediana empresa en el empleo y en la producción regional [7]. Los resultados del presente ensayo no son ajenos a esta discusión.

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 por unidad producida, 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

Tabla 1. Aportes de la Gran Minería y la PyMM a la producción y al empleo.

	Pequeña Minería	Mediana Minería	Gran Minería*
Producción cobre (miles de toneladas al año).	86	286	1.727
Trabajadores directos (miles de personas).	9.009	6.193	15.267
Trabajadores directos por unidad de producción (personas/1000 ton Cu).	104	22	9
Productividad (toneladas por persona).	10	46	113

(*). Considera Datos Codelco 2020.
Fuente: Elaboración propia.

empresas alcancen un mayor nivel de desarrollo y puedan convertirse posteriormente en empresas de la mediana minería.

Procesos tecnológicos y negocio del cobre

La tecnología imperante conlleva una serie de procesos productivos hegemónicos 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 se dijo, se puede 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.

En ambos casos (línea para Óxidos de cobre, y línea para Sulfuros de cobre), 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 es común encontrarlos en minas de tipo subterránea con minerales emplazados a gran profundidad y sin contacto con oxígeno, lo cual favorece la asociación con azufre.

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

Integración mina-planta de la línea de óxidos de cobre

En la Figura 2 se 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 productos intermedios.



Figura 1. Esquema diferenciado de procesos según origen mineralógico.

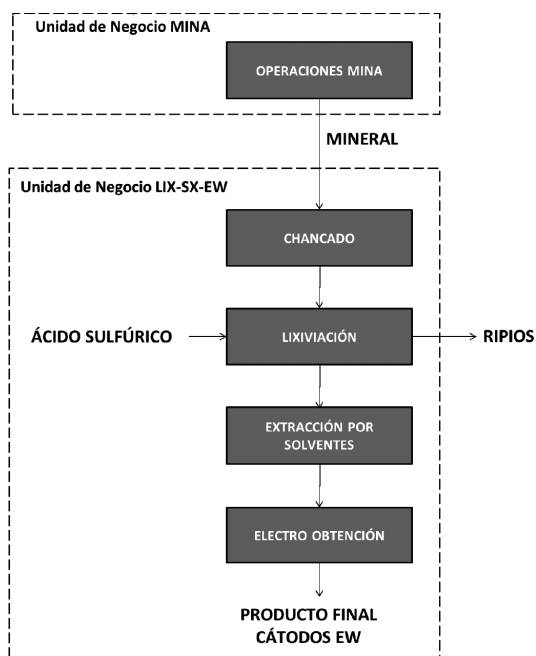


Figura 2. Esquema de procesos para los óxidos de cobre.

Integración mina-planta de la línea de sulfuros de cobre

En el caso de los sulfuros, el proceso Planta también 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, dependiendo de la mineralogía y la génesis del depósito. 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 se aplican 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.

Integración de procesos fundición y refinación (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 barros anódicos.

En la Figura 3, se 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

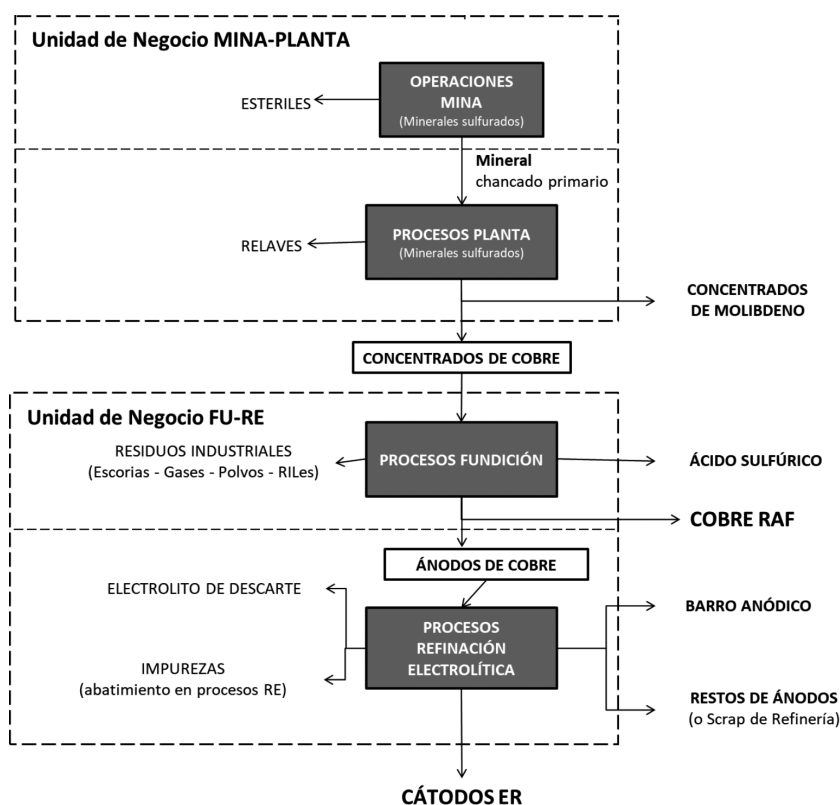


Figura 3. Esquema de procesos para los sulfuros de cobre.

la Gran Minería, como para la Pequeña y Mediana Minería. En el primer caso, sólo la estatal Codelco cuenta con fundiciones y refinerías que le permite exportar cátodos de cobre proveniente de minerales sulfurados, mientras que ENAMI y Xtrata Copper cuentan sólo con la etapa de fundición.

Rol de ENAMI en la PyMM y su enclaustramiento tecnológico

La Ley Orgánica que dio vida a esta empresa versa su 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” [8].
- 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.

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, troncada 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 la Figura 4 y en la Figura 5. En el caso de la Figura 4, donde se muestra la línea de procesos para minerales oxidados, el productor minero entrega a ENAMI minerales con destino 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, que son cátodos, no cuenta con productos intermedios,

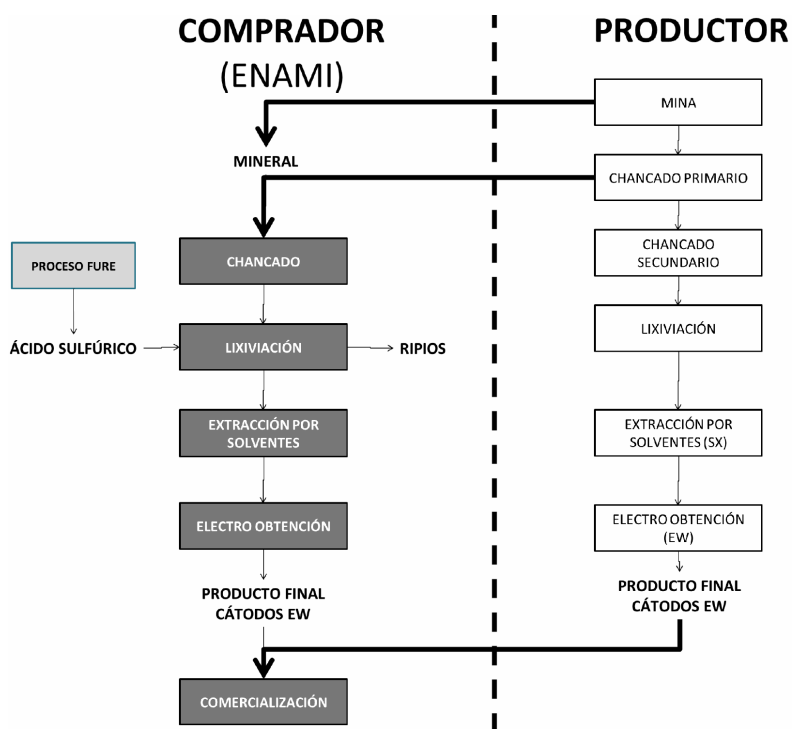


Figura 4. Esquema de procesos para óxidos de cobre.

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.

En la Figura 5, se muestra la línea de procesos para minerales sulfurados. Aquí se ve que un productor minero puede entregar minerales para chancado primario o secundario, así como también concentrados de cobre obtenidos por flotación. En general, la pequeña y mediana minería tiene la capacidad de 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.

Se puede 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.

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” [9] 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 maximizando su eficiencia en base a los requerimientos de la gran minería, es decir, no considera otros esquemas y diseños eficientes 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

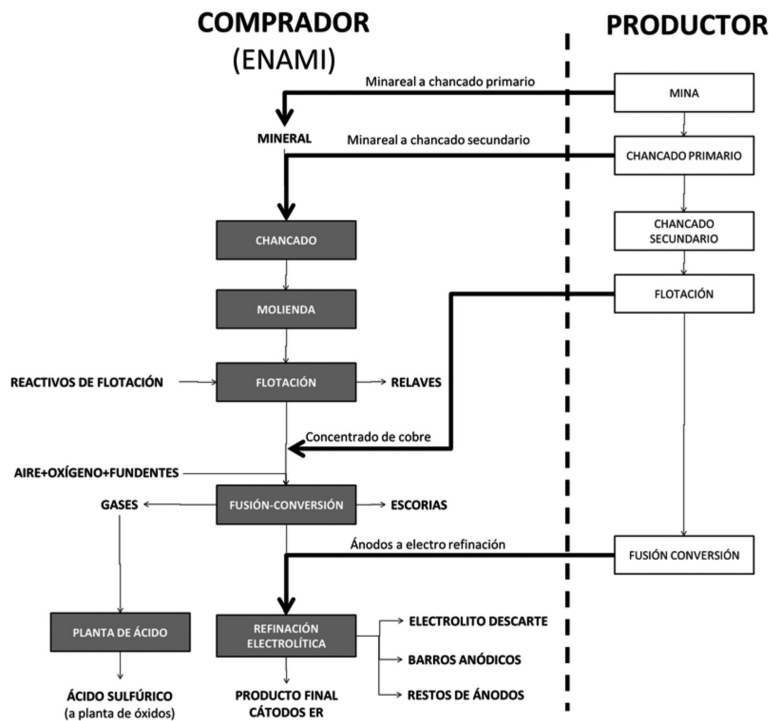


Figura 5. Esquema de procesos para sulfuros de cobre.

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 escala 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 [10], 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: a) economías de aprendizaje (los costos se reducen debido a la mejora en el desempeño de individuos u organizaciones producto de una mayor experiencia), b) economías de escala (los costos unitarios se reducen en función del nivel de producción), c) expectativas adaptativas (la incertidumbre respecto al desempeño, confiabilidad y durabilidad, se reduce en la medida que la tecnología se hace conocida) y d) externalidades de red [11], 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 con el 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 [12].

Si bien el fenómeno mencionado afecta a toda la industria, en este caso, 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.

A continuación, se muestra como en este caso claramente el enclaustramiento tecnológico es causado principalmente por la consolidación de los marcos de referencia de los actores, sin descartar la presencia de mecanismos de retroacción positiva, aunque operando de modo secundario, a través del siguiente análisis que revisa el rol de la institucionalidad que impera sobre la pequeña y mediana minería:

Rol de la institucionalidad en el *Lock-in* tecnológico

En Chile, ENAMI 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.

La tesis del presente trabajo 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; más adelante se demuestra 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 con el 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 al 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.

Se postula en este trabajo que estas creencias, han conducido no solo al enclaustramiento tecnológico, sino también a una situación de monopsonio en el mercado de venta de productos de cobre a baja escala, es decir, a la existencia de una estructura de mercado en donde existe un único demandante o comprador, que en este caso es ENAMI, mientras que existen varios oferentes constituyendo un mercado de productos mineros, que incluye minerales en bruto y subproductos metalúrgicos 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 pone en duda la existencia de la presencia 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 [13], [14], [15], 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 se muestra, 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. Un Enclaustramiento de mercado, o Lock in de Mercado es una situación de mercado en la cual una empresa no tiene otras opciones de contratación, ya que existe ya sea un solo vendedor o comprador que puede satisfacer sus necesidades, su extensión es la de monopolio o monopsonio de mercado. En este artículo se postula que claramente la PYMM se encuentra en una situación de enclaustramiento, debido al monopsonio que representa la ENAMI, pero además existe para toda la industria una suerte de lock In de mercado asociado a la producción de productos estándar transables “solo” en las bolsas de metales.

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 subsector.

De acuerdo con 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 económico-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 [16] 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, es de interés demostrar que los mitos o creencias señaladas al inicio de este acápite, 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 [17] 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 [18], 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 la sección denominada “Rol de ENAMI en la PyMM y su enclaustramiento tecnológico” del presente artículo, al condicionar el otorgamiento de créditos financieros a las disponibilidades de abastecimiento para las fundiciones y refinería 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 [19], [20], [21]. En las actividades de investigación en terreno, entrevistas grupales e individuales con miembros de la Asociación Mineras de Petorca y el Sindicato de Pirquineros de Petorca, se confirmaron 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.

REVISIÓN DE CASOS

Casos 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.

Los casos de Planta Chincolco y Planta Blackcolt, ubicados en el barrio industrial Los Comunes en la comuna de Petorca en su barrio industrial Los Comunes del distrito 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.

Caso de planta Lambert de compañía Minera San Gerónimo

El caso de la Planta Lambert, de la Compañía Minera San Gerónimo, está ubicada en la localidad de Lambert en la Región de Coquimbo, a 20 kilómetros al noreste de la ciudad de La Serena. Esta planta 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 [22].

El caso de esta planta muestra que la producción minera nacional, particularmente de cobre, es susceptible de ser diversificada a otros productos distintos del commodity, 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 que impone esa empresa estatal a la pequeña y Mediana Minería en Chile.

Caso de proyecto LAR de 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 lixivante ácido cítrico, con lo cual obtiene importantes ventajas

ambientales debido a que al, ser este reactivo de carácter orgánico, sus residuos son significativamente menos nocivos. 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, cabe mencionar que estos avances fueron impulsados tenazmente por el desaparecido innovador nacional Luis Aghemio Rodriguez [23]. La empresa también exploró posibilidades de generar productos químicos en base a citrato de cobre para la industria agro alimentaria; así también buscó y promovió mercados de cobre metálico a nivel local, cuestión que le resultó 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.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

La reseña histórica revisada en el presente artículo, 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. En la Figura 6, se muestra un diagrama conceptual de este desarrollo histórico.

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.

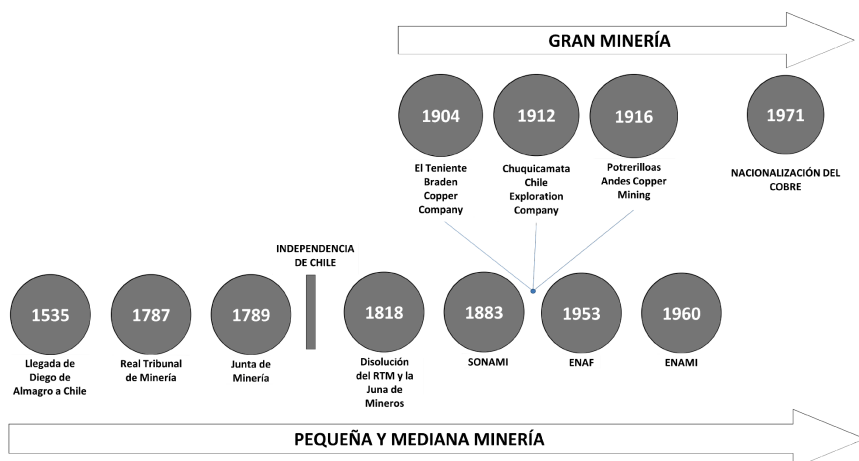


Figura 6. Esquema de tiempos de desarrollo de la Gran Minería y de la PyMM.

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.

En [24] se explica cómo en América Latina “se va consolidando un estilo de desarrollo neo extractivista que genera ventajas comparativas, visibles en el crecimiento económico, al tiempo que produce nuevas asimetrías y conflictos sociales, económicos, ambientales y político-culturales”, en el presente 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 se podría 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.

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 estado de precariedad, postulamos, es resultado de las políticas de fomento productivo 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, incluso polimetálicas, 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.

RECOMENDACIONES

- a) Se plantea revisar, considerando la problemática de lock-in, los mecanismos de incentivos de la institucionalidad chilena y los impactos que genera 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] F. Donoso y J. Cantallop, “Monitoreo de la mediana y pequeña minería chilena”, Cochilco, Santiago, Chile. [En línea]. Disponible: <https://www.cochilco.cl/Listado%20Temtico/Informe%20Med%20Min%2028%2010%202014.pdf> (Accedido el 2 de diciembre 2021).
- [2] Departamento del Cobre, *El Cobre en Chile*, Santiago, Chile: Editorial Universitaria, 1960. [En línea]. Disponible: <https://www.memoriachilena.cl/602/w3-article-10255.html> (Accedido el 2 de diciembre de 2021).
- [3] Biblioteca Nacional de Chile, “Origen de la gran minería del cobre (1904-1930) - Memoria Chilena”. [En línea]. Disponible: <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-3632.html> (accedido 2 de diciembre de 2021).
- [4] Empresa Nacional de Minería (ENAMI), “Historia”. [En línea]. Disponible en: <https://www.enami.cl/SobreENAMI/Pages/Historia.aspx> (accedido 2 de diciembre de 2021).
- [5] Sociedad Nacional de Minería (SONAMI), “Historia Sonami”, SONAMI: Sociedad Nacional de Minería-Chile”. [En línea]. Disponible: <https://www.sonami.cl/v2/acercade-sonami/historia-sonami/> (accedido 2 de diciembre de 2021).
- [6] Consejo Minero, “Cifras actualizadas de la minería - marzo 2021”. marzo de 2021. [En línea]. Disponible en: <http://www.consejominero.cl/wp-content/uploads/2021/03/Cifras-Actualizadas-de-la-Mineria-2021-Marzo.pdf>
- [7] N. Rivera y P. Aroca, “Escalas de producción en economías mineras: El caso de Chile en su dimensión regional”, *Eure*, vol. 40, no. 121, pp. 247-270, 2014, doi:10.4067/s0250-71612014000300012.
- [8] M.D.H. Chile, *Crea la Empresa Nacional de Minería*, vol. 153. 2014. [En línea]. Disponible

- en: <https://bcn.cl/2k3n2> (Accedido: 2 de diciembre de 2021).
- [9] P. Windrum, “Unlocking a Lock-in: Towards a Model of Technological Succession,” in *Applied Evolutionary Economics*, P.P. Saviotti, Ed., 2003, doi: 10.4337/9781781952894.00019.
- [10] R. Perkins, “Technological “lock-in,”” *International Society for Ecological Economics*, 2003. [En línea]. Disponible en: <https://www.isecoeco.org/pdf/techlkin.pdf>
- [11] M. Katz and C. Shapiro, “Network Externalities, Competition, and Compatibility”, *Amer. Econ. Rev.*, vol. 75, no. 3, pp. 424-440, 1985.
- [12] P. Meller, “El cobre chileno y la política minera”, CIEPLAN, Serie Estudios Socio/ Económicos 14, 2003. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/4720020_El_cobre_chileno_y_la_politica_minera (accedido: 2 de diciembre de 2021).
- [13] E. Chaparro Ávila, “La llamada pequeña minería: un renovado enfoque empresarial”, CEPAL - ONU, Santiago de Chile, Recursos Mineros 9, 2000. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6446/1/S00060497_es.pdf (accedido: 2 de diciembre de 2021).
- [14] P. Ramírez, “Atrapados en la precariedad”, Análisis Tragedia Minera II, 2010. <https://facso.uchile.cl/noticias/64940/atrapados-en-la-precariedad> (accedido 2 de diciembre de 2021).
- [15] M. Viera, “La contribución y desafíos de la pequeña minería en Chile”, www.portalminero.com, 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.portalminero.com/pages/viewpage.action?pageId=96738093> (accedido 2 de diciembre de 2021).
- [16] G. Dosi, “Technological paradigms and technological trajectories,” *Res. Policy*, vol. 11, no. 3, pp. 147-162, 1982, doi:10.1016/0048-7333(82)90016-6.
- [17] N. Luhmann, *La Ciencia de la Sociedad*, Guadalajara, México: Anthropos, 1996, pp. 93-124.
- [18] Ministerio de Minería de Chile, Política de Fomento de la Pequeña y Mediana Minería, vol. 76, 2009. [En línea]. Disponible en: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=213823> (accedido: 2 de diciembre de 2021).
- [19] F. Pasten, “Formulación de instrumentos de fomento a la innovación en pequeña minería”, Tesis Magíster, Universidad de Chile, Santiago, Chile, 2013. [En línea]. Disponible: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/115377> (accedido el 2 de diciembre de 2021).
- [20] S. Arancibia, M. Donoso, R. Venegas, and C. Cárdenas, “Identifying key factors affecting culture of innovation: A case study of Chilean medium mining sector,” *J. Technol. Manag. Innov.*, vol. 10, no. 1, pp. 132-145, 2015, doi: 10.4067/s0718-27242015000100010.
- [21] V. Bongiorno, “Diagnóstico actual y futuro de la pequeña minería en la provincia de Tocopilla”, Tesis de Grado, Universidad de Antofagasta, Antofagasta, Chile, 1997.
- [22] Sistemas Web CMSG, Home - Minera San Gerónimo. [Online]. Available: <https://www.cmsg.cl> (accedido el 29 de diciembre de 2021).
- [23] Method for leaching copper oxide, replacing sulfuric acid with a non-polluting organic leaching agent by L. Aghemio, (2012, Jun. 14). Patent WO2012075596A1. [Online]. Available: <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2012075596>
- [24] M. Svampa, “Consensus of the commodities and the language of the valuation in Latin America”, *Nueva Sociedad*, vol. 244, no. 244, pp. 30-46, 2013.