

**SOCIEDAD CHILENA
DE PLANIFICACION**

Documento de Congreso N°35

Circulación restringida.

Primer Congreso Nacional de Planificación
Santiago, Chile, 12 al 14 de Junio de 1989.

INNOVACION Y DESARROLLO TECNOLOGICO: UNA VISION DESDE EL SECTOR MINERO

Juanita C. Gana

INNOVACION Y DESARROLLO TECNOLOGICO:
UNA VISION DESDE EL SECTOR MINERO*

Juanita C. Gana

1. Una perspectiva diferente para el desarrollo tecnológico.

La revolución tecnológica en la que nos encontramos inmersos presenta serios desafíos a economías como la chilena, en términos de obtener una posición ventajosa en el sistema económico mundial. La nueva división internacional del trabajo que plantea la reestructuración industrial aún no está del todo resuelta. En este contexto podríamos afirmar que países como Chile se encuentran en medio de una crisis, que plantea quiebres y nuevas oportunidades. En medio se encuentra nuestra posibilidad de sobrevivir como nación.

Tradicionalmente, el desarrollo tecnológico de los países se ha ligado a la consolidación de sus sectores industriales. Más aún, parte importante de los argumentos que han respaldado los esfuerzos de industrialización de los países de menor desarrollo relativo ha sido, precisamente, el impulso potencial que este proceso significaría a la calificación de sus recursos humanos y al desarrollo tecnológico.

Por el contrario, la expansión de las economías basada en los sectores primarios de recursos naturales ha sido vista por largo tiempo como una manera de perpetuar el subdesarrollo y el estancamiento.

La experiencia chilena de la última década, los cambios estructurales experimentados por su economía y una visión realista de las perspectivas de desarrollo futuro obligan a reflexionar sobre esta tendencia. El reconocimiento del papel fundamental que habrán de jugar los recursos naturales, en cualquier estrategia de desarrollo que se defina para el país, lleva a reconsiderar el vínculo entre recursos naturales y desarrollo tecnológico.

* El siguiente documento se basa en las conclusiones de la investigación "Innovación y Transferencia Tecnológica en la Minería del Cobre en Chile", realizada por el Centro de Estudios del Cobre y la Minería, con el auspicio del International Development Center.

2. Importancia indiscutible de la minería en el desarrollo económico nacional.

Dentro de los recursos naturales, la minería, no obstante los esfuerzos de diversificación que puedan hacerse, seguirá desempeñando un papel principal. En la última década, y en pleno boom de las exportaciones no tradicionales, este sector ha proporcionado sobre el 50% de la entrada de divisas del país y cerca del 90% de los ingresos fiscales en moneda extranjera. Su contribución al presupuesto fiscal total es más baja, alrededor de un 15%. Por último, su aporte a la generación del Producto Geográfico Bruto bordea el 8%.

En el plano internacional la posición de Chile es igualmente importante en los mercados de algunos minerales como el cobre y los minerales no metálicos. Este hecho deja en evidencia, entre otras cosas, el papel fundamental que este sector juega en términos de la inserción del país en el sistema político-económico mundial.

3. La minería como fuente de impulso al desarrollo tecnológico.

Un primer examen superficial de la evolución de la minería en los últimos años sugiere la existencia en ella de una capacidad de desarrollo tecnológico -realizada y potencial- considerable. Capacidad que a su vez posee un gran impacto directo e indirecto en el resto de la estructura productiva, dada la magnitud del subsector dentro de la economía nacional y sus vínculos con sectores como el de la industria de bienes de capital.

Los montos de inversión en el sector alcanzan los 400 millones de dólares anuales, representado cerca de un 15 por ciento de la inversión bruta nacional. Si se examina específicamente el mercado de los bienes de capital, CODELCO por sí solo representa más del 25% de la demanda total de las empresas estatales. Por otra parte, el sector minero constituye una de los principales demandantes de servicios de ingeniería.

4. Modernización tecnológica: un problema de supervivencia para la minería.

Pero la motivación para estudiar el fenómeno tecnológico al interior de este sector va más allá de la influencia que pueda tener sobre otras áreas productivas. Visto de otro modo, el futuro de la minería chilena en general, y del cobre en particular, dependerá del esfuerzo tecnológico aplicado.

La invasión de nuevos materiales, producto de la revolución tecnológica, ha resultado especialmente amenazante para las industrias de metales tradicionales como el cobre. La caída de las tasas de crecimiento del consumo, fruto de los procesos de sustitución y miniaturización que experimenta la producción industrial, ha ocasionado la depresión persistente de los precios.

En el caso del cobre, la situación descrita plantea desafíos de magnitud en dos planos. En el primero, la industria internacional en su conjunto deberá ser capaz de responder al desafío de la competitividad del metal frente a otros metales. La promoción del consumo, el desarrollo de nuevos usos y la reducción de los costos de producción son retos compartidos que lentamente han comenzado a asumirse.

En el plano de los productores individuales, aunque Chile ha podido enfrentar la crisis gracias a sus bajos costos de producción, los productores de otros países no han permanecido del todo pasivos y, aunque con tardanza, varios han reaccionado por la vía de readecuar su producción y optimizar procesos, logrando reducciones de costos significativas. Así, la brecha entre los productores de mayores y menores costos ha tendido a estrecharse.

Simultáneamente, las leyes de los yacimientos chilenos comienzan a descender y la complejidad de su mineralogía va en aumento, ejerciendo una fuerte presión sobre los costos. Igualmente significativo es el impacto del problema medioambiental asociado a la extracción y procesamiento de los minerales.

Con lo anterior, la existencia de ventajas comparativas naturales como fuente de la competitividad internacional ha perdido relevancia.

5. Una dependencia peligrosa e innecesaria.

Bajo estas condiciones es claro que Chile deberá redoblar su preocupación por mantener la competitividad de las operaciones mineras. Y si bien es cierto que, hasta la fecha, empresas como CODELCO han sido capaces de mantener altos niveles de productividad y eficiencia, esto se ha logrado sobre la base de la incorporación rápida y eficaz de las novedades tecnológicas de la industria internacional.

Pero, quiénes conforman la industria internacional?. En esta dimensión, nos encontramos con una industria en la que, tradicionalmente, la preocupación por la investigación y el desarrollo tecnológico ha sido débil. Las tecnologías empleadas hoy día en la industria son básicamente las mismas que se utilizaban desde comienzos de siglo, cuando irrumpieron las tecnologías que permitieron la explotación a gran escala de yacimientos de baja ley. Los desarrollos recientes en su mayoría constituyen optimizaciones de lo existente o "préstamos" de otros sectores. Estamos hablando de una industria tradicional, con alta resistencia a los cambios, aversa al riesgo, cuya principal preocupación, durante largo tiempo, fue producir para abastecer una demanda en constante crecimiento. La preocupación por los aspectos de la comercialización y del salto tecnológico quedaban para otras industrias menos prósperas.

Dados estos antecedentes sobre el comportamiento tradicional de

la industria y los acontecimientos de los últimos tiempos, hay profesionales chilenos que se preguntan, con fundada preocupación, de dónde vendrá la alimentación de nuevas tecnologías.

6. Necesidad de un desarrollo tecnológico autónomo.

Abundan los motivos por los cuales desde el punto de vista del país es fundamental contar con recursos e infraestructura al servicio de la I&D. El lugar central que ocupa la minería en la economía del país y, por lo tanto, la urgencia de resolver los problemas que el desarrollo del sector enfrenta y que debilitan sus ventajas comparativas, son los más evidentes.

Si hasta ahora las empresas nacionales han debido descansar, fundamentalmente, en los desarrollos tecnológicos externos debido a la menor experiencia relativa, hoy día la situación parece, afortunadamente para los tiempos que corren, diferente.

Chile ha llegado a exhibir un nivel de madurez tecnológica que permite pensar en ser audaz a la hora de hacer planes y proyectar, como empresas, como país. No se trata de plantear la autarquía tecnológica, cuestión que sería impensable en un mundo donde la interacción entre las economías es creciente. Independencia y la voluntad de desarrollar una base tecnológica autónoma, sanamente alimentada por el flujo tecnológico externo, parecieran ser la clave.

7. Avances en el desarrollo tecnológico del sector minero.

Hace veinte años, prácticamente la totalidad de la tecnología para la minería era importada. La investigación y el desarrollo tecnológicos eran llevados a cabo por los laboratorios y centros de investigación ligados a las empresas transnacionales que operaban en el sector. Por otra parte, la ingeniería nacional jugaba un papel menor dentro de sus cuadros profesionales.

Hoy día hay algunas experiencias de exportación de tecnología, como es el caso del proceso y los equipos de fundición desarrollados por la División Teniente de CODELCO y, probablemente, dentro de poco tiempo, Cia. Minera Pudahuel estará colocando su experiencia y capacidad tecnológica en los mercados internacionales. El sector cuenta además con dos importantes centros de investigación que actualmente satisfacen no sólo las necesidades de las empresas nacionales sino también, en forma creciente, las de las empresas extranjeras que operan en el país. Estas últimas han formado sus equipos sobre la base de recursos nacionales, los que ocupan los distintos niveles de las empresas, incluyendo las líneas directivas.

En general, dependiendo del área y la tecnología específica, Chile se encuentra actualmente a un nivel comparable con los estándares internacionales.

Naturalmente, también hay problemas. Estamos ante un proceso

dinámico, que no ha concluido y que progresivamente va alcanzando etapas de mayor complejidad.

Pero veamos cómo hemos llegado a dónde estamos.

8. La administración de la variable tecnológica a través de los últimos años.

A modo de síntesis, y a riesgo de simplificar excesivamente dicho proceso, podemos distinguir tres fases en términos de la administración de la tecnología.

En la primera, mediados de los años 50, comienzos de los años 70, se aprecian decisiones explícitas del Estado en diversos ámbitos del sector minero, incluyendo el tecnológico. Se diseñan y aplican políticas, y se echan las bases de la capacidad tecnológica que hoy observamos.

Es el período en que se implementan las especialidades de minas y metalurgia en las universidades, se crean los centros de investigación -el Instituto de Investigaciones Tecnológicas de Chile (INTEC) y el Centro de Investigaciones Minero Metalúrgicas (CIMM)- y se nacionaliza la Gran Minería del Cobre (GMC), decisiones que, puede afirmarse, han sido fundamentales.

La formación de recursos humanos calificados en las universidades chilenas ha permitido la participación creciente de profesionales nacionales en las empresas del sector, incluyendo aquellas cuya propiedad es de compañías extranjeras. No menos importante ha sido la contribución de centros de investigación como el CIMM o el INTEC, o las universidades, cuya presencia en la actividad de I&D tecnológico de las últimas décadas es indiscutible. Su existencia ha permitido la materialización de múltiples e importantes proyectos, apoyando las fases previas de análisis de minerales, experimentación y pruebas a escala de laboratorio, así como el diseño de procesos.

Por último, la mención a la nacionalización de la GMC se hace en el convencimiento de que el éxito de la experiencia de hacerse cargo de las instalaciones de la GMC ha creado confianza en las propias capacidades y un estímulo para enfrentar nuevos desafíos.

Es interesante observar cómo estos tres factores, fruto de acciones explícitamente encaminadas a crear capacidad C&T en el país, han llegado a conformar ventajas comparativas en el sector minero nacional, más allá de aquellas provistas por la naturaleza. En efecto, la existencia de infraestructura y recursos humanos apropiados para resolver las necesidades de las empresas es una ventaja comparativa dinámica del país.

En la segunda fase, mediados de los años 70, años 80, el Estado toma distancia y reduce su actuación al mínimo. Tanto los centros de investigación como las universidades son sometidas a una política de autofinanciamiento que, en el caso de los centros, llega a ser total en los últimos años.

En lo fundamental, el ritmo del desarrollo tecnológico queda definido por la demanda, es decir, por las empresas del sector.

Como complemento, en materia de recursos financieros para la actividad científica y tecnológica, se implementan algunos fondos, de diferente carácter, que permiten a algunas instituciones compensar la reducción del aporte financiero estatal. La asignación de estos fondos no emplea ningún criterio sectorial y es hecha sobre la base de concurso abiertos y generales.

En el caso de las empresas estatales, particularmente en el caso de la GMC, éstas se concentran en la tarea de optimizar las operaciones, una vez que logran hacerse cargo de las instalaciones.

En general, no es posible identificar una política tecnológica y a nivel de las empresas predomina la orientación productiva.

Pero las circunstancias fuerzan a las empresas a ir más allá del día a día. La considerable caída de los precios y el aumento de los costos financieros, la disminución de las leyes y otros problemas, obligan a introducir nuevas tecnologías, adaptar, crear. La meta es la reducción de costos.

En esta fase se desarrollan tecnologías como la del Convertidor Modificado Teniente o la patente de la Cia. Minera Pudahuel.

Finalmente, en la tercera fase, fines de los años 80, se observa a la empresa privada (o estatal pero de orientación privada) tomando conciencia de la dimensión tecnológica, del impacto que tiene sobre su desempeño, y de la posibilidad de actuar sobre ella. La empresa entonces formaliza, introduce nuevas técnicas e intenta reproducir condiciones favorables a la expresión creativa de sus equipos. Paulatinamente se acerca a lo que podría identificarse como una política tecnológica explícita.

Sin embargo, la "administración tecnológica" del sector como un todo presenta vacíos importante. Las empresas como unidades económicas están más preocupadas de maximizar sus utilidades, ubicadas en una perspectiva más bien de corto o mediano plazo. Por lo tanto, el desarrollo tecnológico de más largo plazo, sin un Estado que lo apoye, queda a la deriva.

9. Desafíos futuros.

Hasta este momento el sector minero nacional ha sido capaz de alcanzar un buen nivel tecnológico, en algunas áreas superior al internacional. Se ha creado una buena reputación en los círculos de la industria mundial y, lo que interesa al momento de las evaluaciones, se ha mantenido un alto grado de competitividad en los mercados, bajos costos y las empresas a, pesar de la debacle del precio, han sido capaces de generar utilidades y consolidar posiciones en el mercado.

Sin embargo, la impresión general es que el avance tecnológico ha sido un subproducto de la estrategia productiva y de los problemas operativos concretos.

El mismo CODELCO advierte que el nivel tecnológico actual es destacado pero no basta para enfrentar los problemas de las próximas décadas.

Es necesario dar un paso más adelante, consolidando los éxitos alcanzados y, tal como algunas empresas han comenzado a comprenderlo, administrar el desarrollo tecnológico en función de los objetivos de largo plazo, del sector y del país.

El corto plazo está siendo resuelto de forma eficiente. Pero qué pasa con el largo plazo? corresponde a las empresas productivas ocuparse de la investigación de largo plazo? qué hace el Estado?.

9. Algunas cifras y hechos.

Se estima que en 1988, el gasto sectorial en Investigación y Desarrollo (I&D), oscilaba entre los 5 a 7 millones de dólares, incluyendo proyectos llevados a cabo por CIMM, INTEC, universidades y empresas. De ese total, 3,7 millones de dólares corresponden a gasto de CODELCO.

Esta cifra representaría un 0,1% del valor total de las exportaciones del sector y entre un 6 a 7% del gasto total en I&D realizada en el país.

Las cifras parecen elocuentes y, si no fuesen suficientes, pueden examinarse ejemplos concretos y preocupantes, como lo es la situación por la que atraviesa actualmente el Centro de Investigaciones Minero Metalúrgicas, CIMM.

El CIMM fue creado en 1970 como respuesta a la inquietud por el desarrollo tecnológico del sector, particularmente por la vulnerabilidad que, en tal sentido, podría significar la nacionalización de la Gran Minería del Cobre. Sus objetivos eran los de realizar investigación sobre nuevos procesos, nuevos materiales, nuevos usos.

Se entendía que el Estado y sus empresas (CODELCO, ENAMI), financiarían su operación. No obstante, a partir de 1977 el presupuesto del CIMM pasó a formar parte de la ley de presupuesto, con lo cual el Ministerio de Hacienda se constituyó en el principal elemento de política de desarrollo tecnológico del sector.

Gradualmente, comenzó a reducirse el aporte fiscal imponiéndose al CIMM una política de autofinanciamiento. En 1980 el nivel de autofinanciamiento alcanzó un 44%, en 1988 éste había llegado a 84% y en 1989 se decidió la suspensión total del aporte fiscal al CIMM.

Hasta ahora el CIMM logrado su autofinanciamiento, básicamente a través de la venta de servicios a empresas. Se afirma que de los 4 millones de dólares de presupuesto del CIMM para el año 1988, el 85% proviene de venta de servicios a terceros. De ese total, sólo el 60% corresponde a investigación propiamente tal. El porcentaje restante son servicios rutinarios, produciéndose a veces una competencia de dudosa eficiencia con las empresas de ingeniería.

La supervivencia del CIMM a futuro significará una dependencia absoluta de las empresas y la agudización de los problemas que hoy le afectan. La mayor vinculación entre las empresas y el centro es positiva. Sin embargo, la versión extrema del autofinanciamiento, con la eliminación total del aporte fiscal, afectará la continuidad de los proyectos de investigación de largo plazo y el contenido de los trabajos, así como la asistencia a la pequeña minería que también era cubierta mediante el aporte fiscal.

El CIMM es sólo un ejemplo de la crisis que aqueja igualmente a otros institutos de investigación y a universidades y que, desde una perspectiva global, revela la falta de una política tecnológica para el sector y el deterioro progresivo de un esfuerzo colectivo realizado durante décadas.

10. Necesidad de una visión estratégica.

La importancia del desarrollo tecnológico como fuente del crecimiento económico y social de los países debe llegar a ser algo más que frases. Se requiere una definición estratégica y un compromiso con dicha definición.

En esto, el Estado debe asumir su responsabilidad como representante del bien común y de los objetivos de desarrollo económico y social de ésta y las siguientes generaciones.

La empresa privada debe jugar un papel igualmente relevante y complementario. No obstante, ésta sólo estará dispuesta a involucrarse en aquellos proyectos de rentabilidad clara y riesgo limitado.

Por lo tanto, la I&D de largo plazo debe contar con el apoyo del Estado, particularmente en aquellos temas que, como la contaminación ambiental o el desarrollo tecnológico de la minería de menor tamaño, presentan fuertes externalidades positivas.

Los principales desafíos del desarrollo futuro se encuentran aquí: en la definición de políticas explícitas, objetivos, agentes, mecanismos y recursos, en el corto, mediano y largo plazo. Y, aunque suene obvio, es necesario en esas definiciones hacer un esfuerzo de coordinación y racionalidad en torno a los objetivos definidos. En particular es necesario abordar la interrogante de cuál puede ser la institucionalidad más adecuada para apoyar el trabajo de las empresas y el desarrollo del sector y cómo construir esa institucionalidad.

11. Bases para una política tecnológica en el sector minero.
- i) Una discusión amplia sobre el papel que desempeñará la minería en el corto, mediano y largo plazo del país. Esta discusión debería proveer el marco necesario para las decisiones que hayan de ser tomadas, por ejemplo, en materia de desarrollo tecnológico.
 - ii) Identificación de aquellas áreas que presentan mayor vulnerabilidad en términos de la competitividad del sector, y determinar la conveniencia de efectuar esfuerzos nacionales para enfrentar su desarrollo. Definir asimismo aquellas áreas menos estratégicas y cuyos problemas pueden ser resueltos mediante la adquisición de tecnología extranjera sin debilitar con ello nuestra posición en la industria.
 - iii) Analizar los requerimientos en términos de recursos humanos y financieros, tanto respecto a las áreas estratégicas definidas como, en general en las capacidades necesarias para satisfacer las demandas derivadas de la expansión del sector.
 - iv) En materia de recursos humanos es necesario estimular el perfeccionamiento de los profesionales, tanto dentro como fuera del país, incluyendo tanto estudios de postgrado como asistencia a congresos, seminarios y visitas.
 - v) Especialmente importante es la calificación de los tomadores de decisiones en materia tecnológica, a nivel de empresas, organismos de investigación y de gobierno. Por este motivo, por ejemplo, se aconseja introducir en los programas de estudio de los profesionales del sector, entrenamiento en gestión tecnológica.
 - vi) Igual énfasis debiera darse al desarrollo de ambientes que estimulen la creatividad de los profesionales, tanto en su etapa de formación como en su desempeño posterior.
 - vii) Definir la situación de los centros de investigación. Si bien es importante cuidar el terreno avanzado en cuanto al vínculo entre éstos y las empresas, es necesario diseñar mecanismos de financiamiento que garanticen la continuidad de la investigación de largo plazo. La utilización de dichos fondos debería ser una decisión conjunta de las empresas, los organismos de investigación y el Estado. Igualmente deberán definirse criterios de evaluación con plazos y criterios adecuados al trabajo de investigación.
 - viii) Adicionalmente, debería efectuarse un esfuerzo por mejorar la posición de estas instituciones en la competencia por recursos humanos.
 - ix) Las políticas de inversión de las empresas deberían contemplar la desagregación de los paquetes de inversión y evitar la realización de proyectos llave en mano. Asimismo

deberían revisarse los criterios empleados en la selección de empresas de ingeniería y proveedores. Lo anterior vale tanto para las empresas como para las entidades financieras que respaldan la materialización de estos proyectos.

- x) En aquellos casos en los que la falta de experiencia o la envergadura del proyecto dificulten su desagregación y obliguen su entrega a firmas extranjeras, debería establecerse la obligación de introducir en los equipos a profesionales nacionales a fin de garantizar la transferencia posterior de las tecnologías involucradas.
- xi) Deberían diseñarse esquemas de financiamiento que permitan equiparar el pie de negociación de la ingeniería nacional frente a las contrapartes extranjeras para evitar que éste sea el argumento principal de la contratación de ingeniería extranjera, cuando existe capacidad en el país. Igualmente importante es el respaldo financiero a iniciativas de penetración de mercados externos.
- xii) Del mismo modo, se propone mejorar y aumentar los fondos destinados a financiar el desarrollo tecnológico hecho por las empresas de equipos y bienes de capital.
- xiii) En el caso de las empresas estatales se sugiere dar una mayor autonomía a fin de que éstas puedan definir su políticas de inversión en I&D, conforme a su proyección estratégica en los mercados, evitando que ésta quede supeditada a decisiones del Ministerio de Hacienda.
- xiv) En el caso específico de CODELCO, se destaca la actual iniciativa de la empresa en cuanto a crear un comité de I & D a nivel central, permitiendo reunir y aprovechar el inmenso capital que posee: recursos humanos altamente calificados, experiencia y un laboratorio gigantesco.
- xv) Definir el rol del Estado en la transferencia de tecnología hacia la minería de menor tamaño. En este caso, el problema tecnológico, si bien tiene impactos menores sobre los grandes agregados macroeconómicos, es serio y de repercusiones sobre los niveles de ingreso y la calidad de vida a nivel regional.
- xvi) Revisar la política de patentes con el objeto de compatibilizar la necesidad de proteger la inversión de aquellas empresas que realizan investigación y, al mismo tiempo, de transferir tecnología.
- xvii) Desarrollar sistemas de información y redes de comunicación que permitan mantener un conocimiento actualizado del estado del arte en las distintas áreas. Esto puede involucrar tanto bases de datos como material bibliográfico adecuado. Especial importancia debe darse a evitar la duplicación de esfuerzos.
- xviii) Realizar una evaluación del impacto que el cambio

tecnológico ha tenido y tendrá sobre la intensidad de uso de mano de obra y sobre la calidad del trabajo. Si bien la mantención de la competitividad en las grandes empresas pareciera llevar a la mecanización y automatización crecientes, es necesario determinar las necesidades que ello involucra en cuanto a capacitación de la mano de obra y creación de alternativas que reabsorban a aquellos sectores que sean expulsados del sector.

- ix) Se propone la creación de un instituto de los materiales que, dada la importancia del tema y el impacto que éste puede tener en el desarrollo futuro del sector, investigue las tendencias de la industria, las oportunidades del país, coordine la investigación de nuevos materiales, procesos y productos desarrollada por centros, universidades y empresas.