

## REFLEXIONES SOBRE LA INNOVACIÓN EN MINERÍA

Este libro trata sobre la innovación en la minería global y analiza las condiciones para desarrollar desde Chile innovación en minería. Para ello se encomendó a los autores de este volumen escribir ocho artículos sobre diversas perspectivas de la innovación. La elaboración de los artículos y la publicación del libro fue patrocinado por la Iniciativa de Investigación sobre Políticas Mineras (IIPM) del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) de Canadá.

Entiendo por innovación la definición del Manual de Frascati: “Las actividades de innovación tecnológica son el conjunto de etapas científicas, tecnológicas, organizativas, financieras y comerciales, incluyendo las inversiones en nuevos conocimientos, que llevan o que intentan llevar a la implementación de productos y de procesos nuevos o mejorados”.

La innovación conduce a la creación de nuevas tecnologías y a elevar la productividad de las personas, de las empresas y de los países.

Y tal como lo plantea el célebre economista Paul Krugman, hay una relación directa entre la productividad y el desarrollo económico de los países. *“La productividad no es todo, pero en el largo plazo es casi todo. La habilidad de un país para mejorar su estándar de vida en el tiempo depende casi totalmente en su habilidad para mejorar la productividad por trabajador”*.

Por otra parte, el Foro Económico Mundial incluye la innovación como uno de los nueve pilares del Índice de Competitividad Global (ICG). Los otros ocho índices son, las instituciones, la infraestructura, la macroeconomía, la salud y la educación primaria, la educación superior, la eficiencia del mercado, la capacidad tecnológica, y la sofisticación empresarial.

Entonces, hay una línea conductora directa entre la innovación y el desarrollo de los países. En otras palabras, sin innovación no es posible que alcancemos en Chile el bienestar material de los países desarrollados del mundo en el futuro.

Tal como indica Rosario Retamal en su artículo “Innovación: investigación hacia el Valle de la Muerte” en este volumen, en 2005-2006, Chile estuvo en un club privilegiado de sólo seis países que fueron número uno en algunos de los nueve pilares

del ICG. Ello fue en macroeconomía. Los dos peores índices ICG para Chile en 2005 fueron número 41 en innovación y número 42 en educación superior.

Ello señala que el país está muy atrasado en innovación y los procesos que conducen a ella, y que es necesario revisar profundamente los paradigmas que intentaron impulsar la innovación en el pasado.

El hecho que el país lo haya hecho mal en el pasado en el ámbito de la innovación es también una oportunidad. Primero, porque es mucho más fácil crecer para un sistema pequeño. Segundo, porque la elite del país, en lo político, en lo económico y en lo académico, reconoce que esta es una prioridad fundamental para el desarrollo. Tercero porque el Estado se apropió de recursos –a partir de la minería– que están siendo destinados a promover y desarrollar la innovación y que representan un aumento sustancial del aporte del Estado a dicha actividad, y cuarto, porque desde 2005 a 2007 Chile acumulará más del 20% del PIB en ahorro, también a partir de la minería, lo que indica muy posiblemente que el proceso de innovación no estará limitado debido a falta de fondos provenientes del Estado durante un tiempo considerable.

Y específicamente en la minería, la oportunidad está dada por el hecho que esta ha sido tremendamente exitosa en Chile desde 1990 en atraer inmensas inversiones, introducir nuevas tecnologías mineras, de gestión, y ambientales, y en aumentar la productividad de tal forma de mantenerse como un segmento altamente competitivo de la industria global del cobre. Marcos Lima y Patricio Meller planteaban en el volumen I del Foro en Economía de Minerías, en un artículo sobre el *cluster*<sup>1</sup> minero, que si todo el resto de los sectores productivos chilenos utilizaran un nivel tecnológico similar al de la minería, Chile sería actualmente un país desarrollado.

Lima y Meller también señalaban en el volumen I del Foro en Economía de Minerías, “al analizar múltiples experiencias llevadas a cabo en muchas partes del mundo, se ha demostrado que un *cluster* exitoso normalmente atrae a nuevos empresarios, incentiva las inversiones, genera innovaciones técnicas y entusiasmo con ideas. Implica crear un círculo virtuoso de desarrollo económico sostenido”. Asimismo, “los *clusters* representan una confluencia de varias teorías económicas sobre el desarrollo de las empresas, regiones y países: cooperación entre empresas (*networks*), aglomeraciones (*external economies*), capital social (*associative behavior*), y transferencia y difusión de tecnologías (*knowledge spillover*). Los *clusters* se han ido imponiendo como un modelo adecuado para el desarrollo de empresas, regiones y países. A este modelo se asocian los conceptos de eficiencia colectiva, cooperación/competencia, relaciones intra cluster basadas en la confianza, fuerte innovación tecnológica y una visión compartida de largo plazo. Es una estrategia de desarrollo para los tiempos futuros”.

<sup>1</sup> *Cluster* en el contexto de este artículo significa grupo de empresas, instituciones privadas y públicas, universidades, que han constituido un conjunto con mayor valor agregado que la suma de estas entidades en forma individual.

¿Qué posibilidades tenemos de avanzar más rápidamente hacia esta verdadera “cultura” de *clusters* exitosos?

La innovación en minería, asimismo como la minería del cobre o cualquier otra, son industrias globales. En producción de cobre Chile es primero, lejos de sus más cercanos competidores. En innovación en minería, Chile es pequeño, medido en patentes de invención, en empresas de ingeniería de gran tamaño, en producción de bienes tecnológicos avanzados para la minería, en número de empresas que se dedican a la innovación en minería, y en número de investigadores involucrados en la investigación y desarrollo para el sector. La industria de innovación en minería está impulsada no sólo por la propia minería a nivel global, sino que por industrias tales como la de la construcción, el transporte, las comunicaciones, la energía, el medio ambiente y muchas otras.

Un *proxy* o equivalente de la dimensión de la industria de la innovación relacionada con la minería del cobre es el valor de las ventas de la minería de los principales metales y minerales a nivel global, incluidos el cobre, el carbón, el hierro, el aluminio, el oro, el cinc, el níquel, los diamantes y otros. En este conjunto, el cobre representó el 32% de las ventas totales globales en 2006. Pero en 2003, un año de precios bajos, el cobre representaba cerca del 10% de las ventas globales de estas industrias minerales. Por ende, si bien Chile tiene en los años de auge del precio, una participación interesante (cerca de 10% de las ventas mundiales) en términos de valor de ventas o ingresos de las empresas mineras, en un año de precios bajos esta participación baja al 3% de las ventas mineras mundiales. Este equivalente o *proxy* no considera otras industrias que utilizan las tecnologías del cobre.

Por lo anterior, es irreal pensar que la industria de la innovación en minería que se pueda generar en Chile pueda alcanzar las cifras de participación de la minería del cobre chileno. Además, hay que considerar que Chile está muy atrasado en esta carrera con respecto a los países que generan la innovación para la minería, tales como Canadá, Estados Unidos, Australia, y según Urzúa, también varios países de Europa y Sudáfrica. Urzúa plantea que durante las últimas décadas, la industria minera mundial ha estado experimentado altas tasas de innovación, en prácticamente todas las funciones y operaciones de la industria, lo que ha permitido elevar continuamente la productividad. Ello, acompañado por la internacionalización de las compañías mineras y por la externalización de sus servicios. Muchos de estos proveedores de servicios se transformaron también en empresas globales. En otras palabras, la innovación es desarrollada actualmente por las compañías mineras, pero también por otros actores, especialmente aquellos que son intensivos en conocimiento. La globalización, así como la diversificación de los generadores de innovación, conforman lo que Urzúa denomina el “rejuvenecimiento tecnológico” de la industria minera, la que ha tenido un fuerte impacto en incrementar la competitividad.

Lo anterior no significa, sin embargo, que el *cluster* minero que se ha formado en Chile no tenga oportunidades en el negocio de la innovación global.

De hecho las tiene y de sobra, por dos motivos: primero porque hay problemas tecnológicos específicos que está enfrentando la minería chilena y sabemos que enfrentará crecientemente en los próximos 20 años, y que si no son resueltos en Chile antes que en el resto del mundo, la minería del cobre se irá quedando atrás en términos competitivos. Y segundo, porque muchas de estas tecnologías son también aplicables a los problemas que enfrentará la minería mundial en las próximas décadas. Algunas de las principales son: explotación subterránea de gran dimensión y a profundidad considerable, herramientas tecnológicas para el manejo y planificación de explotación subterránea; tecnologías para la detección de yacimientos de pórfidos de profundidad, los que se presume existen en Chile en grandes dimensiones; nuevos métodos de lixiviación de sulfuros primarios de cobre, y muchos otros temas, como lo señala en 2007 el informe sobre el *cluster* minero elaborado para el Consejo Nacional de Innovación por el Boston Consulting Group.

El *cluster* minero chileno, está formado por las empresas mineras, por las empresas proveedoras de bienes y servicios para la minería, por las instituciones que realizan I+D en temas relacionados con la minería y por las instituciones que forman especialistas para la minería, ya sea a nivel técnico o universitario.

En el artículo de Juan Ignacio Guzmán y otros, en este volumen, se indica que había 3443 empresas registradas en Chile en 2006 como proveedoras de bienes y servicios para la minería, que aproximadamente unas 1500 de éstas realizaban más del 50% de sus ventas a la minería, que el 27% del total exportaron sus productos, mientras que el 55% de las empresas declara haber realizado actividades de investigación y desarrollo (I+D) en 2006 al interior de la empresa, pero sólo el 17% de las empresas habían contratado post-graduados en este año. Estos autores encontraron que la correlación entre la percepción de capacidad de innovación y la percepción de capital humano es alta, lo que representa una paradoja dado el bajo nivel de contratación de personal con postgrado. Es evidente que hay aquí una base para desarrollar una actividad de innovación mucho mayor que la que se está llevando a cabo en la actualidad. Y también es obvio que el desarrollo del *cluster* minero chileno debe adquirir una vocación exportadora, que ahora tiene sólo en forma embrionaria.

Uno de los componentes del *cluster* minero, la comunidad científica competente para realizar I+D en materias mineras y metalúrgicas, es escasa naturalmente, ya que en las universidades más prestigiadas cuesta conseguir alumnos para seguir las carreras asociadas a la minería. Ello es algo que hemos observado desde hace al menos un par de décadas en los países desarrollados, en los que los alumnos y las carreras que estudian la minería se han reducido sistemáticamente, llegando hasta el punto actual en que hay un claro déficit de profesionales con

formación de excelencia para la minería mundial. Ello sería una de las limitantes para que la industria del cobre no logre proporcionar una mayor producción para satisfacer la demanda en los próximos años.

Uno podría esperar, sin embargo, que Chile estuviera al margen de estas tendencias, dado que el país tiene el laboratorio minero más grande del mundo, con una minería exuberante de tecnologías y recursos, con los mejores sueldos del mercado para los ingenieros de minas y geólogos. La masa de los alumnos de excelencia prefiere otras carreras, las que les dan acceso amplio a un mercado laboral sin exigencias de terreno y con excitantes oportunidades tecnológicas. Como ejemplo, en las Universidades de Chile y Católica de Chile sumadas, se consigue como máximo alrededor de 50 alumnos por año para las carreras en minería, cuando lo que requiere el mercado chileno y global es mucho más.

Esto es, por cierto, una paradoja, que resulta en que desde 2000, y posiblemente en la década anterior, menos del 5% de los recursos estatales para I+D fueron asignados a la minería. Ello contrasta fuertemente con la presencia del *cluster* minero que discutíamos anteriormente. La causa de este tremendo desbalance nos incita fuertemente a buscar las razones de la baja atracción de talento que suscita la minería en Chile, cuestión que está fuera del alcance de este volumen, pero que es un problema fundamental del sector.

Pero más allá de buscar las razones, está claro que hay que impulsar con mucho más fuerza por parte del Estado y de la industria, las formas de atraer más alumnos brillantes a la minería. En este sentido, los esfuerzos de Conicyt en 2006 fueron tímidos. Premunida con recursos frescos del *Royalty*<sup>2</sup>, asignó más becas de doctorado que en años anteriores a las carreras de ingeniería, pero hubo muchos alumnos de gran calidad que quedaron fuera. Cuando vemos que el presupuesto del *Royalty* de 2006 no se va a gastar sino en una fracción, ello resulta inexplicable.

En la minería del cobre en Chile, casi la totalidad de la innovación se debe a Codelco, incluida su empresa "Instituto de Innovación en Minería y Metalurgia", IM2, como lo plantea el artículo de Armando Valenzuela en este volumen. Codelco ha invertido anualmente desde 2000 hasta un 0,4% de las ventas en innovación, lo que comparado con la industria minera global es modesto, llegando esta a valores de poco menos de 1%, y lo que comparado con las industrias tecnológicas de punta, es modestísimo, llegando éstas a invertir hasta poco menos de 10% de sus ventas en I+D. De acuerdo a Valenzuela, la única empresa minera no cobre que tiene un programa importante de investigación y desarrollo en Chile es Soquimich. Paul Bartos analiza en detalle la inversión que las empresas mineras hacen en innovación y concluye que es posible que el monto invertido se haya reducido en

2 Impuesto adicional a la minería que fue votado en 2005 por el Congreso de Chile y comenzó a aplicarse en 2006.

las últimas dos décadas, en parte debido a la consolidación de la industria, ya que cuando dos empresas se fusionan la inversión en innovación no se suma sino que se reduce. Este autor relaciona los bajos índices de rentabilidad de la minería global en el período 1977-2003 con la baja inversión en innovación. Bartos plantea que la industria minera ha cosechado las innovaciones tecnológicas de otras industrias y con ello ha generado aumentos incrementales en productividad, y añade que algunas de las innovaciones que dieron origen a dicho aumento en productividad se estarían agotando. Menciona las economías de escala en el transporte de materiales como el ejemplo principal de esto.

Por otro lado las empresas extranjeras no han ingresado en forma relevante al proceso de innovación en Chile. Hay que indicar, sin embargo, que prácticamente todas las empresas extranjeras están haciendo innovaciones en sus procesos, dirigidas fundamentalmente a reducir sus costos y mejorar el uso de la energía, del agua y de otros recursos. Pero dichas investigaciones e innovaciones son realizadas, la inmensa mayoría de las veces, en forma interna, y sin resultados en patentes. Por otra parte, estas empresas no reportan en sus memorias la inversión en innovación. En el mundo globalizado de 2007 las empresas contratan los servicios donde estos sean más rentables, en este caso, en el largo plazo. La gran asociatividad de la academia y de la industria en Australia, Canadá y Sudáfrica está siendo desarrollada rápidamente en estos años de auge en el precio de los *commodities* minerales, y podemos esperar que la estructura de la innovación mundial esté francamente cambiada dentro de esta década. Esto es una gran oportunidad para Chile, y si no lo hace bien, representa una gran amenaza. Por ello es que las razones para el no ingreso relevante de las empresas transnacionales mineras a la innovación en Chile hay que buscarlas en el terreno de la falta de incentivos y condiciones, y a la existencia de potenciales barreras de entrada. La falta de incentivos puede estar dada no sólo por falta de recursos económicos en el pasado<sup>3</sup>, sino que por un insuficiente mercado científico en temas relevantes.

Según Urzúa, “las barreras para entrar y participar en las cadenas de valor de la industria minera global son controladas de forma significativa por las corporaciones mineras multinacionales”. Tal como ya se indicó, Codelco es la única empresa que realiza I+D significativa en minería del cobre en Chile desde fines de los 90, tiene un fuerte peso en las decisiones de los fondos estatales que financian I+D en minería. En otras palabras, este sistema de organización tendría pocos incentivos para que los investigadores se dediquen a investigar la minería ya que prácticamente hay un solo interlocutor y este impone frecuentemente sus condiciones. Estas condiciones se extienden también a la propiedad comercial sobre los productos

creados. Si el país quiere competir en el terreno de la innovación en minería con los grandes, como Australia, Canadá y con Sudáfrica, hay que crear más empresas que hacen innovación y atraer más talento, si es necesario desde fuera de Chile, a esta área. Y hay que fortalecer a las organizaciones gestoras tecnológicas independientes para que puedan acoger a los inventores en el campo de la minería, otorgándoles seguridad, garantías, confianza y apoyo.

A la vez que consideramos las oportunidades para el sistema de innovación, hay que tener presentes las amenazas. Para la inmensa mayoría de los chilenos la innovación no está en absoluto entre sus prioridades para el gasto de los recursos del Estado; segundo, el rol menor que tiene la industria con respecto al Estado en el financiamiento de la innovación y el rol de motor que debe lograr para que el proceso de innovación arranque con fuerza; tercero, la necesidad de acertar en las políticas y acciones para la innovación que debe impulsar el Estado, cuestión no trivial sobre todo porque no hay un diagnóstico común; cuarto, el bajo respeto por la propiedad intelectual en el país, la que está reportada como una de las más bajas del mundo por el índice de derechos de propiedad elaborado por el “Property Rights Alliance” de Estados Unidos de Norte América en 2007; y finalmente, lograr el uso transparente de los fondos estatales para la innovación, lo que a la luz de quienes desean apropiarse de estos recursos, será complejo de lograr.

Estos son desafíos impresionantes para avanzar en innovación, porque lo que aquí se requiere es modificar una cultura, una visión del mundo en donde el Estado se sienta padre del proceso, los científicos crean que saben cómo lograr la innovación y la industria, que está recién comenzando, aprenda el rol de líder que debe adoptar. En definitiva, el éxito depende en que estos tres actores puedan encontrar no sólo un diagnóstico común, sino que concordar en una visión sobre los premios que se lograrán con una innovación exitosa. Esta cultura de innovación exitosa para la innovación ya existe en los países con quienes competimos en innovación en minería. Dan cuenta de ello los artículos de este volumen sobre experiencias en Australia de Peter Knights y Michael Hood y en Canadá de John Udd y otros.

Es claro que el país no logrará en el corto plazo que la innovación sea primordial para los chilenos. Las necesidades sociales, mayor trabajo, mejor salud, educación y viviendas, así como mayor equidad, seguirán siendo las prioridades del país por muchos años. Por ello resulta inexplicable que las ciencias sociales, las humanidades, las artes, la economía y todas las disciplinas que estudian los aspectos sociales, económicos y culturales estén casi totalmente olvidadas. Un sistema de innovación que construye grandes fortalezas en el área de las ciencias naturales, de la medicina, de la ingeniería, y de las disciplinas aplicadas a la producción, pero que deja en la inopia al resto del saber, fomenta inequidades intelectuales que un país en progreso no puede soportar en el largo plazo.

<sup>3</sup> Desde 2007 existe una ley de incentivos tributarios para la inversión en innovación por parte de las empresas.

En los países que experimentaron crecimiento económico acelerado en el pasado, la industria fue el motor de la innovación y de las nuevas tecnologías. En el caso chileno, como indica R. Retamal, si bien el peso de la industria chilena ha ido aumentando en los últimos años en términos de financiamiento de la innovación, está muy detrás de aquellos países en que la innovación es la clave del éxito económico. Para lograr un proceso robusto de innovación nacional se requiere no sólo de recursos económicos, sino que de una cultura de innovación inexistente, junto con conocimiento y experiencia en el proceso de innovación de todos los actores, cuestión que en Chile existe en forma incipiente, según todos los indicadores disponibles.

Para que las políticas y acciones para la innovación sean certeras y eficaces en el país, debe haber un diagnóstico común, es decir, hay que estar de acuerdo en cuánto invertir, cuando hacerlo, en qué temas, utilizando qué instrumentos, asignados a qué actores. La lucha encarnizada por apropiarse del presupuesto del llamado *Royalty* para 2007 desde las regiones, así como las acciones por parte de la cúpula científica del país para lograr el mismo propósito, hace patente que dicho diagnóstico común no existe aún. Lo paradójico de este proceso de apropiación es que los que tienen mayor posibilidad de apoderarse de estos recursos son los segmentos más fuertes, los que tuvieron los recursos en el pasado, lo que conduciría a que los nuevos recursos del *Royalty* se concentren en los mismos grupos que no fueron capaces de generar innovación en el pasado y que tienen a Chile en el lugar 41 del mundo. Esta, claramente, no es la solución.

La receta más certera para lograr un diagnóstico común, parece ser una muy sencilla, que los actores relevantes de la innovación trabajen juntos, elaborando la estrategia de desarrollo de la innovación, en el seno del Consejo Nacional de Innovación.

Un paso clave en esta dirección fue dado en 2007 mediante la incorporación de representantes de las universidades que hacen investigación en Chile al Consejo de Innovación. Ello ocurrió después de una dura batalla, la que aún no está zanjada, por apoderarse de una fracción importante de los fondos del *Royalty* por parte de grupos de científicos. Además, hay evidencia –o por lo menos una hipótesis– que más allá de asegurar que se provea de recursos de largo plazo a los grupos científicos más productivos, el aumento de la productividad científica y de la innovación está limitado porque la capacidad nacional científica actual está rindiendo casi al máximo de lo que puede dar. Por ello es clave jugarse por la incorporación de nuevos talentos en este terreno, lo que significa armar un programa masivo para doctorar a una generación de chilenos.

La composición del Consejo Nacional de Innovación sigue siendo un problema para lograr un diagnóstico común, ya que la industria está sub representada.

Retamal plantea que el eslabón más débil de la cadena de valor de la innovación es la gestión tecnológica – eslabón que ha sido denominado “Valle de la Muerte”. En este valle, los riesgos son altos y diversos. Es esta la zona en donde las ideas se protegen, se transan, se negocian, se valorizan, se venden y se compran, se pierden, se potencian, y en numerosas ocasiones se roban. Es aquí donde se conjuga el conocimiento, con la creación intelectual, con la idea innovadora, con el invento, con la confidencialidad de la innovación, con la protección de esta, con el dueño del capital, con el mercado.

Entiéndase por gestión tecnológica, la protección y gestión (uso) de la propiedad industrial, función cumplida por organizaciones como OTRI Chile (la que agrupa a cinco universidades), Endeavor, Fundación Copec-UC y otras; el financiamiento de la innovación, mediante fondos de inversión de riesgo tecnológico, inversionistas ángel, fondos estatales y fondos propios de las empresas. Hasta 2006 brillan por su ausencia fondos de inversión de riesgo tecnológico en Chile; otro segmento de la gestión tecnológica son, el desarrollo de nuevas empresas tecnológicas, mediante incubadoras y otras organizaciones; la comunicación entre el sector científico tecnológico y la industria, función cumplida por los recientemente creados consorcios tecnológicos (2006); la realización de nuevos emprendimientos, como los llevados a cabo por Fundación Chile, Endeavor Chile, e IM2; y la comercialización de los productos desarrollados en la innovación. Esta última función ha sido desarrollada por OTRI Chile, Fundación Copec UC, Fundación Chile, Dictuc SA, Iditem, Fundación para la vida, y otras organizaciones gestoras tecnológicas.

Muchas de las grandes empresas transnacionales han desarrollado organizaciones internas que cumplen el rol de gestores tecnológicos (Microsoft, Bell Labs, IBM, Sony, Bayer, etc.). En Chile por ejemplo, Codelco realiza sus esfuerzos de innovación a través del IM2, y esta organización desarrolla las funciones de comunicación con el sector científico tecnológico, proteger la propiedad industrial –con la ayuda de estudios de abogados especializados en Chile– consigue el financiamiento para sus proyectos a través de Codelco y fondos estatales o privados, comercializa los productos desarrollados, usualmente dentro de Codelco. Cabe agregar que Codelco participa en numerosos negocios tecnológicos adicionales, mediante diversas empresas y organizaciones, tales como Biosigma, y hasta el 2006 mediante Alliance Copper, estas dos empresas orientadas a la investigación en biotecnología.

La función de los gestores o *brokers* tecnológicos es tan clave e irremplazable que, a diferencia de los asesores tecnológicos, que si los hay, los “gestores” pasan a ser socios del negocio tecnológico. En Estados Unidos, por ejemplo, algunas de las organizaciones de las universidades, similares a OTRI Chile, llegan a tener hasta un 30% de la participación en la propiedad industrial de las innovaciones que han colocado en el mercado mediante licencias u otros instrumentos.

Los gestores tecnológicos como Otri, Dictuc SA, Idiem, Fundación Chile y otros, tienen o deberían tener el conocimiento necesario para identificar aquellas investigaciones que tienen futuro, elegir las mejores formas para la protección de la propiedad industrial, y contar con las redes de contactos y los conocimientos necesarios para determinar el o los mercados, chilenos y/o mundiales, que permitan transformar la nueva tecnología en un producto comercialmente rentable.

En definitiva, si bien las funciones de la “gestión tecnológica” pueden ser realizadas por los inventores mismos sin recurrir sino a asesorías externas, es decir sin ceder una parte del negocio, son pocos los ejemplos exitosos de ello. Los bajos índices de patentamiento chileno en el exterior son paradójicos cuando se constata que en los concursos de patentamiento abiertos recién desde 2005 en Chile, hay cientos de inventores e innovadores ávidos de llevar sus ideas al mercado. Muchos de ellos son autodidáctas, no cuentan con estudios formales para realizar I+D. Sólo desean que alguien les de financiamiento para sus proyectos, les indiquen las mejores vías para proteger sus tecnologías, los lleven a los mercados óptimos en Chile y en el mundo, y que les aseguren mantener una fracción interesante del negocio. La inmensa mayoría de estos innovadores conocen su terreno de investigación —o de innovación, pero desconocen el camino hacia adelante y sus costos. Desean tener un interlocutor que no los despoje de sus ideas, que respete sus derechos intelectuales y comerciales. Ello, en un país como Chile en donde la piratería de la propiedad intelectual es pan de cada día, es extremadamente difícil de lograr. Por ello, organizaciones propiamente universitarias como la Otri, deberían marcar la diferencia.

Un aspecto clave de la gestión tecnológica es que el proceso de innovación no llegue sólo hasta la venta del producto sino que se extienda al perfeccionamiento de esta innovación en el tiempo. Así, por ejemplo, Bartos y Valenzuela en este volumen, analizan el desarrollo de la tecnología de lixiviación y extracción por solventes y dan cuenta de los mejoramientos incrementales que ésta fue experimentando desde su inicio. El área de la lixiviación de minerales ha sido desde los años 70, una de las más activas en la investigación y desarrollo, y hasta la fecha de publicación de este libro en 2007, no se había elaborado aún un proceso de lixiviación bacteriano de temperatura ambiente, económicamente viable, para los minerales de cobre más abundantes en el planeta, los sulfuros primarios de cobre, de estructura compleja.

El gestor tecnológico exitoso es, en definitiva, el que maximiza el negocio de la innovación en el tiempo, posibilitando que el equipo de innovadores, los capitalistas y empresarios e incluyéndose a sí mismo, capturen la renta del negocio que aseguran el éxito del proyecto en el tiempo, que dejan a todos satisfechos, con la sensación de que obtuvieron lo justo por su trabajo.

Si hubiera que elegir las tres iniciativas más importantes para que el sistema de innovación chileno avanzara más rápidamente por un camino hacia el éxito, me

inscribo con lo siguiente: primero que el Consejo Nacional de Innovación le de mayoría en su seno al que tiene que ser el motor del proceso. La industria. Sin ello va a ser difícil lograr un diagnóstico y una estrategia común.

Segundo, que el Estado impulse con la mayor fuerza ahora, un gran programa nacional e internacional para que una generación masiva de alumnos brillantes de las universidades realice doctorados en Chile y en el extranjero en ciencias básicas, en ingeniería, en ciencias sociales, en humanidades, en artes y en economía. Una de las limitantes más importantes del proceso de innovación actual es el número de investigadores que están preparados para hacer innovación en todos los campos. Como se dijo, ello es especialmente relevante en el ámbito minero. En el pasado existió la falsa premisa de que no era conveniente formar más doctores porque la industria no los contrataba. La parte falsa de esta premisa es que el círculo vicioso no se rompe creando mayor demanda por doctores, sino que creando una generación de científicos que a la vez sean emprendedores, creen sus propias empresas, además de trabajar en las universidades y en la industria. Los países con personas más educadas no se estancan sino que florecen, ya que estas personas están más capacitadas para crear nuevos empleos y mayor riqueza que las personas con menor educación.

Y tercero, que la estrategia de innovación contemple los recursos para crear los medios para que surjan con fuerza las organizaciones y empresas de gestión tecnológica, en sus diversas formas, incluyendo el ámbito minero. Lo que se ha hecho hasta ahora es tímido, insuficiente. Hay evidencia a nivel global que las organizaciones y empresas de gestión tecnológica no pueden surgir solamente empujadas por el mercado. Aquí hay fuertes incentivos y subsidios que debe proveer el Estado, garantizando no sólo que se establezcan todas las funciones, organizaciones y empresas de la cadena de valor de la innovación, sino que los recursos proporcionados sean suficientes para asegurar que las personas que manejen estas empresas y organizaciones sean del más alto nivel intelectual del país.

**Gustavo Lagos C.C.**

Director del Centro de Minería  
Pontificia Universidad Católica de Chile