

**EL CLUSTER MINERO PERUANO EN ACCIÓN:
EL CASO DE TAMBORAQUE**

Juana R. Kuramoto

Julio 2000

Lima - Perú

La investigación en la que se basa este trabajo fue financiada por el Consorcio de Investigación Económica (CIES). La autora es investigadora asociada del Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE). Se agradecen los comentarios y sugerencias hechos por Rudolf Buitelaar y por un lector anónimo. Enviar correspondencia a kuramoto@grade.org.pe

Contenido

1.	Introducción	3
2.	Clusters industriales y aprendizaje	5
3.	Caracterización tecnológica de la minería.....	21
3.1	La pequeña y mediana minería en el Perú	23
4.	El proyecto minero de Tamboraque	25
4.1	Antecedentes del proyecto.....	25
4.2	Descripción del proyecto.....	27
4.3	Agentes involucrados	28
4.3.1	<i>Minera Lizandro Proaño S.A.</i>	30
4.2.2	<i>TECSUP</i>	31
4.2.3	<i>FIMA S.A.</i>	32
4.2.4	<i>Procesadora Sudamericana S.A.</i>	33
5.	El proyecto Tamboraque a la luz del concepto de <i>clusters</i>.....	33
5.1	Los elementos del ‘diamante’ de Porter	34
5.2	Capacidades productivas y tecnológicas	36
5.2.1	<i>Minera Lizandro Proaño S.A.</i>	36
5.2.2	<i>TECSUP</i>	50
5.2.3	<i>FIMA</i>	62
5.2.4	<i>Procesadora Sudamericana</i>	64
5.3	Aprendizaje y transmisión del conocimiento.....	76
5.3.1	<i>MLPSA</i>	76
5.3.2	<i>TECSUP</i>	78
5.3.3	<i>FIMA S.A.</i>	80
5.3.4	<i>Procesadora Sudamericana S.A.</i>	80
6.	Aproximación a un <i>cluster</i> minero dinámico.....	81
6.1	Capacidades y transferencia tecnológica en un <i>cluster</i> dinámico	81
6.2	Lineamientos de política	83
7.	Conclusiones.....	85
8.	Referencias	88
ANEXOS		

EL CLUSTER MINERO PERUANO EN ACCIÓN: EL CASO DE TAMBORAQUE

1. Introducción

Los resultados preliminares del proyecto: “Estudio de caso de la minería en el Perú: Una Estrategia de Desarrollo Basada en Recursos Naturales” (Kuramoto, 1999) sugieren que las empresas de gran minería contribuyen relativamente poco al fortalecimiento de los proveedores mineros nacionales debido a su escaso nivel de compras nacionales. Algunos factores que contribuyen a esta situación son la existencia de créditos atados, los contratos de desarrollo de proyectos mineros bajo la modalidad EPCM (ingeniería, compras, construcción y gerencia) y los altos requerimientos tecnológicos de las grandes empresas mineras. Los altos montos de inversión requeridos para el desarrollo de un proyecto minero han ido aumentando a lo largo del tiempo. Por ejemplo, la construcción del proyecto de Toquepala, que fue considerado como uno de los mayores proyectos mineros a fines de los cincuenta, requirió una inversión de alrededor de US\$ 700 millones, mientras que proyectos recientes como Bajo La Alumbra (Argentina), El Teniente (Chile) y Antamina (Perú) sobrepasan todos los US\$ 2,000 millones. Estos altos requerimientos de capital obligan que se adquieran créditos a través de bancos, pero también de proveedores y futuros clientes. Es así, que desde un inicio se define la compra de algunos equipos clave para la operación.

Del mismo modo, los contratos EPCM otorgan a las empresas de ingeniería un rol fundamental en la adquisición de equipos. Estas empresas al gerenciar el proyecto minero deciden sobre las compras de los equipos necesarios para el minado, la planta procesadora y otras obras. Al tener una cartera de proveedores con los cuales las empresas de ingeniería trabajan regularmente, los proveedores nacionales generalmente se encuentran en desventaja teniendo que conformarse con contratos relativamente pequeños.

Finalmente, los requerimientos tecnológicos de las grandes empresas mineras pocas veces pueden ser satisfechos por las empresas nacionales. Ejemplos de esto son los equipos que son producidos sólo por la empresa creadora de la tecnología; reactivos que no son producidos en el país, etc. Asimismo, parece que existen fallas de mercado debido a que las grandes empresas no tienen conocimiento de las capacidades tecnológicas de los proveedores nacionales mientras que éstos últimos carecen de un eficiente sistema de mercadeo que le permita llegar a las grandes empresas mineras.

Otro resultado del proyecto de investigación indica que el aumento de la producción minera tampoco incentiva el desarrollo de industrias que usan los minerales como principal insumo. Esto se debe al limitado nivel de procesamiento de la producción minera nacional debido a que la mayor proporción de ésta es exportada directamente ya que hay una escasa demanda interna. Este es un problema estructural de la economía peruana que por su incipiente nivel de industrialización demanda pocos minerales. Más aún, la especialización en la producción de oro y cobre --metales para los cuales no existe una demanda interna desarrollada-- que está caracterizando la minería peruana estaría ahondando este problema.

Finalmente, también se encontró que las grandes empresas mineras demandan pocos servicios conexos --como consultoría minerológica, geológica, etc.--, siendo estos servicios contratados directamente en el exterior, al parecer más por razones de mejor infraestructura tecnológica en los laboratorios extranjeros que por la calidad de su capital humano.

Coincidentemente, existe una intensa preocupación nacional que se ha suscitado a raíz de la construcción de Antamina, la mayor mina en el Perú. Los anuncios de que el 40% de los US\$2,300 millones que se invertirían en esta mina estarían conformados por compras locales, se han visto contrapuestos con la realidad debido a que aparentemente se estaría dando preferencia a proveedores extranjeros (Hidalgo, 1999). Sin embargo, es importante reconocer que en esta etapa del mencionado

proyecto se está llevando a cabo la ingeniería base del proyecto, la adquisición de equipos que no son producidos en el país, y la construcción de infraestructura.

Como se mencionó anteriormente, los proveedores nacionales tienen una débil posición para participar en estos proyectos. Sólo aquellos que se han asociado con las grandes empresas de ingeniería han asegurado su participación en esta clase de proyectos, aunque las tareas que le han sido conferidas a estas empresas nacionales se han circunscrito a tareas relativamente sencillas como movimiento de tierras, construcción de carreteras, etc.

A pesar de que lo anterior suena desalentador, también es cierto que las empresas nacionales han aprendido de estas experiencias y que su ejemplo está siendo replicado por otras empresas y en distintos ámbitos. Es así, que el proyecto de investigación antes mencionado encontró que algunas empresas proveedoras de equipos e insumos mineros al asociarse con proveedores líderes en equipos mineros están ofreciendo servicios y productos más sofisticados, e incluso han ingresado a mercados internacionales. Asimismo, los centros de capacitación industrial han lanzado programas para la capacitación de personal minero y están prestando servicios de consultoría. El dinamismo de estas empresas e instituciones, inducido por la recuperación de la minería nacional, se ha visto fortalecido principalmente por la demanda de las empresas mineras de estratos medianos y pequeños.

La ejecución del proyecto minero de Tamboraque, de propiedad de la empresa Minera Lizandro Proaño S.A. (MLPSA), presenta características especiales que sugieren una colaboración estrecha entre diversos agentes productivos, lo cual es favorable para la consolidación de un *cluster* minero nacional. En este proyecto se transforma una mina productora de plomo y zinc en una productora de oro mediante el uso de una tecnología nueva para la minería peruana. Tamboraque recuperó, inicialmente, oro --en la forma de carbón activado-- de los relaves de esta mina mediante lixiviación bacteriana, posteriormente la empresa está procesando mediante el mismo método, material minado al igual que muchas empresas mineras que producen este metal.

Este proyecto minero se ha ejecutado siguiendo la práctica común en la gran minería actual de involucrar a varios agentes, práctica que se está difundiendo entre las empresas medianas y pequeñas. Es así, que además de la empresa minera, involucra a dos fondos multinacionales de inversión (Repadre International Corp. y Global Environment Emerging Markets Fund) quienes facilitaron parte del financiamiento que ascendió a US\$23 millones (Minas y Petróleo, 1999c). Como también, a una empresa de ingeniería sudafricana (Gencor Limited) quien licenció la tecnología. Pero quizás lo más importante es la presencia de diversos entes locales que tuvieron una participación activa en este proyecto.

Para la ejecución de este proyecto se ha necesitado del trabajo conjunto de la propia empresa minera; de un centro de capacitación minera (TECSUP) --para examinar la posibilidad de utilizar la tecnología de lixiviación bacteriana para tratar los relaves de la mina; y de un fabricante de equipos nacional (FIMA S.A.) --que se encargó del 80% de la construcción del complejo. Esta es una de las pocas veces en que se da este tipo de colaboración estrecha entre varios agentes nacionales del *cluster* minero, más aún, tratándose de la ejecución de un proyecto que usa nueva tecnología.

Por otro lado, a diferencia de la mayoría de las operaciones auríferas en el Perú, este proyecto ha sido pensado para tener una articulación 'hacia adelante'. La empresa nacional (Procesadora Sudamericana) procesa el carbón activado que produce la mina y lo regresa a la empresa minera en la forma de oro y plata refinados. Es importante mencionar que la mayoría de las empresas productoras de oro producen barras doré --i.e. mezcla de oro y plata-- que son vendidas a refinерías extranjeras.

El objetivo de este proyecto es evidenciar, a través de la experiencia de Tamboraque, que sí hay un potencial para el desarrollo de un *cluster* minero peruano que tenga como centro de articulación a la mediana y pequeña minería. Asimismo, se identificarán los principales factores que inducen al trabajo conjunto de diferentes agentes del *cluster*. Se buscará identificar los principales espacios de interacción entre los mismos, así como los principales ámbitos de aprendizaje que se generan y cómo

estos agentes capitalizan dicho conocimiento. Finalmente, se extraerán lecciones de política conducentes a incrementar la interrelación de los distintos agentes del *cluster* minero y a propiciar la transferencia y adaptación de tecnología.

2. *Clusters* industriales y aprendizaje

El marco conceptual empleado en el presente estudio será el enfoque de '*clusters*' desarrollado por Porter (1990, 1998). El término *cluster* se refiere a la aglomeración de agentes que se concentran alrededor de actividades productivas conexas, que establecen relaciones de colaboración y acción conjunta para innovar y elevar la calidad del producto o servicio y/o que se concentran alrededor de una zona geográfica (Porter, 1990; Porter, 1998; Schmitz, 1997). Sin desmerecer, el aporte de Porter, la tendencia hacia la globalización de las actividades productivas ha hecho que la concentración geográfica sea cada vez menos importante en la definición de un *cluster* y que más bien se enfatice la relación de los agentes en un contexto de redes y de cadenas de valor agregado. Es así, que una definición de *cluster* más reciente enfatiza "las redes (*networks*) de producción de empresas fuertemente interrelacionadas (incluyendo los proveedores especializados), las instituciones de enlace (facilitadores o *brokers*, consultores) y clientes, vinculados unos a otros en una cadena de producción de valor agregado" (Boekholt y Thuriaux, 1999).

Porter presenta un esquema llamado el 'diamante' que establece que hay cuatro determinantes para que las empresas mantengan e incrementen su ventaja competitiva. En primer lugar, debe haber disponibilidad de factores productivos como recursos humanos y físicos, tecnología y conocimiento, capital e infraestructura. Esto implica que tanto empresas y gobiernos tienen que invertir continuamente en el desarrollo de estos factores ya que más será la potencial ventaja competitiva adquirida. En segundo lugar, Porter sugiere que debe haber una demanda doméstica dinámica y con un alto grado de sofisticación. Esto incide en el aumento de calidad y eficiencia de los productores nacionales, que posteriormente se beneficiarán de ser más competitivos en el extranjero. En tercer lugar, la presencia de industrias conexas y de apoyo que tengan niveles mínimos de competitividad internacional. Finalmente, Porter reconoce que un ambiente intenso de competencia en el ámbito nacional también incide en la generación de ventajas competitivas ya que las empresas serán más proclives a innovar y a mejorar sus productos y servicios.

Porter también reconoce dos factores adicionales. El primero es que el gobierno diseñe políticas públicas destinadas a asegurar las sinergias descritas por el esquema del diamante. El segundo se refiere al rol de la eventualidad que puede generar situaciones que puedan ser aprovechadas para desarrollar ventajas. Ejemplos de esto son innovaciones tecnológicas radicales—i.e. gracias a la invención de completamente nuevos productos, insumos o procesos --, eventos internacionales—i.e. guerras que aumenten la demanda de algunos productos--, o cambios de regímenes políticos, entre otros.

Adicionalmente, otros autores (Dunning, 1992; Narula, 1993) introducen como factor adicional a las actividades de negocios internacionales. Las actividades de las empresas transnacionales son cada vez más globales y ya no dependen exclusivamente de los 'activos de propiedad' creados en las casas matrices sino que ahora se trata de aprovechar mucho más las condiciones y factores del país receptor de la inversión directa extranjera para elevar la eficiencia y competitividad de la empresa a nivel global. Esto es relevante para el caso de la minería ya que la mayoría de las operaciones mineras en países en desarrollo son explotadas por empresas extranjeras.

El enfoque anterior permite identificar las distintas esferas de interrelación que se dan entre los distintos agentes que conforman un *cluster*. Sin embargo, es limitado para el análisis de *clusters* incipientes como los existentes en países en desarrollo debido a que partes del diamante estarían ausentes y no ilustra cómo inducir su proceso de formación (Narula, 1993). El principal problema radica en que Porter asume que el proceso de innovación está implícito en las actividades de cada uno de los agentes que forman el *cluster* --de ahí su impacto en la eficiencia y productividad global. Sin embargo, lo que ocurre en los países en desarrollo es que las empresas se limitan a la adquisición de equipos importados pero

raramente innovan o invierten en actividades que les permitan imitar o adaptar los avances tecnológicos de los países industrializados o, dicho de otro modo, que les permitan iniciar un proceso de aprendizaje tecnológico. Como resultado, la mayoría de clusters en países en desarrollo tienden a estancarse y se mantienen a nivel de subsistencia (Albu, 1997).

El proceso de aprendizaje tecnológico requiere de esfuerzos específicos por parte de las empresas y no es un subproducto automático de la transferencia de tecnologías. Bell y Pavitt (1993) y Bell y Albu (1999) sostienen que la diferencia entre países desarrollados y los que no lo son radica en las capacidades tecnológicas que los primeros han logrado acumular. Estas capacidades son los recursos necesarios para adaptar, cambiar y crear tecnologías que se crean inicialmente a través de la experiencia de producción --‘aprender haciendo’-- y que luego se tienen que generar mediante la copia de diseños, replicación ingenieril, experimentación por prueba y error, etc., y que en su conjunto conforman lo que se denomina investigación y desarrollo (Albu, 1997; Bell y Albu, 1999; Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998). Las capacidades tecnológicas se diferencian de aquellas habilidades, conocimiento y recursos necesarios para hacer funcionar eficientemente un equipo o una planta industrial, las cuales son denominadas capacidades de producción (ver **Cuadro 1**).

La adquisición de capacidades tecnológicas requiere de un proceso de aprendizaje que puede ser definido como una recolección sistemática de información sobre la propia experiencia de producción y del uso de esta información para generar conocimiento sobre los procesos tecnológicos subyacentes en la producción (Albu, 1997). Dicho de manera más sencilla, el aprendizaje tecnológico tiene como objeto saber ‘cómo y por qué funcionan las cosas’. Es así, que cuando una empresa incorpora una nueva tecnología --mediante, por ejemplo, la compra de equipos-- sólo se está experimentando un proceso de cambio técnico, en el cual la empresa se vuelve un usuario de dicha tecnología. Mientras que si la empresa se embarca en un proceso, por ejemplo, de réplica ingenieril obtendrá un conocimiento que le permitirá adaptar dicha tecnología a sus necesidades e, incluso, mejorarla. El resultado es que la empresa podrá embarcarse en un nuevo proceso de cambio técnico basado en el aprendizaje anterior.

La literatura sobre este tema ha acuñado diferentes términos para identificar las distintas formas de aprendizaje. Entre ellos se destacan: ‘aprender haciendo’, ‘aprender usando’, ‘aprender por interacción’, ‘aprender a aprender’, etc. (Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998; Lundvall, 1988). Esto se debe a que las capacidades tecnológicas pueden referirse al ámbito de la producción como la gerencia y la ingeniería de producción, y la reparación y mantenimiento del capital físico. Al ámbito de la inversión, como la capacidad para generar proyectos de inversión o de ejecutarlos. Al ámbito de las modificaciones menores en procesos y productos. Al ámbito del desarrollo de nuevos mercados, el establecimiento de canales de distribución y la provisión de servicios al consumidor. Al ámbito de sus relaciones con el entorno que facilita la transferencia de conocimiento. Al ámbito de la capacidad de crear nuevos productos y/o procesos (Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998).

El que dependa enteramente de las empresas hacer esfuerzos para acumular estas capacidades tecnológicas lleva a formular la pregunta por qué algunas empresas --y eventualmente industrias y países-- destinan recursos para realizar estos esfuerzos tecnológicos y otras no. Al parecer esto depende de una serie de factores de oferta y de demanda¹ que emanan del ambiente en el cual se desenvuelven las empresas. Entre ellos se pueden mencionar “el ambiente económico², el grado de competencia y, por

¹ Esta es una traducción libre de los términos ‘demand pull’ y ‘supply push’ usados en la literatura de cambio técnico. El primer término se refiere a factores como la demanda de las empresas por encontrar procesos y/o productos nuevos que les permitan reducir sus costos o insumos y/o maquinaria necesarios para producir un determinado producto. Mientras que el segundo se refiere a avances científicos o tecnológicos que ofrecen a las empresas posibilidades para producir nuevos y mejores productos y procesos. Un ejemplo de ‘supply push’ son los avances científicos en superconductividad que posibilitaron la creación de semiconductores (‘chips’) y sentaron las bases para la creación y difusión de la computadora. Por otro lado, la demanda de las empresas que fabrican computadores por la creación de semiconductores más pequeños y con más capacidad de memoria impulsa la continua innovación en éstos.

² La fase expansiva del ciclo económico al favorecer el aumento de ventas y de utilidades de las empresas puede influir en que éstas inviertan en esfuerzos tecnológicos.

tanto, la estructura de mercado³, la tasa de cambio de la frontera tecnológica internacional⁴, algunas políticas del gobierno dirigidas a regular los regímenes de comercio⁵ y los parámetros fiscales y monetarios⁶, y las inversiones gubernamentales para la creación de una infraestructura en ciencia y tecnología a través de inversiones en investigación y desarrollo y de educación técnica para la fuerza laboral⁷ (Romijn, 1996). Por su parte, Albu (1997) distingue dos tipos de factores o estímulos. Aquellos que nacen principalmente de las estrategias empresariales y de la percepción de las tendencias de largo plazo en la industria, los cuales inducen a buscar mejoras que a largo plazo incrementarán la capacidad de las empresas para aumentar sus capacidades para generar y gerenciar el cambio técnico. Así como, aquellos que nacen de las presiones competitivas de corto plazo y que sólo inducen a aumentar y/o mejorar la capacidad productiva.

De todo lo anterior, se desprende que al utilizar el enfoque de *clusters* sea importante identificar los mecanismos que operan para la realización de un aprendizaje de las empresas así como los espacios de interacción entre los agentes que permiten que ese aprendizaje se difunda entre ellos. Asimismo, es importante identificar los ámbitos de intervención del gobierno que mediante regulaciones y programas puede contribuir a este aprendizaje. Diferentes autores destacan la acción del gobierno en la provisión de una infraestructura tecnológica para elevar las capacidades tecnológicas de un sector (Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998; Teubal et al., 1996).

El enfoque de capacidades tecnológicas pone énfasis en la capacidad de aprender y en la transmisión de conocimiento entre las distintas empresas de un *cluster*, y también entre aquellas que se encuentran fuera del mismo. La mayoría de estudios sobre *clusters* *las cadenas de producción, es decir, en la transacción de bienes y servicios entre los diferentes agentes. Sin embargo, aquellos estudios, principalmente en países en desarrollo, en los cuales se analizan clusters* incipientes se aprecia que las ventajas de aglomeración física son limitadas si es que no hay una transferencia de tecnología o conocimiento entre los distintos agentes que generante toma la forma de acción conjunta o la existencia de instituciones cuyo propósito sea difundir conocimiento. Mientras que en aquellos *clusters* en los cuales se aprecia un gran dinamismo, las relaciones sociales y/o empresariales son estrechas --al estilo de los distritos industriales en Italia-- y existen una serie de instituciones --privadas y públicas-- que brindan asistencia técnica en distintas áreas.

³ Este es uno de los factores presentados en el 'diamante' de Porter.

⁴ (Pavitt, 1984) clasificó las industrias de acuerdo a la velocidad y dirección del cambio técnico que presentaban. Una descripción de esta clasificación se da páginas más adelante en el texto.

⁵ Mucho se ha escrito sobre el impacto de los regímenes de comercio en la acumulación de capacidades tecnológicas. Algunos sostienen que esquemas de sustitución de importaciones o proteccionistas permiten que se desarrollen industrias que de otra manera no surgirían en un país. De hecho, países como Brazil y Korea, en sus primeros años de industrialización, desarrollaron buena parte de sus industrias intermedias al amparo de regímenes proteccionistas de comercio. Por otro lado, también se ha atacado a estos regímenes de disminuir la competencia interna y de brindar mercados cautivos quitando los incentivos para innovar. Asimismo, se dice que los regímenes de libre comercio permiten la transferencia internacional de tecnología pero pueden inhibir la formación de capacidades tecnológicas que favorezcan el cambio técnico.

⁶ Las restricciones monetarias o fiscales pueden impedir la importación de tecnologías --ya sea a través de la limitación del crédito o de la restricción de divisas-- obligando a las empresas a recurrir a fuentes internas para solucionar sus problemas tecnológicos.

⁷ La inversión pública en investigación y desarrollo se justifica en aquellas áreas en las que haya un bajo nivel de apropiabilidad de los resultados de la investigación y desarrollo privados, solucionando de esta manera, la falla de mercado que se da cuando los beneficios sociales son mayores que los privados. Lo mismo ocurre con la capacitación de la fuerza laboral.

Cuadro 1
Capacidades tecnológicas por tipo y actividades asociadas

	Capacidades de producción	Capacidades tecnológicas
Inversión	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de plantas de producción • Suministro de equipos estandarizados 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda, evaluación y selección de tecnología para la puesta en marcha de nuevos proyectos
Organización de la producción y procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Operaciones de rutina y mantenimiento • Mejoramiento de eficiencia de tareas existentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoramiento de la disposición física de equipos • Mejoramiento de los procedimientos de mantenimiento • Adaptación y mejora de procesos productivos • Cambios en diseño organizacional
Actividades centradas en la producción	<ul style="list-style-type: none"> • Réplica de especificaciones fijas y diseños • Control de calidad rutinario 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación de productos a condiciones de mercado cambiantes • Mejora de la calidad de producto • Diseño de nuevos productos
Suministro de bienes de capital	<ul style="list-style-type: none"> • Réplica de equipos y maquinaria estándar • Reemplazo de piezas originales 	<ul style="list-style-type: none"> • Copia de nuevos tipos de herramientas y equipos • Adaptación de diseños existente y especificaciones • Diseño original de herramientas y maquinaria
Oferta de insumos (encadenamientos hacia atrás)	<ul style="list-style-type: none"> • Suministro de insumos por proveedores establecidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda y absorción de nueva información sobre materiales a través de proveedores e instituciones locales
Orientación al cliente (encadenamientos hacia delante)	<ul style="list-style-type: none"> • Venta de productos estándar a clientes existentes y nuevos 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda y absorción de nueva información a través de clientes e instituciones locales • Búsqueda de nuevos mercados potenciales

Fuente: (Albu, 1997).

Lo anterior pone de relevancia que en el tema de *clusters* industriales es necesario pensar también en sistemas de conocimiento. Tradicionalmente se ha analizado a los clusters industriales de acuerdo a los materiales que usan y los ítems que producen o, dicho de otro modo, de sus sistemas de producción. Es así, que se habla de clusters ‘horizontales’ si es que las empresas que los conforman producen bienes similares --por ejemplo, el cluster del calzado en Brazil--, mientras que los clusters ‘verticales’ son aquellos en donde se da un flujo de materiales y bienes entre empresas --i.e. el cluster del cuero en Italia, donde no sólo sobresalen las empresas de calzado sino las productoras de insumos y maquinarias necesarios para esta industria. Sin embargo, este enfoque no explica por qué en el Brazil, el cluster del calzado no ha evolucionado hacia la producción de maquinaria y otros insumos críticos para esta industria, los cuales se siguen importando desde Italia. La respuesta según Bell y Albu (1999) radica en que la descripción de los sistemas de producción no revela nada sobre la evolución de las empresas o clusters que se basa en el conocimiento pasado y presente que tienen las personas, organizaciones e instituciones sociales. Por el contrario, el estudio de los sistemas de conocimiento tienen que ver con los flujos y stocks de conocimiento, además de los sistemas organizacionales involucrados en la generación de cambios en los productos, organización o procesos de producción. Todos estos flujos y cambios son fuentes que pueden contribuir a la acumulación de

capacidades tecnológicas. Al igual que en el caso de empresas individuales, en el ámbito de clusters industriales también se puede hacer una diferenciación entre aquellas fuentes que aumentan las capacidades para usar el conocimiento --o que aumentan las capacidades de producción--, de aquellas que aumentan las capacidades para generar cambios en el conocimiento. Estas fuentes pueden darse internamente en las empresas, entre distintos agentes dentro del mismo cluster y/o mediante la interacción de agentes del *cluster* y otros externos (ver **Cuadro 2**).

Cuadro 2

Algunas fuentes que incrementan las capacidades en los sistemas de conocimiento

	Fuentes de aumento de capacidades para la utilización de conocimiento	Fuentes de aumento de capacidades para el cambio de conocimiento
Fuentes intrafirma	<ul style="list-style-type: none"> Experiencia pasiva de producción ('aprender a hacer') Esfuerzos activos para adoptar o mejorar tecnologías específicas Mejoramiento de prácticas derivadas de experimentación tipo prueba y error en tareas específicas 	<ul style="list-style-type: none"> Aplicables generalmente al entendimiento tecnológico ganado al realizar inversiones ('aprender mientras se invierte') Intuición tecnológica ganada al adaptar y mejorar la tecnología en uso ('aprender mientras se hacen cambios')
Fuentes intracluster	<ul style="list-style-type: none"> Movilidad intracluster de mano de obra calificada Entrenamiento promovido por los agentes del cluster en habilidades y procedimientos operativos Difusión de know-how entre productores del cluster y los usuarios de maquinaria o servicios relacionados con la producción 	<ul style="list-style-type: none"> Entrenamiento promovido por los agentes del cluster en planificación, diseño y gerencia de tecnología Colaboración intracluster en pruebas y experimentos para adaptar maquinaria o desarrollar diseños de producto
Fuentes fuera del cluster	<ul style="list-style-type: none"> Clientes y comercializadores de conocimiento, especificaciones y asesoría de producto y/o proceso Proveedores de maquinaria y otros insumos, (conocimiento operacional, asesoría y entrenamiento) Asesoría técnica y consultorías contactadas fuera del cluster Comercialización y servicios de mercadeo contactados fuera del cluster 	<ul style="list-style-type: none"> Entrenamiento en planificación, diseño y gerencia de tecnología brindado por agentes externos Experiencia adquirida en el trabajo en el diseño e ingeniería con proveedores de maquinaria y otros insumos Pruebas y/o desarrollo de tecnologías con instituciones tecnológicas o firmas fuera del cluster

Fuente: (Bell y Albu, 1999).

Cuadro 3
Clasificación tecnológica de las empresas

Características	Categoría de la empresa			
	Dominada por los proveedores	Intensiva en economías de escala	Basada en ciencia	Proveedores especializados
Sectores típicos	Agricultura Manufactura tradicional Servicios privados	Acero, vidrios Bienes duraderos Automóviles Ingeniería civil	Electrónicos Químicos	Bienes de capital Instrumentos Software
Tamaño de empresa	Pequeña	Grande	Grande	Pequeña
Tipo de usuario	Sensible al precio	Mixto	Mixto	Sensible al funcionamiento
Foco de actividades tecnológicas	Reducción de costos	Mixto	Mixto	Mejoramiento de producto
Fuentes de acumulación tecnológica	Proveedores en la producción de servicios de asesoría	Ingeniería de producción Aprendizaje en la producción Proveedores Diseño	Investigación y Desarrollo (I&D) Investigación básica Ingeniería de producción Diseño	Diseño y desarrollo Usuarios sofisticados
Dirección de la acumulación tecnológica	Tecnología de proceso y equipo relacionado (hacia atrás)	Tecnología de proceso y equipo relacionado (hacia atrás)	Productos tecnológicos relacionados (concéntrico)	Mejoramiento de producto (concéntrico)
Canales de imitación y transferencia tecnológica	Compra de equipos y de otros servicios relacionados	Compra de equipos Licencia de <i>know how</i> y capacitación relacionada Réplica ingenieril	Réplica ingenieril I&D Contratación de ingenieros científicos especializados	Réplica ingenieril Aprendizaje de usuarios sofisticados
Métodos de protección contra la imitación	No técnicos (comercialización, marcas)	Secreto industrial Diseño y <i>know how</i> operativo	<i>Know how</i> en I&D Patentes Diseño y <i>know how</i> operativo	<i>Know how</i> en diseño Patentes Conocimiento de las necesidades de los usuarios
Tareas gerenciales estratégicas	Uso de tecnologías desarrolladas por terceros para reforzar sus ventajas competitivas	Integración incremental de nueva tecnología en sistemas complejos Mejoramiento y difusión de 'mejores prácticas' Aprovechamiento de las ventajas de las tecnologías de proceso	Desarrollo de productos relacionados Aprovechamiento de la ciencia básica Obtención de activos complementarios Reconfiguración de las responsabilidades de las divisiones	Monitoreo de las necesidades de los usuarios Integración de nueva tecnologías en los productos

Fuente: Basado en (Bell y Pavitt, 1993).

Uno de los factores que influyen en la decisión de las empresas de embarcarse en esfuerzos tecnológicos, mencionado por Romijn (1996), adquiere relevancia en el contexto de los sistemas de conocimiento. Este es el referido a la velocidad y dirección del cambio técnico en las diferentes industrias ya que esto afecta directamente las posibilidades de innovación dentro de un *cluster*

industrial y define, de alguna manera, el rol que cumple cada uno de los agentes. Según Bell y Pavitt (1993), en las industrias 'dominadas por los proveedores', el cambio técnico se genera a través de los proveedores de maquinaria y otros insumos como en el caso de los textiles donde las mejoras tecnológicas se han dado en las industrias de bienes de capital y química. Las oportunidades de acumulación tecnológica para las empresas de estas industrias están en las mejoras y modificaciones de los métodos de producción y de los insumos, y en el diseño de productos. En las industrias 'intensivas en economías de escala', como la extracción de materiales, la industria automotriz y algunos bienes duraderos, la acumulación tecnológica se genera en el diseño, construcción y operación de complejos sistemas de producción. En las industrias 'basadas en ciencia', como la de productos químicos y electrónicos, la acumulación tecnológica emerge de los laboratorios privados de investigación y desarrollo y es altamente dependiente en conocimiento, habilidades y técnicas que nacen de la investigación científica. En las industrias de 'proveedores especializados', como instrumentos, software y bienes de capital, las empresas acumulan capacidades para satisfacer los requerimientos de los usuarios. Es decir, que las relaciones de comprador-vendedor tienen una importancia crucial para poder definir las mejoras que se deben incorporar a los diseños de los productos (ver

EL CLUSTER MINERO PERUANO EN ACCIÓN: EL CASO DE TAMBORAQUE

Juana R. Kuramoto

Julio 2000

Lima - Perú

La investigación en la que se basa este trabajo fue financiada por el Consorcio de Investigación Económica (CIES). La autora es investigadora asociada del Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE). Se agradecen los comentarios y sugerencias hechos por Rudolf Buitelaar y por un lector anónimo. Enviar correspondencia a kuramoto@grade.org.pe

Contenido

1.	Introducción	3
2.	Clusters industriales y aprendizaje	5
3.	Caracterización tecnológica de la minería.....	21
3.1	La pequeña y mediana minería en el Perú	23
4.	El proyecto minero de Tamboraque	25
4.1	Antecedentes del proyecto.....	25
4.2	Descripción del proyecto.....	27
4.3	Agentes involucrados	28
4.3.1	<i>Minera Lizandro Proaño S.A.</i>	30
4.2.2	<i>TECSUP</i>	31
4.2.3	<i>FIMA S.A.</i>	32
4.2.4	<i>Procesadora Sudamericana S.A.</i>	33
5.	El proyecto Tamboraque a la luz del concepto de <i>clusters</i>.....	33
5.1	Los elementos del ‘diamante’ de Porter	34
5.2	Capacidades productivas y tecnológicas	36
5.2.1	<i>Minera Lizandro Proaño S.A.</i>	36
5.2.2	<i>TECSUP</i>	50
5.2.3	<i>FIMA</i>	62
5.2.4	<i>Procesadora Sudamericana</i>	64
5.3	Aprendizaje y transmisión del conocimiento.....	76
5.3.1	<i>MLPSA</i>	76
5.3.2	<i>TECSUP</i>	78
5.3.3	<i>FIMA S.A.</i>	80
5.3.4	<i>Procesadora Sudamericana S.A.</i>	80
6.	Aproximación a un <i>cluster</i> minero dinámico.....	81
6.1	Capacidades y transferencia tecnológica en un <i>cluster</i> dinámico.....	81
6.2	Lineamientos de política	83
7.	Conclusiones.....	85
8.	Referencias	88

ANEXOS

EL CLUSTER MINERO PERUANO EN ACCIÓN: EL CASO DE TAMBORAQUE

1. Introducción

Los resultados preliminares del proyecto: “Estudio de caso de la minería en el Perú: Una Estrategia de Desarrollo Basada en Recursos Naturales” (Kuramoto, 1999) sugieren que las empresas de gran minería contribuyen relativamente poco al fortalecimiento de los proveedores mineros nacionales debido a su escaso nivel de compras nacionales. Algunos factores que contribuyen a esta situación son la existencia de créditos atados, los contratos de desarrollo de proyectos mineros bajo la modalidad EPCM (ingeniería, compras, construcción y gerencia) y los altos requerimientos tecnológicos de las grandes empresas mineras. Los altos montos de inversión requeridos para el desarrollo de un proyecto minero han ido aumentando a lo largo del tiempo. Por ejemplo, la construcción del proyecto de Toquepala, que fue considerado como uno de los mayores proyectos mineros a fines de los cincuenta, requirió una inversión de alrededor de US\$ 700 millones, mientras que proyectos recientes como Bajo La Alumbra (Argentina), El Teniente (Chile) y Antamina (Perú) sobrepasan todos los US\$ 2,000 millones. Estos altos requerimientos de capital obligan que se adquieran créditos a través de bancos, pero también de proveedores y futuros clientes. Es así, que desde un inicio se define la compra de algunos equipos clave para la operación.

Del mismo modo, los contratos EPCM otorgan a las empresas de ingeniería un rol fundamental en la adquisición de equipos. Estas empresas al gerenciar el proyecto minero deciden sobre las compras de los equipos necesarios para el minado, la planta procesadora y otras obras. Al tener una cartera de proveedores con los cuales las empresas de ingeniería trabajan regularmente, los proveedores nacionales generalmente se encuentran en desventaja teniendo que conformarse con contratos relativamente pequeños.

Finalmente, los requerimientos tecnológicos de las grandes empresas mineras pocas veces pueden ser satisfechos por las empresas nacionales. Ejemplos de esto son los equipos que son producidos sólo por la empresa creadora de la tecnología; reactivos que no son producidos en el país, etc. Asimismo, parece que existen fallas de mercado debido a que las grandes empresas no tienen conocimiento de las capacidades tecnológicas de los proveedores nacionales mientras que éstos últimos carecen de un eficiente sistema de mercadeo que le permita llegar a las grandes empresas mineras.

Otro resultado del proyecto de investigación indica que el aumento de la producción minera tampoco incentiva el desarrollo de industrias que usan los minerales como principal insumo. Esto se debe al limitado nivel de procesamiento de la producción minera nacional debido a que la mayor proporción de ésta es exportada directamente ya que hay una escasa demanda interna. Este es un problema estructural de la economía peruana que por su incipiente nivel de industrialización demanda pocos minerales. Más aún, la especialización en la producción de oro y cobre --metales para los cuales no existe una demanda interna desarrollada-- que está caracterizando la minería peruana estaría ahondando este problema.

Finalmente, también se encontró que las grandes empresas mineras demandan pocos servicios conexos --como consultoría minerológica, geológica, etc.--, siendo estos servicios contratados directamente en el exterior, al parecer más por razones de mejor infraestructura tecnológica en los laboratorios extranjeros que por la calidad de su capital humano.

Coincidentemente, existe una intensa preocupación nacional que se ha suscitado a raíz de la construcción de Antamina, la mayor mina en el Perú. Los anuncios de que el 40% de los US\$2,300 millones que se invertirían en esta mina estarían conformados por compras locales, se han visto contrapuestos con la realidad debido a que aparentemente se estaría dando preferencia a proveedores extranjeros (Hidalgo, 1999). Sin embargo, es importante reconocer que en esta etapa del mencionado

proyecto se está llevando a cabo la ingeniería base del proyecto, la adquisición de equipos que no son producidos en el país, y la construcción de infraestructura.

Como se mencionó anteriormente, los proveedores nacionales tienen una débil posición para participar en estos proyectos. Sólo aquellos que se han asociado con las grandes empresas de ingeniería han asegurado su participación en esta clase de proyectos, aunque las tareas que le han sido conferidas a estas empresas nacionales se han circunscrito a tareas relativamente sencillas como movimiento de tierras, construcción de carreteras, etc.

A pesar de que lo anterior suena desalentador, también es cierto que las empresas nacionales han aprendido de estas experiencias y que su ejemplo está siendo replicado por otras empresas y en distintos ámbitos. Es así, que el proyecto de investigación antes mencionado encontró que algunas empresas proveedoras de equipos e insumos mineros al asociarse con proveedores líderes en equipos mineros están ofreciendo servicios y productos más sofisticados, e incluso han ingresado a mercados internacionales. Asimismo, los centros de capacitación industrial han lanzado programas para la capacitación de personal minero y están prestando servicios de consultoría. El dinamismo de estas empresas e instituciones, inducido por la recuperación de la minería nacional, se ha visto fortalecido principalmente por la demanda de las empresas mineras de estratos medianos y pequeños.

La ejecución del proyecto minero de Tamboraque, de propiedad de la empresa Minera Lizandro Proaño S.A. (MLPSA), presenta características especiales que sugieren una colaboración estrecha entre diversos agentes productivos, lo cual es favorable para la consolidación de un *cluster* minero nacional. En este proyecto se transforma una mina productora de plomo y zinc en una productora de oro mediante el uso de una tecnología nueva para la minería peruana. Tamboraque recuperó, inicialmente, oro --en la forma de carbón activado-- de los relaves de esta mina mediante lixiviación bacteriana, posteriormente la empresa está procesando mediante el mismo método, material minado al igual que muchas empresas mineras que producen este metal.

Este proyecto minero se ha ejecutado siguiendo la práctica común en la gran minería actual de involucrar a varios agentes, práctica que se está difundiendo entre las empresas medianas y pequeñas. Es así, que además de la empresa minera, involucra a dos fondos multinacionales de inversión (Repadre International Corp. y Global Environment Emerging Markets Fund) quienes facilitaron parte del financiamiento que ascendió a US\$23 millones (Minas y Petróleo, 1999c). Como también, a una empresa de ingeniería sudafricana (Gencor Limited) quien licenció la tecnología. Pero quizás lo más importante es la presencia de diversos entes locales que tuvieron una participación activa en este proyecto.

Para la ejecución de este proyecto se ha necesitado del trabajo conjunto de la propia empresa minera; de un centro de capacitación minera (TECSUP) --para examinar la posibilidad de utilizar la tecnología de lixiviación bacteriana para tratar los relaves de la mina; y de un fabricante de equipos nacional (FIMA S.A.) --que se encargó del 80% de la construcción del complejo. Esta es una de las pocas veces en que se da este tipo de colaboración estrecha entre varios agentes nacionales del *cluster* minero, más aún, tratándose de la ejecución de un proyecto que usa nueva tecnología.

Por otro lado, a diferencia de la mayoría de las operaciones auríferas en el Perú, este proyecto ha sido pensado para tener una articulación 'hacia adelante'. La empresa nacional (Procesadora Sudamericana) procesa el carbón activado que produce la mina y lo regresa a la empresa minera en la forma de oro y plata refinados. Es importante mencionar que la mayoría de las empresas productoras de oro producen barras doré --i.e. mezcla de oro y plata-- que son vendidas a refinerías extranjeras.

El objetivo de este proyecto es evidenciar, a través de la experiencia de Tamboraque, que sí hay un potencial para el desarrollo de un *cluster* minero peruano que tenga como centro de articulación a la mediana y pequeña minería. Asimismo, se identificarán los principales factores que inducen al trabajo conjunto de diferentes agentes del *cluster*. Se buscará identificar los principales espacios de interacción entre los mismos, así como los principales ámbitos de aprendizaje que se generan y cómo

estos agentes capitalizan dicho conocimiento. Finalmente, se extraerán lecciones de política conducentes a incrementar la interrelación de los distintos agentes del *cluster* minero y a propiciar la transferencia y adaptación de tecnología.

2. *Clusters* industriales y aprendizaje

El marco conceptual empleado en el presente estudio será el enfoque de ‘clusters’ desarrollado por Porter (1990, 1998). El término *cluster* se refiere a la aglomeración de agentes que se concentran alrededor de actividades productivas conexas, que establecen relaciones de colaboración y acción conjunta para innovar y elevar la calidad del producto o servicio y/o que se concentran alrededor de una zona geográfica (Porter, 1990; Porter, 1998; Schmitz, 1997). Sin desmerecer, el aporte de Porter, la tendencia hacia la globalización de las actividades productivas ha hecho que la concentración geográfica sea cada vez menos importante en la definición de un *cluster* y que más bien se enfatice la relación de los agentes en un contexto de redes y de cadenas de valor agregado. Es así, que una definición de *cluster* más reciente enfatiza “las redes (networks) de producción de empresas fuertemente interrelacionadas (incluyendo los proveedores especializados), las instituciones de enlace (facilitadores o *brokers*, consultores) y clientes, vinculados unos a otros en una cadena de producción de valor agregado” (Boekholt y Thuriaux, 1999).

Porter presenta un esquema llamado el ‘diamante’ que establece que hay cuatro determinantes para que las empresas mantengan e incrementen su ventaja competitiva. En primer lugar, debe haber disponibilidad de factores productivos como recursos humanos y físicos, tecnología y conocimiento, capital e infraestructura. Esto implica que tanto empresas y gobiernos tienen que invertir continuamente en el desarrollo de estos factores ya que más será la potencial ventaja competitiva adquirida. En segundo lugar, Porter sugiere que debe haber una demanda doméstica dinámica y con un alto grado de sofisticación. Esto incide en el aumento de calidad y eficiencia de los productores nacionales, que posteriormente se beneficiarán de ser más competitivos en el extranjero. En tercer lugar, la presencia de industrias conexas y de apoyo que tengan niveles mínimos de competitividad internacional. Finalmente, Porter reconoce que un ambiente intenso de competencia en el ámbito nacional también incide en la generación de ventajas competitivas ya que las empresas serán más proclives a innovar y a mejorar sus productos y servicios.

Porter también reconoce dos factores adicionales. El primero es que el gobierno diseñe políticas públicas destinadas a asegurar las sinergias descritas por el esquema del diamante. El segundo se refiere al rol de la eventualidad que puede generar situaciones que puedan ser aprovechadas para desarrollar ventajas. Ejemplos de esto son innovaciones tecnológicas radicales—i.e. gracias a la invención de completamente nuevos productos, insumos o procesos --, eventos internacionales—i.e. guerras que aumenten la demanda de algunos productos--, o cambios de regímenes políticos, entre otros.

Adicionalmente, otros autores (Dunning, 1992; Narula, 1993) introducen como factor adicional a las actividades de negocios internacionales. Las actividades de las empresas transnacionales son cada vez más globales y ya no dependen exclusivamente de los ‘activos de propiedad’ creados en las casas matrices sino que ahora se trata de aprovechar mucho más las condiciones y factores del país receptor de la inversión directa extranjera para elevar la eficiencia y competitividad de la empresa a nivel global. Esto es relevante para el caso de la minería ya que la mayoría de las operaciones mineras en países en desarrollo son explotadas por empresas extranjeras.

El enfoque anterior permite identificar las distintas esferas de interrelación que se dan entre los distintos agentes que conforman un *cluster*. Sin embargo, es limitado para el análisis de *clusters* incipientes como los existentes en países en desarrollo debido a que partes del diamante estarían ausentes y no ilustra cómo inducir su proceso de formación (Narula, 1993). El principal problema radica en que Porter asume que el proceso de innovación está implícito en las actividades de cada uno de los agentes que forman el *cluster* --de ahí su impacto en la eficiencia y productividad global. Sin embargo, lo que ocurre en los países en desarrollo es que las empresas se limitan a la adquisición de equipos importados pero

raramente innovan o invierten en actividades que les permitan imitar o adaptar los avances tecnológicos de los países industrializados o, dicho de otro modo, que les permitan iniciar un proceso de aprendizaje tecnológico. Como resultado, la mayoría de clusters en países en desarrollo tienden a estancarse y se mantienen a nivel de subsistencia (Albu, 1997).

El proceso de aprendizaje tecnológico requiere de esfuerzos específicos por parte de las empresas y no es un subproducto automático de la transferencia de tecnologías. Bell y Pavitt (1993) y Bell y Albu (1999) sostienen que la diferencia entre países desarrollados y los que no lo son radica en las capacidades tecnológicas que los primeros han logrado acumular. Estas capacidades son los recursos necesarios para adaptar, cambiar y crear tecnologías que se crean inicialmente a través de la experiencia de producción --‘aprender haciendo’-- y que luego se tienen que generar mediante la copia de diseños, replicación ingenieril, experimentación por prueba y error, etc., y que en su conjunto conforman lo que se denomina investigación y desarrollo (Albu, 1997; Bell y Albu, 1999; Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998). Las capacidades tecnológicas se diferencian de aquellas habilidades, conocimiento y recursos necesarios para hacer funcionar eficientemente un equipo o una planta industrial, las cuales son denominadas capacidades de producción (ver **Cuadro 1**).

La adquisición de capacidades tecnológicas requiere de un proceso de aprendizaje que puede ser definido como una recolección sistemática de información sobre la propia experiencia de producción y del uso de esta información para generar conocimiento sobre los procesos tecnológicos subyacentes en la producción (Albu, 1997). Dicho de manera más sencilla, el aprendizaje tecnológico tiene como objeto saber ‘cómo y por qué funcionan las cosas’. Es así, que cuando una empresa incorpora una nueva tecnología --mediante, por ejemplo, la compra de equipos-- sólo se está experimentando un proceso de cambio técnico, en el cual la empresa se vuelve un usuario de dicha tecnología. Mientras que si la empresa se embarca en un proceso, por ejemplo, de réplica ingenieril obtendrá un conocimiento que le permitirá adaptar dicha tecnología a sus necesidades e, incluso, mejorarla. El resultado es que la empresa podrá embarcarse en un nuevo proceso de cambio técnico basado en el aprendizaje anterior.

La literatura sobre este tema ha acuñado diferentes términos para identificar las distintas formas de aprendizaje. Entre ellos se destacan: ‘aprender haciendo’, ‘aprender usando’, ‘aprender por interacción’, ‘aprender a aprender’, etc. (Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998; Lundvall, 1988). Esto se debe a que las capacidades tecnológicas pueden referirse al ámbito de la producción como la gerencia y la ingeniería de producción, y la reparación y mantenimiento del capital físico. Al ámbito de la inversión, como la capacidad para generar proyectos de inversión o de ejecutarlos. Al ámbito de las modificaciones menores en procesos y productos. Al ámbito del desarrollo de nuevos mercados, el establecimiento de canales de distribución y la provisión de servicios al consumidor. Al ámbito de sus relaciones con el entorno que facilita la transferencia de conocimiento. Al ámbito de la capacidad de crear nuevos productos y/o procesos (Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998).

El que dependa enteramente de las empresas hacer esfuerzos para acumular estas capacidades tecnológicas lleva a formular la pregunta por qué algunas empresas --y eventualmente industrias y países-- destinan recursos para realizar estos esfuerzos tecnológicos y otras no. Al parecer esto depende de una serie de factores de oferta y de demanda que emanan del ambiente en el cual se desenvuelven las empresas. Entre ellos se pueden mencionar “el ambiente económico, el grado de competencia y, por tanto, la estructura de mercado, la tasa de cambio de la frontera tecnológica internacional, algunas políticas del gobierno dirigidas a regular los regímenes de comercio y los parámetros fiscales y monetarios, y las inversiones gubernamentales para la creación de una infraestructura en ciencia y tecnología a través de inversiones en investigación y desarrollo y de educación técnica para la fuerza laboral” (Romijn, 1996). Por su parte, Albu (1997) distingue dos tipos de factores o estímulos. Aquellos que nacen principalmente de las estrategias empresariales y de la percepción de las tendencias de largo plazo en la industria, los cuales inducen a buscar mejoras que a largo plazo incrementarán la capacidad de las empresas para aumentar sus capacidades para generar y gerenciar el cambio técnico. Así como, aquellos que nacen de las presiones competitivas de corto plazo y que sólo inducen a aumentar y/o mejorar la capacidad productiva.

De todo lo anterior, se desprende que al utilizar el enfoque de *clusters* sea importante identificar los mecanismos que operan para la realización de un aprendizaje de las empresas así como los espacios de interacción entre los agentes que permiten que ese aprendizaje se difunda entre ellos. Asimismo, es importante identificar los ámbitos de intervención del gobierno que mediante regulaciones y programas puede contribuir a este aprendizaje. Diferentes autores destacan la acción del gobierno en la provisión de una infraestructura tecnológica para elevar las capacidades tecnológicas de un sector (Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998; Teubal et al., 1996).

El enfoque de capacidades tecnológicas pone énfasis en la capacidad de aprender y en la transmisión de conocimiento entre las distintas empresas de un *cluster*, y también entre aquellas que se encuentran fuera del mismo. La mayoría de estudios sobre *clusters* *en las cadenas de producción, es decir, en la transacción de bienes y servicios entre los diferentes agentes. Sin embargo, aquellos estudios, principalmente en países en desarrollo, en los cuales se analizan clusters incipientes se aprecia que las ventajas de aglomeración física son limitadas si es que no hay una transferencia de tecnología o conocimiento entre los distintos agentes que generante toma la forma de acción conjunta o la existencia de instituciones cuyo propósito sea difundir conocimiento. Mientras que en aquellos clusters en los cuales se aprecia un gran dinamismo, las relaciones sociales y/o empresariales son estrechas --al estilo de los distritos industriales en Italia-- y existen una serie de instituciones --privadas y públicas-- que brindan asistencia técnica en distintas áreas.*

Cuadro 1
Capacidades tecnológicas por tipo y actividades asociadas

	Capacidades de producción	Capacidades tecnológicas
Inversión	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de plantas de producción • Suministro de equipos estandarizados 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda, evaluación y selección de tecnología para la puesta en marcha de nuevos proyectos
Organización de la producción y procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Operaciones de rutina y mantenimiento • Mejoramiento de eficiencia de tareas existentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoramiento de la disposición física de equipos • Mejoramiento de los procedimientos de mantenimiento • Adaptación y mejora de procesos productivos • Cambios en diseño organizacional
Actividades centradas en la producción	<ul style="list-style-type: none"> • Réplica de especificaciones fijas y diseños • Control de calidad rutinario 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación de productos a condiciones de mercado cambiantes • Mejora de la calidad de producto • Diseño de nuevos productos
Suministro de bienes de capital	<ul style="list-style-type: none"> • Réplica de equipos y maquinaria estándar • Reemplazo de piezas originales 	<ul style="list-style-type: none"> • Copia de nuevos tipos de herramientas y equipos • Adaptación de diseños existente y especificaciones • Diseño original de herramientas y maquinaria
Oferta de insumos (encadenamientos hacia	<ul style="list-style-type: none"> • Suministro de insumos por proveedores establecidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda y absorción de nueva información sobre materiales a través

atrás)	de proveedores e instituciones locales
Orientación al cliente (encadenamientos hacia delante)	<ul style="list-style-type: none"> • Venta de productos estándar a clientes existentes y nuevos • Búsqueda y absorción de nueva información a través de clientes e instituciones locales • Búsqueda de nuevos mercados potenciales

Fuente: (Albu, 1997).

Lo anterior pone de relevancia que en el tema de *clusters* industriales es necesario pensar también en sistemas de conocimiento. Tradicionalmente se ha analizado a los *clusters* industriales de acuerdo a los materiales que usan y los ítems que producen o, dicho de otro modo, de sus sistemas de producción. Es así, que se habla de *clusters* ‘horizontales’ si es que las empresas que los conforman producen bienes similares --por ejemplo, el *cluster* del calzado en Brazil--, mientras que los *clusters* ‘verticales’ son aquellos en donde se da un flujo de materiales y bienes entre empresas --i.e. el *cluster* del cuero en Italia, donde no sólo sobresalen las empresas de calzado sino las productoras de insumos y maquinarias necesarios para esta industria. Sin embargo, este enfoque no explica por qué en el Brazil, el *cluster* del calzado no ha evolucionado hacia la producción de maquinaria y otros insumos críticos para esta industria, los cuales se siguen importando desde Italia. La respuesta según Bell y Albu (1999) radica en que la descripción de los sistemas de producción no revela nada sobre la evolución de las empresas o *clusters* que se basa en el conocimiento pasado y presente que tienen las personas, organizaciones e instituciones sociales. Por el contrario, el estudio de los sistemas de conocimiento tienen que ver con los flujos y stocks de conocimiento, además de los sistemas organizacionales involucrados en la generación de cambios en los productos, organización o procesos de producción. Todos estos flujos y cambios son fuentes que pueden contribuir a la acumulación de capacidades tecnológicas. Al igual que en el caso de empresas individuales, en el ámbito de *clusters* industriales también se puede hacer una diferenciación entre aquellas fuentes que aumentan las capacidades para usar el conocimiento --o que aumentan las capacidades de producción--, de aquellas que aumentan las capacidades para generar cambios en el conocimiento. Estas fuentes pueden darse internamente en las empresas, entre distintos agentes dentro del mismo *cluster* y/o mediante la interacción de agentes del *cluster* y otros externos (ver **Cuadro 2**).

Cuadro 2

Algunas fuentes que incrementan las capacidades en los sistemas de conocimiento

	Fuentes de aumento de capacidades para la utilización de conocimiento	Fuentes de aumento de capacidades para el cambio de conocimiento
Fuentes intrafirma	<ul style="list-style-type: none"> • Experiencia pasiva de producción ('aprender a hacer') • Esfuerzos activos para adoptar o mejorar tecnologías específicas • Mejoramiento de prácticas derivadas de experimentación tipo prueba y error en tareas específicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicables generalmente al entendimiento tecnológico ganado al realizar inversiones ('aprender mientras se invierte') • Intuición tecnológica ganada al adaptar y mejorar la tecnología en uso ('aprender mientras se hacen cambios')
Fuentes intracluster	<ul style="list-style-type: none"> • Movilidad intracluster de mano de obra calificada • Entrenamiento promovido por los agentes del cluster en habilidades y procedimientos operativos • Difusión de know-how entre 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrenamiento promovido por los agentes del cluster en planificación, diseño y gerencia de tecnología • Colaboración intracluster en pruebas y experimentos para adaptar maquinaria o desarrollar diseños de producto

<p>Fuentes fuera del cluster</p>	<p>productores del cluster y los usuarios de maquinaria o servicios relacionados con la producción</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clientes y comercializadores de conocimiento, especificaciones y asesoría de producto y/o proceso • Proveedores de maquinaria y otros insumos, (conocimiento operacional, asesoría y entrenamiento) • Asesoría técnica y consultorías contactadas fuera del cluster • Comercialización y servicios de mercadeo contactados fuera del cluster 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrenamiento en planificación, diseño y gerencia de tecnología brindado por agentes externos • Experiencia adquirida en el trabajo en el diseño e ingeniería con proveedores de maquinaria y otros insumos • Pruebas y/o desarrollo de tecnologías con instituciones tecnológicas o firmas fuera del cluster
---	--	---

Fuente: (Bell y Albu, 1999).

Cuadro 3).

Esta tipología ayuda a identificar las principales interacciones que se dan entre empresas de distintas industrias y de ahí su importancia para poder identificar las interacciones que se dan entre los distintos agentes de un *cluster*. Asimismo, permite identificar y evaluar las fuentes de dinamismo de un *cluster* industrial en función a cómo y en que dirección acumula capacidades tecnológicas, al mismo tiempo que brinda una idea de la velocidad de difusión tecnológica y las estrategias que adoptarán las empresas que los forman. De acuerdo a esta tipología, los agentes que intervinieron en la puesta en marcha del proyecto Tamboraque pueden clasificarse en una empresa intensiva en economías de escala⁸ (Minera Lizandro Proaño S.A.), una institución cuya actividad está basada en ciencia (TECSUP), y dos empresas caracterizadas por ser proveedores especializados (FIMA y Procesadora Sudamericana).

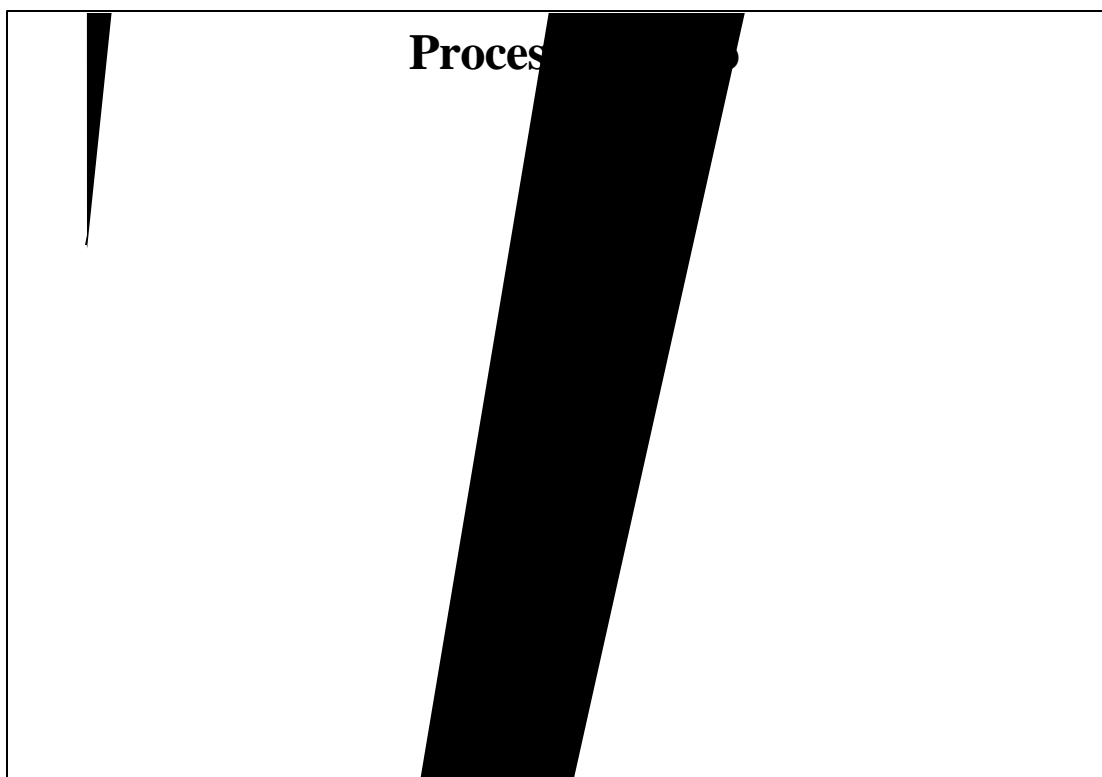
3. Caracterización tecnológica de la minería

La minería es una actividad económica que depende de la ubicación y extracción de recursos mineros que se encuentran en el subsuelo. El atractivo de un yacimiento minero se da por dos factores: la ley de mineral y el tonelaje de mineral que contiene. En el caso de la ley, mientras mayor sea ésta menor será el esfuerzo que se tenga poner para producir el metal que luego será comercializado. Por su parte, el tonelaje es importante ya que determina la escala de operación y la vida útil de la mina y, por lo tanto, define el flujo de ingresos que se generarán los cuales tienen que ser contrastados con los altos montos de inversión que se requieren para explotar un yacimiento.

El proceso minero cuenta con etapas claramente definidas (ver **Figura 1**). En primer lugar, la prospección y exploración, etapas en las cuales se identifican los yacimientos y los minerales que se encuentran contenidos en ellos. Esta etapa depende del muestreo y análisis de minerales, el estudio de fotos satelitales, análisis geofísicos, geomagnéticos y sísmicos, entre otros. En segundo lugar, la explotación minera en sí que consiste en la extracción del mineral ya sea de manera subterránea --en aquellos yacimientos en que el mineral se encuentra distribuido en vetas que se encuentran alejadas de la superficie-- o superficial también llamado a tajo abierto --cuando el mineral se encuentra diseminado en amplias extensiones de terreno. Para ello, se requiere la perforación de las paredes del yacimiento para que luego sean rellenados con explosivos y volados. Una vez que el mineral ha sido fracturado en pedazos, se pasa a la tercera etapa minera o concentración. El mineral es chancado y luego molido en partículas muy finas. Este polvo es llevado a unos recipientes en los cuales se le añaden agua y reactivos químicos que faciliten la separación de los metales. Mediante un proceso de flotación, el mineral se adhiere a las burbujas creadas por los reactivos y la adición de aire. El mineral separado es secado, produciendo lo que se llama el concentrado que contiene proporciones variables --entre 25% a 70% -- de uno o varios metales. En cuarto lugar, el concentrado es fundido en hornos para lograr una mayor concentración de metal y una mayor pureza --alrededor del 98%. Finalmente, en la refinación pirometalúrgica los metales son sometidos nuevamente a la acción del calor para eliminar las últimas trazas de impurezas y lograr una barra de metal del 99.99% o más de pureza. Alternativamente, se utiliza la refinación electrolítica que consiste en la utilización de energía eléctrica y un medio acuoso para lograr una transferencia iónica que permita obtener un metal puro.

Figura 1

⁸ Aunque las empresas de mediana y pequeña minería no se adecuan perfectamente a esta clasificación, como se verá más adelante, si mantienen una estrategia competitiva de expansión de producción y reducción de costos, típica en empresas que gozan economías de escala.



Fuente: Elaboración propia

En la actualidad, también se están utilizando métodos hidrometalúrgicos para producir metales. Este método es similar al anterior hasta obtener un mineral chancado. Posteriormente, este mineral es rociado con una solución ácida que disuelve al mineral y lo libera del material no valioso. A la nueva solución cargada de mineral se le añade una serie de reactivos químicos que permiten una transferencia de iones hacia un medio ácido. Esta última solución pasa por un proceso similar al de refinación electrolítica, llamado electro-deposición, del cual se obtiene un metal con una pureza de 99.99% o más. Una ruta alternativa es la precipitación de la solución cargada de mineral sobre chatarra de hierro --en el caso del cobre--, o sobre polvo de zinc --en el caso del oro. Se produce así un precipitado que luego tiene que ser enviado a fundición y prosigue su tratamiento en la vía pirometalúrgica.

A pesar de la sofisticación de los procesos mineros descritos anteriormente, la esencia de los mismos no dista mucho de aquellos procesos utilizados hace varios siglos. La gran diferencia se encuentra en la gran dependencia de economías de escala y en los niveles de mecanización. Por un lado, el empobrecimiento relativo de los yacimientos mineros --es decir, la reducción de las leyes promedio-- incentivó la búsqueda de métodos masivos de explotación que permitiesen producir metales de yacimientos menos ricos mediante el procesamiento de mayores volúmenes de material. Por otro lado, la homogeneidad del producto final permitió que el proceso de producción dependiese de un flujo continuo de materia prima a ser transformada y, por lo tanto, dio posibilidad a que las diferentes etapas de producción se mecanicen y fuesen integradas en sistemas complejos. Un ejemplo relevante es la incorporación de chancadoras primarias al lugar e minado⁹, lográndose un ahorro de tiempo y permitiéndose que se facilite el transporte de mineral hacia la planta --usualmente mediante fajas transportadoras.

⁹ Normalmente el mineral es transportado en camiones de gran capacidad --i.e. 100 a 250 TM-- hasta la planta concentradora en donde se procedía a chancarlo para reducir el tamaño de la roca y proseguir hasta la molienda.

De ahí, que ahí que las capacidades tecnológicas en minería se centren en la ingeniería de producción (Ala-Härkonen, 1997; Pogue, 1998)¹⁰. Las empresas mineras más exitosas son aquellas que logran alcanzar niveles de eficiencia altos en cada una de las etapas mineras principalmente a través de un proceso de ‘aprender haciendo’. Sin embargo, debido a que una operación minera es un sistema de producción muy complejo, se requieren de capacidades en ingeniería de producción para poder compatibilizar cada uno de los sistemas evitando que se creen cuellos de botella¹¹. Por otro lado, la minería es un sector que depende mucho de maquinaria e insumos críticos, por lo cual los proveedores tienen un rol fundamental en la difusión del cambio tecnológico en este sector. Son estos agentes quienes protegen sus tecnologías de proceso mediante el uso de licencias --ya sea en el caso de equipos, como por ejemplo, modelos de celdas de flotación u hornos para fundición; o en el caso de *know how*, como en el caso de prácticas de seguridad minera. Finalmente, el proceso minero a pesar de ser relativamente estandarizado depende mucho de la especificidad de su yacimiento que define el tipo de mineral y la topografía en la que se trabaja. Esto requiere que las empresas mineras tengan que adaptar técnicas y procesos a sus necesidades particulares.

Las características tecnológicas del proceso minero --economías de escala y altos niveles de mecanización-- influyen en las estrategias de las empresas mineras. Como resultado, éstas compiten reduciendo sus costos y aumentando su producción¹². Para ello, se valen de dos medios, por un lado, explotando yacimientos ricos que permitan reducir sus costos de producción logrando así ser menos vulnerable ante variaciones cíclicas en los precios internacionales sobre las cuales tienen poco control. Por otro lado, dominando cada etapa del proceso productivo con el fin de elevar la eficiencia global del mismo. Por esta razón, las empresas más exitosas desarrollan capacidades tecnológicas que se centran en el dominio del proceso productivo para mejorar sus operaciones.

3.1 La pequeña y mediana minería en el Perú

La gran riqueza minera del Perú permite que se desarrollen grandes yacimientos minerales de cobre -- como Toquepala, Cuajone, Cerro Verde y Tintaya--, de oro --como Yanacocha y Pierina-- y de zinc -- como Antamina--, pero también pequeños y medianos yacimientos cuya ventaja es tener leyes de mineral más altas que compensan el limitado tonelaje de reservas. Estos yacimientos son los desarrollados por las empresas de pequeña y mediana minería, generalmente de propiedad de grupos mineros nacionales.

Las empresas pertenecientes a la pequeña minería son aquellas que procesan como máximo 350 TM de mineral al día en sus plantas concentradoras. Los yacimientos que generalmente explotan son polimetálicos con contenidos de zinc, plomo, plata y oro. Estos, generalmente, se encuentran ubicados en la zona andina entre los 3,800 y los 5,000 metros sobre el nivel del mar. El método de

¹⁰ Ala-Härkonen (1997) en un trabajo sobre los tipos de diversificación en que se embarcan las empresas mineras, estableció que aquellas empresas que se diversifican dentro del mismo sector minero --ya sea de manera horizontal, es decir, hacia la producción de otros minerales; o de manera vertical hacia la incursión a etapas anteriores o posteriores del proceso minero-- tienden a dominar sus procesos productivos. Esto es lo que les permite generar las sinergias para obtener mayores niveles de rentabilidad. Por su parte, Pogue (1998) sugiere que las empresas mineras sudafricanas se desarrollaron bajo el modelo de ‘casas financieras’, es decir que su función principal era asegurar el financiamiento de nuevas operaciones mineras. Sin embargo, el financiamiento siempre iba acompañado por una gran capacidad tecnológica e ingenieril que se ponía al servicio de los nuevos proyectos.

¹¹ De ahí, que sea crucial la importancia de las empresas de ingeniería que hagan el diseño de las operaciones. Así como, la importancia de la capacidad ingenieril dentro de las mismas empresas mineras para poder interpretar los planos que adquieren.

¹² También se puede argüir una causalidad inversa entre la manera de competir y las características del proceso minero: debido a que las empresas compiten a través de reducción de precios y aumentos de producción, el cambio tecnológico de la minería se ha centrado en la explotación de economías de escala y en una mayor mecanización.

explotación que usan es subterránea, ya que la mayoría de los yacimientos tienen vetas angostas con altas leyes de mineral.

En 1998, estas empresas produjeron el 0.06% del cobre, 1.96% del plomo, 0.89% del zinc, 1.06% de la plata y 2.45% del oro producidos en el país. Sin embargo, a esta última cifra habría que agregar 23.95% correspondiente a la producción en lavaderos y de productores artesanales. En términos de empleo, sólo 4% del personal ocupado en minería, o 2,367 trabajadores. Sus bajos niveles de productividad les han impedido aprovechar el dinamismo que goza el sector minero nacional ya que los inversionistas nacionales y extranjeros están interesados en explotar yacimientos mayores y principalmente de metales preciosos. Otra limitación de estas empresas es que la meritoria labor que cumplían en la exploración de nuevos yacimientos está siendo realizada por empresas de exploración extranjeras --i.e. 'junior'--, desplazando así a estas empresas nacionales. Como resultado, este estrato minero se ha descapitalizado y muchas de sus operaciones han sido paradas. De acuerdo al Ministerio de Energía y Minas, el número de empresas de pequeña minería operando en 1985 era de 26 mientras que en 1999 sólo alcanzaba a 10.

Debido a su baja producción, los niveles de mecanización utilizados por estas empresas son bastante bajos. Lo cual no quiere decir que estas empresas no acumulen capacidades tecnológicas en lo referido a su proceso productivo. Todo lo contrario, estas empresas tienen una amplia experiencia en el procesamiento de minerales polimetálicos, esto se puede apreciar por la complejidad de sus plantas concentradoras que cuentan con diferentes circuitos para poder recuperar los diferentes metales que contiene el mineral explotado.

Las empresas medianas tienen una capacidad de tratamiento de mineral de 350 TM a 5,000 TM por día. Los yacimientos que explotan son similares a aquellos explotados en pequeña minería. El nivel de mecanización es diverso, dependiendo de la capacidad de tratamiento de la planta. Es así, que una empresa que procesa niveles cercanos a 350 TM por día tendrá un nivel de mecanización menor y su ratio capital-trabajo será menor comparado con una empresa que procesa cerca de 5,000 TM diarias. Esta última utilizará métodos de explotación más mecanizados y, por lo tanto, pondrá mayor atención en aumentar la eficiencia de cada parte del proceso minero. Al igual que en el caso de la pequeña minería, se aprecia una gran capacidad para procesar minerales complejos.

En 1998, las empresas de mediana minería produjeron el 5.27% del cobre, 69.91% del plomo, 74.90% del zinc, 79.87% de la plata y 25.88% del oro producidos en el país. Asimismo, estas empresas contrataron 31,462 personas, o sea que captaron el 53% del personal ocupado en minería.

Por el tamaño de los yacimientos que explotaban, las empresas medianas, al igual que las empresas pequeñas, tenían dificultades para beneficiarse de las economías de escala, sin embargo, estas empresas tenían una ventaja competitiva al explotar yacimientos polimetálicos y/o de metales preciosos que les permitían estabilizar sus ingresos ya que los ciclos económicos en cada metal suelen variar. Asimismo, es importante mencionar que los grupos mineros propietarios de estas empresas suelen tener mantener varias operaciones mineras (ver **Cuadro 4**), de tal manera que si bien no es posible hablar de economías de escala en el ámbito de la operación, si es posible hablar de economías de escala en gerencia y, eventualmente, en comercialización.

En las condiciones actuales, algunas empresas medianas han logrado un gran dinamismo mediante un aumento de inversión en la modernización y ampliación de sus operaciones. De hecho, el número de empresas operando en este estrato ha pasado de 33 empresas en 1985 a 40 en 1999. Asimismo, los grupos mineros nacionales también se han modernizado dejando de lado su carácter familiar¹³ y tornándose en corporaciones de mayor tamaño mediante adquisiciones y/o fusiones con otros grupos nacionales e incluso extranjeros. Grupos mineros como Buenaventura, Volcan y Milpo (antes grupo

¹³ Una de las principales características de los grupos mineros nacionales era su carácter familiar, el cual pretendía mantener el control de la empresa aun cuando se limitaba las posibilidades de conseguir financiamiento para expandir sus operaciones.

Picasso) han iniciado esfuerzos agresivos por conseguir fuentes de financiamiento externas --ya sea a través del establecimiento de *joint ventures* con empresas extranjeras¹⁴ o de la cotización de acciones en la bolsa nacional y de Nueva York o Toronto¹⁵. Estos tres grupos mineros han dado los primeros pasos para operar en el estrato de gran minería --Buenaventura explotando Yanacocha conjuntamente con Newmont, Volcan adquiriendo el tajo abierto Parashga, y Milpo adquiriendo la mina Iván Zar en Chile.

Cuadro 4

Principales grupos mineros de la mediana minería en 1979

Nombre del grupo	Tipo de empresa	Procedencia del capital	Número de operaciones
Arias-Ballón	Familiar	Nacional	2
Benavides	Corporación	Nacional	3
Brescia	Corporación	Nacional	2
Volcan-Castrovirreyna	Corporación	Nacional	2
Del Castillo	Familiar	Nacional	2
Fernandini	Familiar	Nacional	2
Florez Pinedo	Familiar	Nacional	2
Galjuf-Ukovich	Familiar	Nacional	3
Gubbins	Familiar	Nacional	2
Hochschild	Corporación	Extranjero	7
Loret de Mola	Familiar	Nacional	2
Mitsui	Corporación	Extranjero	2
Picasso	Corporación	Nacional	3
Proaño	Familiar	Nacional	2
Rizo Patrón	Corporación	Nacional	2

Nota: Corporación denota que el grupo tiene entre sus accionistas a diez o más accionistas no relacionados familiarmente, en caso contrario, el grupo minero se considera familiar.

Fuente: (Becker, 1983).

4. El proyecto minero de Tamboraque

La riqueza minera del Perú no sólo se ve reflejada en los grandes yacimientos cupríferos y auríferos explotados por las grandes empresas transnacionales, sino también en una infinidad de yacimientos menores con altas leyes. El caso de Tamboraque muestra claramente la riqueza de un yacimiento pequeño cuya explotación puede realizarse plenamente para aprovechar todos sus recursos. Por otro lado, este proyecto sugiere que la mediana y pequeña minería tienen un espacio importante en la industria minera actual, pero que se tienen que realizar esfuerzos para adaptar las tecnologías necesarias para la explotación eficiente de sus recursos. Estos esfuerzos deben involucrar no sólo a las empresas mineras sino también a aquellas empresas que les prestan servicios y les proveen de bienes e insumos. Es decir, que estos esfuerzos deben involucrar al *cluster* minero en su conjunto.

4.1 Antecedentes del proyecto

La empresa Minera Izandro Proaño S.A. producía concentrados de plomo y zinc. Los residuos del proceso productivo --i.e. relaves-- tenían altos contenidos de oro --i.e. 0.113 onzas de oro por TM-- y, por ello, representaban alrededor del 60% de los recursos de la mina. Sin embargo, MLPSA no podía recuperar el oro por los altos contenidos de arsénico. Se había tratado de producir concentrados de

¹⁴ El *joint venture* más destacado es el de Minas Buenaventura con Newmont que opera la mina de oro Yanacocha. En exploración, destacan los *joint ventures* formados por Buenaventura y Southern Perú (proyecto Tantahuatay), y por SIMSA, Bitterrout Resources y Billiton Exploration (prospecto Las Lomas).

¹⁵ Minas Buenaventura está cotizando en la Bolsa de Nueva York y el Grupo Milpo está iniciando trámites para cotizar sus valores en la bolsa de Toronto.

arsenopirita con oro, pero los castigos por el arsénico eran demasiado altos¹⁶. Ante la imposibilidad de recuperar el oro, se decide almacenar los relaves en la cancha de Tamboraque hasta que se pudiese aplicar alguna tecnología que recuperase el metal de manera rentable.

A mediados de los ochenta, el avance tecnológico en el tratamiento de minerales de oro con contenidos de arsénico se da en dos líneas. Por un lado, estos concentrados se estaban tratando mediante tostación, es decir, la exposición del mineral a altas temperaturas --en hornos-- para lograr cambios químicos que permitan liberar el arsénico contenido en el mineral. La desventaja de este método es su capacidad contaminante ya que los polvos que se liberan son difíciles de captar en chimeneas. Una aplicación de esta tecnología se da en la mina El Indio, en Chile, que instala una planta de tostación y cuyo producto de venta eran los concentrados de oro. Por otro lado, se estaban desarrollando diversos métodos de lixiviación --bacteriana y mediante cianuro-- para el tratamiento de minerales de oro que estaban dando buenos resultados. Uno de ellos era la planta Fairview en Sudáfrica que había inaugurado una planta de lixiviación bacteriana (BIOX) con una capacidad de tratamiento de 10 TM por día.

Hacia 1984, el gerente de Operaciones y el asesor metalúrgico de MLPSA contactan a un ingeniero metalurgista que trabajaba en investigación metalúrgica en Centromin. Este mismo ingeniero había ido a Rusia para seguir un curso sobre lixiviación bacteriana y, en ese país, había trabajado en una planta piloto en donde se trataban concentrados de arsénico y oro. Los ingenieros de MLPSA le dan una muestra del concentrado y se empiezan a hacer pruebas de lixiviación bacteriana. En éstas se logra una recuperación del oro del 75%. Sin embargo, estos resultados no fueron considerados como buenos por MLPSA y se archiva el informe.

Entre 1986 y 1988, la cooperación técnica belga dona unos hornos de tostación al Instituto Nacional de Geología, Minería y Metalurgia (INGEMMET). Mediante un acuerdo con esta institución se empiezan hacer estudios para tostar los concentrados de MLPSA con el fin de eliminar el arsénico. Los ingenieros de MLPSA van a visitar esta planta. Al mismo tiempo, se envían muestras de los concentrados a un laboratorio canadiense para hacer pruebas de tostación y de lixiviación a presión. En la primera, se logra un nivel de recuperación de tan sólo 60%, mientras que en la segunda la recuperación es del 75%. Estos resultados hacen que se opte por seguir buscando opciones tecnológicas en el área de la lixiviación.

De acuerdo a los resultados obtenidos, MLPSA había estimado construir una planta de 200 TM/día, pero el método de lixiviación a presión era rentable a partir de capacidades de producción de Au de 50,000 oz/año. Asimismo, la empresa Gencor, que era la dueña de la tecnología, pedía alrededor de US\$ 1 millón por licenciarla además de US\$ 600,000 para realizar el pilotaje. Estos niveles de inversión eran muy altos para la empresa minera, por lo cual se decide abandonar esta ruta para el desarrollo del proyecto.

Posteriormente, se canaliza a través de TECSUP la donación de una planta piloto de bio-lixiviación con la cual es posible iniciar la experimentación de esta tecnología para el tratamiento del mineral de Tamboraque. Se arma un equipo de investigación con personal proveniente de este centro de entrenamiento y de la mina. Los resultados son satisfactorios debido a que se logra imitar una tecnología por experimentación propia¹⁷, pero insuficientes para emprender la construcción de una

¹⁶ Se refiere a los castigos en la comercialización del concentrado.

¹⁷ Es importante señalar que el alto precio cargado por los servicios de Gencor reflejaba el poco conocimiento que se tenía sobre el proceso de lixiviación bacteriana a finales de los ochenta. En esa época, se pensaba que la bacteria añadida al proceso era única y lo que se patentaba era la cepa de bacteria utilizada. Sin embargo, avances en el conocimiento sobre este proceso dieron cuenta de que en el proceso de lixiviación bacteriana intervienen distintas cepas bacterianas y que ellas eran altamente dependientes de la ubicación del yacimiento y del hábitat que tuviesen el mismo. Por lo tanto, en la actualidad los ensayos de lixiviación bacteriana se realizan utilizando agua de mina que contiene las cepas bacterianas existentes en el depósito. Además, el conocimiento sobre lixiviación bacteriana se ha difundido ampliamente a pesar de los esfuerzos de las empresas por proteger sus avances mediante patentes.

planta industrial. Es así, que se vuelve a contactar a la empresa Gencor y se le solicitan sus servicios para la realizar la optimización del proceso y asesoría en la neutralización de los residuos resultantes del proceso.

Con la optimización del proceso ya es posible pasar a una fase industrial y se contrata a la empresa de ingeniería Kilborn --filial peruana-- para que realice el diseño de planta, asimismo, se empieza la búsqueda de financiamiento que finalmente ascendió a US\$ 23 millones¹⁸. Se contrata a la empresa nacional FIMA para que se encargue del 80% de la construcción de la planta y se aprovecha la capacidad de esta empresa para ampliar la búsqueda del capital necesario para llevar a cabo el proyecto. Finalmente, se logran conseguir los aportes de dos fondos financieros multinacionales, Repadre International Corporation (Canadá) y Global Environmental Emerging Markets Fund (Canadá), así como de bancos locales. La construcción de la planta se inició en 1997 y para inicios de 1999 ya se encontraba operativa.

En la actualidad, el complejo Tamboraque tiene una capacidad productiva de 25,000 onzas de oro, 40,000 onzas de plata doré, 7,000 TM de concentrados de zinc y 6,000 TM de concentrados de plomo con contenidos de 800,000 onzas de plata. Adicionalmente, se está trabajando en la ampliación del proyecto que consiste en el aumento de la capacidad de minado y el aumento de la capacidad de planta concentradora a 1,200 MT diarias. La empresa se encuentra nuevamente abocada a la búsqueda de financiamiento a través de distintas fuentes: proveedores de equipo (FIMA), bancos locales, socios estratégicos y fuentes internacionales.

4.2 Descripción del proyecto¹⁹

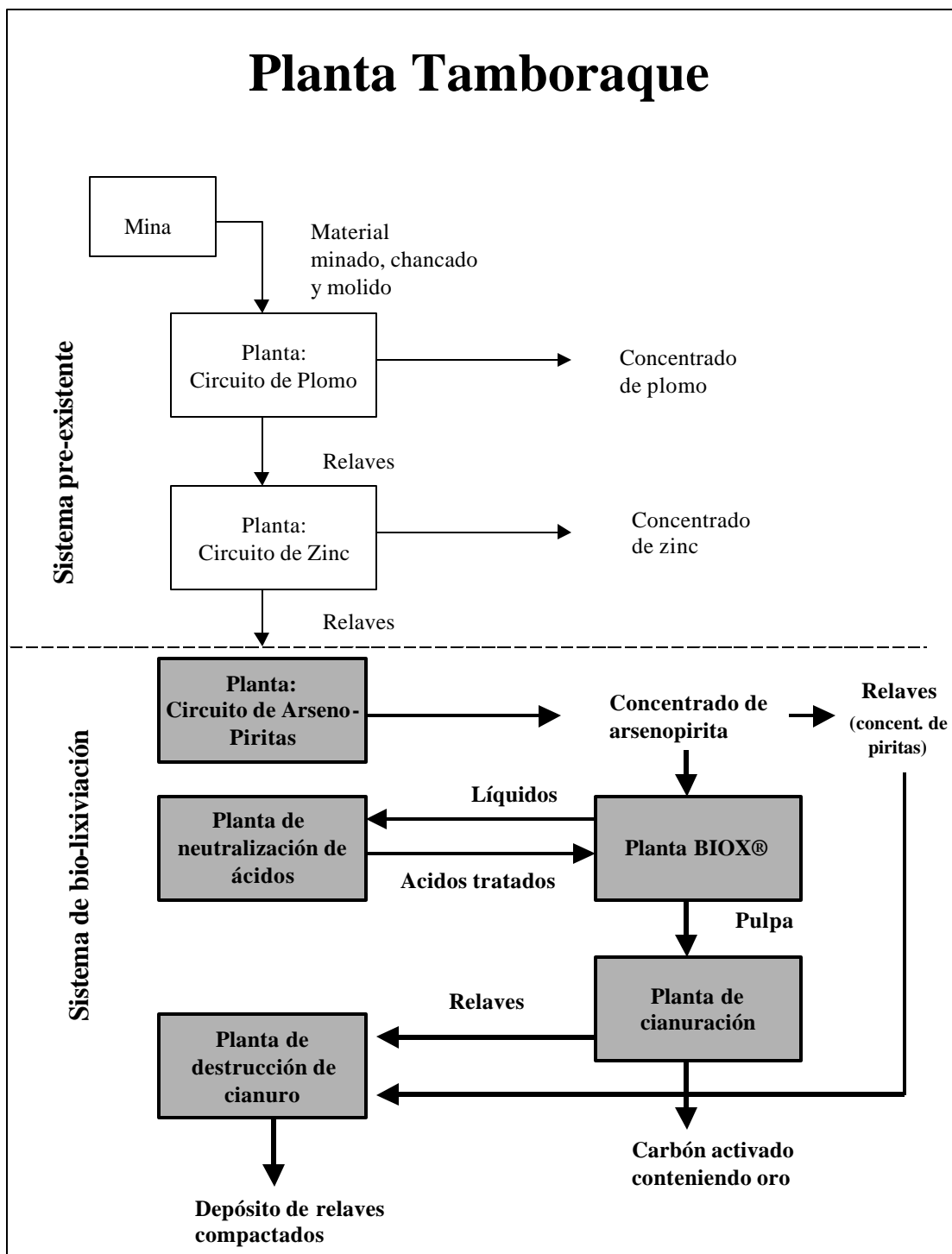
El proyecto Tamboraque consiste en la transformación radical de una operación minera pequeña cuyos productos finales eran concentrados de plomo y zinc. El proyecto contempló la ampliación de mina junto con la reforma del sistema de minado y acarreo. En algunas vetas el acarreo se sigue haciendo mediante el sistema de rieles pero en otras se está utilizando un minero ducto que transporta el mineral molido hacia la planta de concentración. Un cambio importante diseñado para reducir los costos y aumentar la eficiencia de la operación es la instalación de una chancadora dentro del socavón minero --la primera instalada en el país.

La planta de concentración se amplió de 200 TM diarias a 600. A los existentes circuitos de flotación de plomo y zinc se añade un circuito de flotación selectiva para obtener concentrados de piritas y arsenopiritas con contenido de oro. En el circuito de bio-lixiviación se procesa el concentrado de arsenopirita lográndose que se oxide el sulfuro y el fierro para que el oro sea liberado. El producto de este circuito es una pulpa que es trasladada al circuito de cianuración. Los líquidos residuales pasan a una planta de neutralización para soluciones ácidas y luego son utilizados nuevamente en el circuito BIOX. En la planta de cianuración, el oro pasa por un proceso de adsorción en carbón, lográndose como producto final carbón activado que contiene el oro liberado. El carbón es enviado a la empresa Procesadora Sudamericana para recuperar el oro en forma de oro refinado. El residuo de la planta de cianuración --altamente tóxico por sus contenidos de arsénico, fierros y ácidos-- es enviado a la planta de neutralización para que destruya el cianuro y pueda disponerse sin peligro contaminante a una cancha de relaves (ver **Figura 2**).

Figura 2

¹⁸ De los cuales, US\$ 20.895 millones correspondieron a la adquisición de equipos, desarrollo de labores mineras, obras civiles, instalaciones mecánicas, estructuras y eléctricas; US\$ 0.4 millones a otras inversiones y US\$ 1.819 a capital de trabajo.

¹⁹ Esta sección está basada en el proyecto de factibilidad entregado por MLPSA al Ministerio de Energía y Minas y en un artículo publicado por una revista minera local (Minas y Petróleo, 1999c).



Fuente: Elaboración propia basada en datos del MEM y (Minas y Petróleo, 1999c).

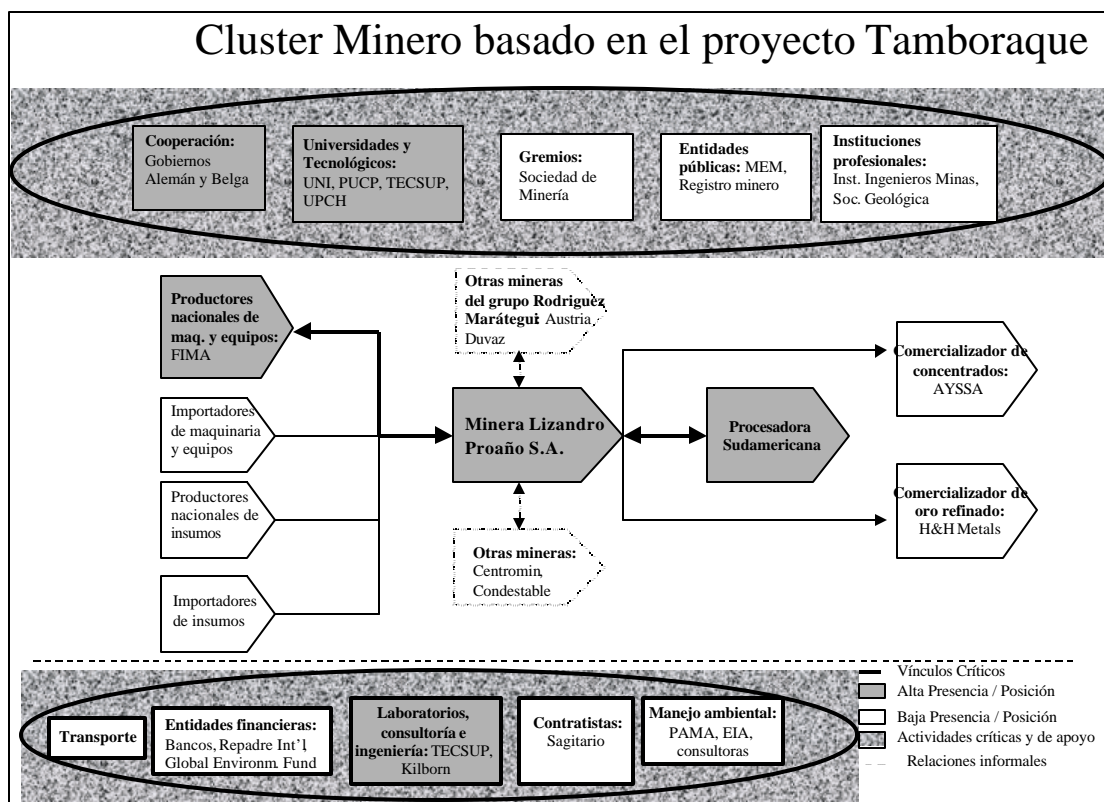
4.3 Agentes involucrados

Como en la mayoría de proyectos mineros, la puesta en marcha y operación del proyecto Tamboraque involucró la participación de muchas empresas, instituciones y personas. Aunque en esta investigación se está resaltando y analizando el rol que cumplieron cuatro de ellos, eso no significa

que se minimice la contribución de los demás. En un intento de identificar los distintos agentes del cluster Tamboraque, se ha elaborado la

Figura 3. En ella, se aprecia que hay un conjunto de instituciones que prestan apoyo a la empresa minera y, dentro de éstas, destacan las instituciones educativas y tecnológicas --en las cuales está incluido el TECSUP-- y las instituciones que brindan cooperación técnica. Otras instituciones que se incluyen pero que su rol no ha sido muy activo en este proyecto son las instituciones gremiales, las entidades públicas y las instituciones profesionales.

Figura 3



Por otro lado, se encuentran las entidades que prestan servicios a la empresa minera. En ellas destacan los laboratorios --dentro de los cuales se puede incluir al TECSUP--, empresas consultoras y de ingeniería --como Kilborn. Otras empresas que prestan importantes servicios son las empresas de transporte, los bancos y demás entidades financieras, los contratistas --que aportan servicios en la construcción como en la misma operación de las minas--, y las empresas e instituciones de manejo ambiental.

Finalmente, en la parte netamente productiva, se tiene una fuerte interacción entre la empresa minera y los proveedores de nacionales de maquinaria y equipos, así como de la empresa que refina el carbón activado. Estas interacciones reflejan estrechas relaciones de cliente-proveedor. Asimismo, se puede apreciar que existen algunas interacciones de carácter informal entre la empresa minera y otras empresas del mismo grupo minero, así como otras mineras que brindaron apoyo en la realización de este proyecto --principalmente a través de su personal--, o que recibieron beneficios indirectos del proyecto Tamboraque --i.e. Minera Condestable se benefició con la contratación de un ingeniero que participó en la puesta en marcha de Tamboraque y que actualmente es el responsable de su circuito de lixiviación de cobre.

4.3.1 Minera Lizandro Proaño S.A.

MLPSA inicia sus operaciones en el yacimiento de Tamboraque en 1905. Este yacimiento ubicado en el distrito de San Mateo, provincia de Huarochirí, departamento de Lima (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.); había sido explotado desde la época colonial, en la cual se explotaba oro por un método rudimentario de amalgamación.

En 1906, MLPSA construye una fundición y años más tarde, en 1939, se construye una planta de flotación con una capacidad de tratamiento de 50 TM diarias. Es en esta época que se empieza a explotar minerales de plomo, cobre y zinc. Por un problema de reducción de reservas, se paran las operaciones en 1964, sin embargo, la planta concentradora sigue procesando mineral de las minas vecinas. Es en 1979, que se vuelve a explotar la mina hasta la actualidad.

MLPSA pertenece al grupo minero Rodríguez Mariátegui. Esta operación era considerada una empresa de pequeña minería cuyos principales productos eran los concentrados de zinc y plomo. La capacidad de tratamiento de su planta concentradora era de 200 TM diarias. Con el proyecto de ampliación de la planta Tamboraque, se ha ampliado la capacidad de planta a 600 TM diarias y se planea una posterior ampliación a 1,200 TM diarias. Asimismo, el proyecto ha permitido que se procesen 260,000 TM de relaves acumulados con contenidos de 0.108 onzas de oro por TM y de 1.21 onzas de plata por TM.

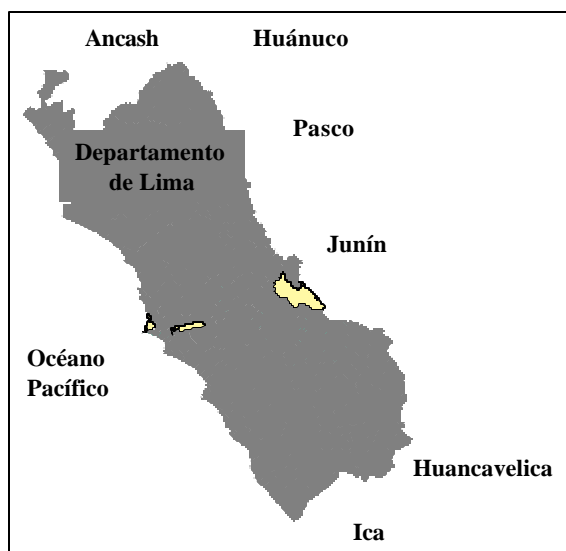
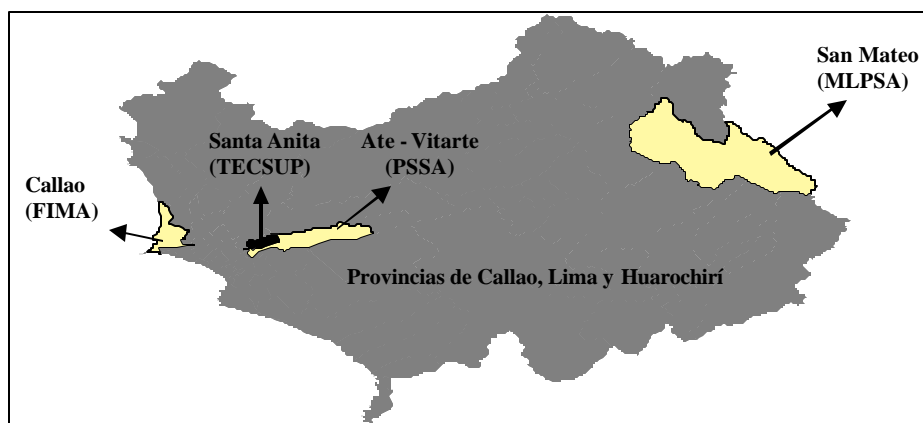


Figura 4
Localización geográfica de agentes



4.2.2 TECSUP

El Centro Tecnológico Superior (TECSUP) fue creado en 1982 a iniciativa de un grupo de industriales peruanos encabezados por el empresario minero Ing. Luis Hochschild Plaut. Estos industriales veían con preocupación que la existencia de alrededor de 50 universidades en el país no contribuía a mejorar la calidad de la mano de obra calificada en el país. Al contrario, se necesitaba de centros que ofreciesen una formación tecnológica de mando medio de calidad que complementase la creciente oferta de profesionales.

Actualmente, el TECSUP brinda 6 cursos integrales con duración de 3 años: Operaciones Químicas y Metalúrgicas, Mantenimiento de Maquinaria Pesada, Mantenimiento de Maquinaria de Planta, Electrotecnia Industrial, Electrónica Industrial, y Electrónica de Sistemas Computarizados. El TECSUP brinda instrucción a alrededor de 1,500 estudiantes por año. El número de egresados supera a los 2,000, de los cuales más del 90% cuenta con un empleo estable.

El proyecto de creación de este instituto buscó financiamiento nacional como internacional. Alrededor de 175 empresas nacionales han donado más de US\$ 18 millones a este proyecto. Estos aportes fueron utilizados para inversiones y cubrir el déficit operativo inicial. La participación del sector privado nacional reforzó las gestiones de búsqueda de financiamiento internacional y como resultado se obtuvo el apoyo del gobierno del Estado de Baden Württemberg de Alemania, quienes aportaron la asistencia técnica necesaria para el diseño de esta institución y, posteriormente, donaron maquinarias y equipos. Por su parte, la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos de Norteamérica (AID) brindó apoyo para el desarrollo de cursos vespertinos cortos, y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) financió un programa de crédito educativo. Posteriormente, el TECSUP ha contado con financiamiento de diferentes fuentes de cooperación internacional como la Unión Europea, de organizaciones canadienses, del País Vasco de España, de organizaciones suecas, entre otras.

En 1984, TECSUP inicia sus actividades en Lima, en su local en el distrito limeño de Santa Anita, brindando cursos de formación de Profesionales Técnicos en carreras de 3 años (ver ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.). Luego de dos años, se inicia el Programa de Capacitación Continua cuyo objetivo es brindar perfeccionamiento y actualización mediante cursos cortos nocturnos. Posteriormente, se diseñan cursos que son dictados directamente en las empresas.

Cuadro 5

Equipamiento del TECSUP
<ul style="list-style-type: none"> • Talleres de máquinas herramientas • Talleres de equipo de movimiento de tierra y otros equipos pesados • Laboratorios de hidráulica-neumática • Laboratorios de controladores lógicos programables • Laboratorios de computadoras, conectividad y arquitectura de computadores personales • Talleres de electrónica • Laboratorios de procesos industriales, instrumentalización y automatización • Laboratorios de electrónica de potencia • Talleres de electricidad, instalaciones eléctricas y máquinas eléctricas • Laboratorios de química • Laboratorios de pruebas metalúrgicas

Fuente: TECSUP, Institutos TECSUP, brochure.

En 1990, se inicia el proyecto para la creación de la segunda sede de TECSUP en la ciudad de Arequipa, la cual entra en funcionamiento en 1993. Desde entonces, ha brindado servicios de capacitación para las principales empresas industriales y mineras del Sur de país.

TECSUP cuenta con una moderna infraestructura y con laboratorios avanzados (ver **Cuadro 5**) que le permiten ofrecer servicios de consultoría y servicios de investigación y aplicación de tecnología en las áreas de análisis químicos, pruebas metalúrgicas, automatización de procesos, planes de capacitación, consultoría de seguridad y reorganización de procesos.

4.2.3 FIMA S.A.

FIMA S.A. es una empresa metal mecánica fundada en 1970 y localizada en el distrito del Callao en Lima (ver **Figura 4**). Esta empresa nace de la adquisición de la subsidiaria de la compañía estadounidense Denver Equipment Company por un grupo nacional.

FIMA S.A. ofrece una gran gama de productos para el sector minero (ver **Cuadro 6**). En su línea de procesamiento de minerales, ofrece equipos con la tecnología sueca de Svedala (equipos para concentración y procesamiento de minerales) y tecnología estadounidense de Denver Mineral Engineers (equipos para el procesamiento de minerales). A su vez, FIMA S.A. fabrica equipos y elementos complementarios con tecnología propia. La empresa ofrece maquinaria y equipos para las fases de extracción minera; almacenamiento y transporte; trituración, clasificación y molienda; flotación; bombeo; agitación para plantas de flotación; espesamiento y filtrado; equipos de gravimetría; y equipos de lixiviación y precipitación.

Cuadro 6

Productos ofrecidos por FIMA para el sector minero	
• Plantas concentradoras	• Filtros clarificadores a presión
• Plantas de cianuración	• Filtros de discos
• Plantas de lavado	• Filtros precipitadores
• Plantas de precipitación	• Hidrociclones
• Bombas de diafragma	• Hornos de fundición
• Bombas de pulpa verticales y horizontales	• Hornos de regeneración de carbón
• Carros mineros - descarga lateral e inferior	• Hornos de retorta de mercurio
• Cedazos vibratorios	• Jaulas mineras
• Celdas de flotación	• Jigs de minerales
• Celdas electroolíticas	• Mesas concentradoras
• Chancadoras de quijadas	• Molinos de bolas y barras
• Chancadoras de rodillos	• Muestreadores
• Ciclones	• Palas neumáticas
• Clasificadores de espiral	• Recuperadores de oro
• Columnas de carbón	• Sistema de desorción de carbón
• Distribuidores de pulpa	• Torres de deaeración
• Equipos de laboratorio	• Cilindros cernidores
• Espesadores estándar y de alta velocidad	• Winches de izaje y arrastre
	• Repuestos para toda la línea de productos

Fuente: FIMA S.A, *Carpeta de presentación a clientes*.

En un esfuerzo por brindar soluciones integrales, FIMA S.A. está ofreciendo la ejecución de proyectos llave en mano (*turn-key*). Los servicios que estos proyectos incluyen son el dimensionamiento de los equipos a partir de pruebas de laboratorio, diagramas de flujo, ingeniería básica y de detalle, fabricación y provisión de equipos, así como de los elementos estructurales y eléctricos, montaje, puesta en marcha y capacitación. Asimismo, FIMA provee esquemas de financiamiento que facilitan la realización de proyectos completos.

FIMA S.A. proporciona asistencia técnica que se extiende más allá de la puesta en marcha de los proyectos en los cuales interviene. Para ello, cuenta con un equipo de ingenieros y técnicos en las especialidades de metalurgia, mecánica, electricidad, entre otras.

4.2.4 Procesadora Sudamericana S.A.

Procesadora Sudamericana S.A. (PSSA) es una empresa dedicada al procesamiento de minerales con 23 años de experiencia en el mercado nacional. Se encuentra ubicada en el distrito de Ate-Vitarte en Lima (ver **Figura 4**). Inicia sus operaciones con la refinación de plata y es a partir de los ochenta que empieza a refinar oro. Esta empresa ofrece los servicios de refinación de metales preciosos --oro y plata. PSSA recibe de las empresas mineras carbón activado, precipitados Merrill Crowe, amalgamas, barras doré y metales preciosos para ser nuevamente refinados. Su mercado principal son las empresas de mediana minería y, en menor medida, mineros auríferos artesanales. PSSA devuelve el oro refinado a sus clientes como también ofrece un servicio de comercialización al extranjero, para lo cual cuenta con un único comprador en el Reino Unido²⁰. Alrededor del 90-5% del oro que comercializa es vendido al extranjero y sólo el resto es vendido al mercado nacional. En el caso de la plata, la totalidad es vendida al mercado interno.

La capacidad de tratamiento de planta es de alrededor de 12 TM de oro y 24 TM de plata al año. PSSA se considera la empresa líder en el mercado nacional y reporta haber captado el 80% del mismo --esto es 50% del mercado del oro y casi el 100% en el de plata.

5. El proyecto Tamboraque a la luz del concepto de *clusters*

Más que en el monto de inversión o en el aumento de capacidad productiva, la importancia del proyecto minero de Tamboraque reside en las estrechas relaciones de colaboración que generó entre los agentes involucrados y en el proceso de aprendizaje que representó para ellos. Dichas relaciones de cooperación que son cruciales en países desarrollados para mantener altos niveles de innovación, son relativamente escasas entre los productores peruanos, y mucho más escasas entre productores e instituciones tecnológicas nacionales --quienes se han caracterizado más por una labor ‘científica’ antes que de apoyo industrial.

Usando el ‘diamante’ de Michael Porter, se identificarán los principales factores que influenciaron para que este proyecto se llevase a cabo. La existencia de recursos mineros idóneos para la explotación mediante procesos hidrometalúrgicos, la disponibilidad de mano de obra altamente capacitada y de proveedores especializados para el sector minero que pudiesen atender la demanda relativamente sofisticada de MLPSA, y un ambiente que permite que las empresas mineras compitan en el ámbito internacional parecen haber creado condiciones propicias para la culminación de este proyecto.

A nivel de empresa, cada uno de los agentes involucrados se vio involucrado en procesos de aprendizaje que resultaron en la adquisición de capacidades productivas y tecnológicas que les permitió, en algunos casos, ofertar nuevos productos y/o servicios mejorando su posición dentro del *cluster* minero. Más aún, algunos agentes parecen haber ingresado en un ‘círculo virtuoso’ de aprendizaje destinando nuevos esfuerzos para encontrar solución a problemas latentes en sus operaciones.

²⁰ Según el Gerente General de PSSA, la principal razón para trabajar con un solo cliente es que la exportación de oro es un negocio de alto riesgo, en el cual no se cuenta con la garantía de cartas fianzas. La relación que tiene PSSA con este cliente es de larga data por lo cual prefieren seguir trabajando con él a pesar de que les llegan pedidos de compra de oro de otros clientes extranjeros.

5.1 Los elementos del ‘diamante’ de Porter

El esquema sugerido por Michael Porter (1990) para determinar el contexto propicio para la generación de ventajas competitivas en el ámbito de una nación, es decir el ‘diamante’, puede ser utilizado para justificar el relativo éxito de implementación de un proyecto como Tamboraque. En primer lugar, a pesar de que la lixiviación bacteriana no es una tecnología de amplio uso en el país, hay una buena disponibilidad de recursos mineros que podrían ser explotados usando métodos hidrometalúrgicos --i.e. lixiviación ácida y bacteriana. El **Cuadro 7** muestra las plantas hidrometalúrgicas para el tratamiento de oro, existentes en 1999. La puesta en marcha de varios proyectos auríferos utilizando métodos hidrometalúrgicos --i.e. Yanacocha, Sipán, Ares, Retamas, etc.-- da cuenta del potencial para implementar proyectos de lixiviación de oro.

Cuadro 7

Plantas hidrometalúrgicas para el tratamiento de oro: 1999		
	Lixiviación	Cianuración
Ancash	1	1
Arequipa	1	8
Ayacucho	2	1
Cajamarca	5	0
Ica	4	1
La Libertad	1	7
Pasco	0	1
Total	14	19

Fuente: (Sociedad Nacional de Minería, 2000).

Esta disponibilidad de recursos físicos es complementada con recursos humanos con experiencia en el procesamiento de minerales complejos como los encontrados en Tamboraque. La especialización de las empresas de mediana y pequeña minería en la explotación de minerales complejos ha servido para la generación de un capital humano con un eficiente manejo de las distintas operaciones unitarias en el minado y procesamiento de los mismos. Es importante mencionar que un proyecto de investigación patrocinado por la Junta del Acuerdo de Cartagena en la década de los ochenta, así como la experiencia en lixiviación derivada del proyecto cuprífero de Cerro Verde sirvieron para entrenar profesionales en lixiviación de minerales. Por otro lado, la existencia de una infraestructura tecnológica formada por instituciones de investigación y de experimentación minera --i.e. INGEMMET y previamente INCITEMI y Banco Minero-- facilitó no sólo la investigación sobre esta tecnología sino sobre una serie de tecnologías para procesamiento de minerales. Esta infraestructura es complementada por los laboratorios de las mismas empresas mineras que muchas veces proveen servicios de laboratorio a otras empresas, tal fue el caso de los laboratorios de Centromín que fue la primera entidad en analizar el mineral de Tamboraque. A pesar de que no hay una política pública explícita para el fortalecimiento de esta infraestructura tecnológica, la iniciativa privada se ha encargado de mantenerla a través de la búsqueda de apoyo internacional a través de convenios de cooperación técnica. En lo referente a este proyecto, la donación de un equipo para la tostación de concentrados dada por el gobierno belga al INGEMMET y la donación de un equipo de lixiviación bacteriana por parte del gobierno alemán al TECSUP sentaron las bases para crear una infraestructura física y tecnológica que permitiese apoyar los esfuerzos de búsqueda tecnológica de la empresa.

En segundo lugar, la implementación de este proyecto minero requirió de servicios mineros especializados --i.e. análisis químicos y metalúrgicos, experimentación metalúrgica, etc.-- que si bien eran provistos por el mercado nacional en ese momento, su costo era prohibitivo para una empresa pequeña. En la época en que se lleva a cabo el proyecto, este tipo de servicios mineros contaba con un mercado bastante segmentado. Por un lado, las grandes empresas demandaban los servicios de laboratorios extranjeros mientras que las empresas medianas y pequeñas demandaban los servicios de

laboratorios nacionales para labores muy puntuales²¹. Sin embargo, un servicio de tipo integral --i.e. análisis y experimentación-- como el requerido por MLPSA, era raramente demandado. Se puede decir que MLPSA demandó de servicios relativamente sofisticados para el mercado nacional. La necesidad de la empresa minera por este tipo de servicio pudo canalizarse a través de una relación de cooperación entre la empresa y el recientemente formado centro de formación tecnológica, TECSUP²². Una vez que los estudios se llevaron a cabo en el TECSUP, varias empresas pequeñas y medianas solicitaron servicios similares dando cuenta que existía una demanda insatisfecha en el mercado.

En tercer lugar, la existencia de industrias conexas al sector minero con un relativamente alto grado de competitividad internacional permitió continuar con el proyecto. La recuperación de la economía nacional junto con la promulgación de una legislación minera que favorecía a la inversión privada, tanto nacional como extranjera, propició una recuperación del sector. El influjo de inversiones, en un primer momento como resultado del proceso de privatización de las empresas estatales, indujo la aparición de una gran cantidad de empresas ofertando bienes y servicios al sector minero. Entre éstas se encuentran las empresas de ingeniería de renombre internacional que abrieron subsidiarias en el país, así como oficinas de representación de insumos, equipos y otros bienes mineros. Es importante resaltar en el caso de las primeras que la existencia de profesionales peruanos con altos niveles de calificación permiten que estas empresas funcionen en el país con costos relativamente bajos ya que los salarios pagados en el país son más bajos que aquellos pagados en los países donde funcionan las casas matrices. Del mismo modo, las empresas nacionales --muchas veces con participación estatal-- se reestructuraron para aumentar su eficiencia dada la apertura de mercados y el ingreso de empresas extranjeras.

Una vez terminados los ensayos metalúrgicos y la experimentación en la planta piloto del TECSUP, se necesitaba proseguir con el diseño de planta. A pesar de que, según los representantes de MLPSA, el diseño podría haberse hecho dentro de la misma empresa, se recurre a la filial peruana de la empresa de ingeniería Kilborn. La razón es que la búsqueda de financiamiento requiere de avales técnicos para el proyecto. Posteriormente, MLPSA entra en un acuerdo con la empresa metal mecánica nacional FIMA para que se haga cargo de la construcción de los equipos necesarios. La elección de FIMA también se ve influenciada por razones financieras. Independientemente de ser una de las más grandes y eficientes empresas metal mecánica en el país, FIMA ofrece un servicio integral de desarrollo de proyectos en el cual está incluida la búsqueda de fuentes de financiamiento. Este tipo de servicio, aunque nuevo en país, es relativamente común en el sector minero internacional y amplía las posibilidades de culminación de los proyectos. En cuanto a las capacidades técnicas de FIMA, éstas son inmejorables pues la empresa siguió una estrategia de *joint ventures* contractuales para adquirir tecnología de productores reconocidos mundialmente.

El régimen competitivo del sector minero --último elemento en el diamante de Porter-- es competitivo. Las empresas mineras nacionales compiten en el ámbito internacional ante una demanda elástica. La principal estrategia competitiva en este sector es la reducción de costos operativos y la ampliación de producción, ya sea a través de la puesta en marcha de nuevos proyectos pertenecientes a una misma empresa y/o grupo minero, o de la ampliación de operaciones existentes. De acuerdo al **Cuadro 8**, la inversión minera se ha elevado de US\$ 626 millones en 1997 a US\$ 1,288 millones en

²¹ La coyuntura económica de los años ochenta fue sumamente adversa a la minería lo que originó que muchas empresas medianas y pequeñas redujesen sus inversiones en exploración y reposición de equipos, se dedicasen a explotar los depósitos más valiosos de sus yacimientos y a procesar los minerales con la tecnología disponible aun si ésta no fuese la adecuada para lograr mayores niveles de recuperación metalúrgica.

²² Es importante mencionar, que otra institución minera nacional, INGEMMET, podría haber brindado los mismos servicios si es que la donación de los equipos se hubiese canalizado a través de ellos. Sin embargo, la forma de trabajo de INGEMMET --caracterizada por una baja interacción y participación con las empresas mineras-- influyó para que se prefiriese al TECSUP.

1999. Durante 1997-98, el rubro con mayor participación fue la inversión en ampliaciones que representó el 63% en 1997, mientras que en 1999, la inversión en proyectos en construcción elevó su participación a 47% principalmente por la puesta en marcha del proyecto Antamina. Adicionalmente, algunas empresas se embarcan en un proceso de diversificación, generalmente, hacia la explotación de otros minerales. De hecho, MLPSA es un claro ejemplo en el que se sigue una estrategia de ampliación de producción --i.e. ampliación de planta concentradora de 200 a 600 TM diarias-- y de diversificación hacia otros minerales --i.e. producción de oro.

Cuadro 8

Inversiones estimadas: 1997-1999

	1997	1998	1999
Ampliaciones	397	538	569
Proyectos en construcción	89	402	600
Proy. en estudio de factibilidad	19	7	70
Exploración	97	45	49
Proy. por privatizar	23	25	0
TOTAL	626	1,017	1,288

Fuente: Elaboración propia basada en datos provistos por (Minas y Petróleo, 1999a; Minas y Petróleo, 1999b).

Finalmente, las políticas del gobierno que se dieron desde inicios de los noventa para modernizar la legislación minera tuvieron los efectos esperados. La promoción de la inversión privada y extranjera en minería, así como la apertura del mercado de capitales logró que se canalicen una serie de recursos que permitieron que la inversión minera se elevase sustancialmente y que empresas extranjeras como Newmont, Noranda, Anglo American, Cyprus Amax y BHP inicien operaciones en el Perú. La percepción del Perú como un país seguro para la inversión extranjera, unido a su ya reconocida riqueza minera, fue determinante para conseguir los recursos financieros necesarios para llevar a cabo el proyecto.

5.2 Capacidades productivas y tecnológicas

5.2.1 Minera Lizandro Proaño S.A.

Luego de casi un siglo en operación, MLPSA ha adquirido una importante experiencia y, por lo tanto, conocimiento sobre el negocio minero. La historia de la empresa refleja que la empresa no sólo se mantuvo durante largos periodos en operación, sino que fue capaz de hacer dos cambios drásticos de tecnología que implicaron la habilidad de llevar a cabo proyectos de inversión y adecuarse a los mercados.

El **Cuadro 9** resume las principales capacidades productivas y tecnológicas identificadas en MLPSA. En el ámbito de la inversión, destacan la puesta en marcha de su fundición de oro en 1906, un año después de que se crea la empresa²³. Posteriormente, con el aumento de demanda de metales básicos y la difusión de la tecnología de concentración por flotación, MLPSA decide construir en 1939, una planta de concentración de 50 TM diarias para el tratamiento de plomo y zinc. A partir de 1964, la

²³ MLPSA se crea en 1905, cuatro años después de la desnacionalización de la minería nacional en la Sierra Central. Thorp y Bertram (1978) relatan que Lizandro Proaño fue uno de los pocos empresarios que continuó explotando sus propios yacimientos en lugar de venderlos a la empresa Cerro de Pasco Corp. que compró casi la totalidad de minas de la zona. Quizás las razones para mantener esta independencia radiquen en la acumulación de capacidades productivas y tecnológicas por parte de esta empresa minera, así como de su capacidad para conseguir el financiamiento necesario para invertir en sus operaciones. Aunque Thorp y Bertram (1978) también señalan que a pesar de sus esfuerzos Lizandro Proaño tuvo que vender algunas de sus operaciones debido a no poder cumplir con sus obligaciones financieras y a una decisión de directorio que favorecía la venta.

empresa decide cerrar su mina debido a los bajos precios del plomo y zinc²⁴, para dedicarse sólo a procesar minerales provenientes de minas cercanas. En 1979, con la subida de los precios de plomo y zinc se reabre la mina que continúa funcionando hasta la actualidad. En estos 30 años de funcionamiento, se han puesto en marcha otras inversiones como la ampliación de la planta concentradora hasta las 200 TM y la inversión en exploraciones. Finalmente, hacia fines de los 90, se lleva a cabo el proyecto Tamboraque que incluyó la construcción de la planta BIOX además de la ampliación de mina y de la planta concentradora.

Las inversiones anteriores reflejan la existencia de capacidades tecnológicas ya que para poner en marcha todos estos proyectos MLPSA ha debido identificar los segmentos más rentables del mercado, así como evaluar, adquirir y adaptar tecnologías nuevas a sus operaciones. En el caso del actual proyecto Tamboraque, la presencia de oro en sus minerales y su asociación con arsénico que impedía la recuperación del primero, indujo a que la empresa iniciase un intenso proceso de búsqueda tecnológica. Esta búsqueda tardó más de 10 años, en los cuales se trataron distintas opciones tecnológicas --i.e. tostación y lixiviación bacteriana²⁵. Otra capacidad tecnológica que demuestra MLPSA es haber conseguido financiamiento para un proyecto altamente riesgoso por utilizar tecnología no probada en el país²⁶. MLPSA, al igual que algunos de los grupos mineros más dinámicos en el país, recurre a fuentes foráneas de financiamiento y establece un *joint venture* con Repadre Internacional Corp. y Global Environmental Emerging Markets Fund.

En el ámbito de la organización de la producción y procesos, los años de existencia de la empresa --i.e. 94 años-- dan cuenta del dominio del proceso productivo por parte de la empresa. A diferencia de otras operaciones que cuando cierran sus minas también cierran sus plantas procesadoras, MLPSA mantuvo funcionando a ésta última con el mineral proveniente de minas cercanas. Esto refleja que la empresa mantenía un grado de eficiencia razonable en la concentración de minerales de plomo y zinc. MLPSA también muestra una buena organización de sus procesos al haber designado una zona especial --Coricancha-- para acumular sus relaves --con un contenido de alrededor de 0.108 onzas de oro por TM-- y que estos sean usados posteriormente²⁷. En épocas recientes, y probablemente en épocas anteriores, MLPSA ha realizado esfuerzos por optimizar sus procesos y aumentar la eficiencia de sus operaciones unitarias.

Por otro lado, la empresa también ha dado muestras de poseer capacidades tecnológicas en el ámbito de la organización de producción y procesos. Así, por ejemplo, en la época en que sólo procesaba

²⁴ Los precios del plomo pasaron de US\$0.20 por libra en 1951 a sólo US\$0.08 en 1963, y los de zinc bajaron de US\$0.21 a US\$0.10

²⁵ Lo resalante de la conducta de MLPSA es que continuó en la búsqueda quizás incentivada por la experiencia de operaciones extranjeras que se reportaban en las publicaciones especializadas en minería. Es así, que en 1988-9, se llega a contactar a la compañía sudafricana Gencor que había patentado un proceso de lixiviación bacteriana para el tratamiento de minerales similares a los encontrados en Tamboraque. Sin embargo, el costo de la licencia por el uso de la tecnología era demasiado alto para MLPSA --alrededor de un millón de dólares--, así como la tarifa por el pilotaje para adecuar la tecnología a los minerales de Tamboraque --alrededor de US\$600,000. Hacia 1990, la búsqueda tecnológica vuelve a centrarse en torno a recursos nacionales y encuentra resultados positivos al hacerse la experimentación con lixiviación bacteriana en la planta piloto instalada en el TECSUP. Los resultados favorables no se limitaron a la certeza de que este método era adecuado para la recuperación del oro, sino que los costos fueron sumamente bajos comparados con los de Gencor. Durante el I Congreso del Oro en el Perú se contacta nuevamente a un representante de Gencor. Posteriormente, se evalúan los resultados de la experimentación hecha en la planta piloto y se le pide apoyo para la optimización del proceso. Estos servicios fueron facturados por sólo US\$50,000, es decir alrededor del 3% de la cifra propuesta durante la primera aproximación con Gencor.

²⁶ Uno de las principales limitaciones de la mediana y pequeña minería es la canalización de fuentes de crédito. Debido al carácter familiar de los grupos mineros nacionales, la mediana y pequeña minería dependía casi enteramente de fuentes internas de financiamiento. Esto explica el relativo fracaso de las empresas de este estrato para aprovechar las condiciones favorables por las que atravesó la minería nacional en los primeros años de los 90.

²⁷ Normalmente, los relaves de las minas han sido dispuestos sin pensar en su posterior utilización y más bien han contribuido a aumentar los pasivos ambientales de las empresas mineras.

minerales de terceros, MLPSA ha tenido que adaptar su proceso --i.e. especificar ciertas características que deben tener el mineral de las otras minas, especificar mezclas de minerales que aumenten la eficiencia de recuperación, ensayar distintas proporciones de reactivos, etc.--, para poder procesar distintos minerales. Recientemente, se han realizado esfuerzos para tratar mineral con mayores contenidos de arsénico, utilizar el drenaje ácido de la mina como insumo para el proceso de lixiviación y se ha implementado un sistema de controles automáticos para el circuito de lixiviación que está siendo ampliado para el resto de las operaciones de la empresa. A su vez, la introducción del circuito de lixiviación ha requerido del cambio de la configuración de toda la operación minera. Hasta antes de la puesta en marcha del proyecto, Tamboraque mantenía dos circuitos de concentración: el de plomo y el de zinc. Posteriormente, se opera un circuito de concentración de plomo, otro de zinc y uno de arsenopiritas. Este último da como resultado dos tipos de concentrados: el de piritas --que es dispuesto a los relaves--, y el de arsenopiritas --que es tratado por lixiviación. Esto hace que el diseño de planta de Tamboraque sea un sistema sumamente complejo y que requiera de estrictos sistemas de monitoreo y control para que el funcionamiento del mismo sea eficiente (ver **Figura 2**).

En cuanto a las actividades centradas en producción, MLPSA también muestra una serie de capacidades. Por ejemplo, como ya se mencionó, la empresa ha sabido adaptar su producción de acuerdo a los cambios experimentados en el mercado de los minerales: de oro a metales básicos, al procesamiento exclusivo de minerales de terceros, a la reapertura de su mina y a la producción conjunta de plomo, zinc y oro. Asimismo, durante el proceso de búsqueda tecnológica, la empresa tenía una idea bastante clara sobre sus metas de recuperación de oro --i.e. alrededor de 90%-- para que el proyecto alcanzara los niveles de rentabilidad esperados²⁸. Finalmente, en la actualidad se está adaptando el proceso para tratar concentrados con mayor contenido de arsénico²⁹. Todas estas capacidades son acompañadas de otras más rutinarias como el mantenimiento de sus equipos y control de sus operaciones.

En cuanto al suministro de bienes de capital, la empresa compra sus equipos de proveedores establecidos, realiza el reemplazo de piezas de desgaste y tiene un departamento de mantenimiento. A diferencia de otras empresas mineras, MLPSA inició grandes esfuerzos por conseguir la planta piloto de BIOX para poder hacer su experimentación. A través de sus contactos con el personal de Centromín Perú, vinculado al proyecto de lixiviación bacteriana de Toromocho para la recuperación de cobre³⁰, se establecen vínculos con un experto alemán en el área de lixiviación bacteriana. Con este experto se empiezan gestiones con la agencia de cooperación internacional alemana GTZ para la donación de una planta piloto de lixiviación bacteriana que es canalizada hacia el TECSUP en 1993.

MLPSA realiza la provisión de insumos a través de proveedores estables con los que se mantiene una relación de largo plazo. Esto ha permitido que en momentos en que MLPSA haya sufrido de falta de liquidez, algunos de sus proveedores les haya dado créditos de corto plazo. A su vez, MLPSA ha retribuido esta deferencia comprando a estos proveedores aun cuando los precios pueden haber sido más altos que los cargados por otras empresas. Como toda empresa minera que procesa mineral polimetálico, MLPSA ensaya con nuevos reactivos que salen al mercado con el fin de mejorar los niveles de recuperación.

²⁸ Por esta razón, entre 1986 y 1988 se desechó la opción de tostación que sólo ofrecía 60% de recuperación, así como los resultados de los ensayos iniciales con el proceso de lixiviación bacteriana, que ofrecía una recuperación del 75%.

²⁹ Según representantes de la empresa, ninguna otra empresa minera en el mundo procesa contenidos de arsénico tan altos bajo el sistema BIO-LIX.

³⁰ Este proyecto de lixiviación bacteriana formó parte del, antes mencionado, programa de estudios en lixiviación bacteriana apoyado por la Junta del Acuerdo de Cartagena.

Cuadro 9
Capacidades productivas y tecnológicas de MLPSA

	Capacidades de producción	Capacidades tecnológicas
Inversión	<ul style="list-style-type: none"> • Fundición de oro (1906) • Planta concentradora (1939) • Cierre de mina (1964) • Reapertura de mina (1979) • Ampliaciones de mina y planta concentradora hasta 600TM 	<ul style="list-style-type: none"> • Selección de tecnología para la puesta en marcha de la fundición de oro, planta concentradora y planta de lixiviación (relaves) • Evaluación de la rentabilidad de la inversión para realizar cambios de tecnología • Evaluación de rentabilidad para especializarse en operaciones específicas • Aseguramiento de financiamiento
Organización de la producción y procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Dominio de proceso productivo en planta que permitió dedicarse al procesamiento de minerales de otras minas (1964) • Acumulación de relaves con contenido de oro • Cambios en las distintas operaciones unitarias de la operación para aumentar eficiencia • Optimización de procesos 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación de procesos productivos para procesar minerales de diferentes minas, usualmente con diferentes características mineralógicas (1964) • Incorporación de un circuito de concentración de arsenopiritas, planta lixiviación bacteriana, planta de cianuración y una planta de efluentes (1997-9). • Adaptación y mejora en minado y concentración para asegurar eficiencia en planta de lixiviación • Uso de drenaje ácido para lixiviación
Actividades centradas en producción	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento y control rutinario 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación de producción de acuerdo a cambios en mercado: de oro a metales básicos (1939), concentración de minerales de terceros (1964), producción de oro por BIOX (actual) • Fijación de niveles mínimos de recuperación de oro • Adaptación del proceso para el tratamiento de concentrados con altos contenidos de arsénico (actual) • Uso de drenaje ácido como insumo para BIOX
Suministro de bienes de capital	<ul style="list-style-type: none"> • Reemplazo de piezas de desgaste • Servicio de mantenimiento interno 	<ul style="list-style-type: none"> • Adquisición de planta piloto mediante donación canalizada a TECSUP • Adaptación de diseños de planta de lixiviación con la ayuda de FIMA
Oferta de insumos (encadenamientos hacia atrás)	<ul style="list-style-type: none"> • La empresa tiene proveedores estables 	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayo con distintos reactivos
Orientación al cliente (encadenamientos hacia delante)	<ul style="list-style-type: none"> • Venta de concentrados de plomo y zinc (AYSSA) 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrada al mercado de oro refinado a través de H&H Metal

Fuente: Elaboración propia basada en datos provistos por MLPSA.

Finalmente, MLPSA vende sus concentrados de plomo y zinc a través de comercializadores establecidos --i.e. AYSSA, filial de Glencore. Estas ventas se hacen de acuerdo a las cláusulas típicas que se dan en las ventas de concentrados. Es decir, de acuerdo al contenido de mineral en los concentrados, más los premios por contenidos de minerales valiosos, menos los castigos por contaminantes, y menos los costos de refinación (maquila). Por su parte, el oro refinado es vendido a través de H&H Metal, que a pesar de otro comercializador establecido, le ha permitido a MLPSA entrar al mercado de oro refinado en el cual las condiciones de comercialización son más claras y dependen directamente de las cotizaciones internacionales.

Las capacidades acumuladas por MLPSA se han dado principalmente en áreas relacionadas con la inversión, organización de la producción y procesos, y en actividades centradas en producción. Esto coincide con la clasificación presentada por Bell y Pavitt (1993) en páginas anteriores (ver

EL CLUSTER MINERO PERUANO EN ACCIÓN: EL CASO DE TAMBORAQUE

Juana R. Kuramoto

Julio 2000

Lima - Perú

La investigación en la que se basa este trabajo fue financiada por el Consorcio de Investigación Económica (CIES). La autora es investigadora asociada del Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE). Se agradecen los comentarios y sugerencias hechos por Rudolf Buitelaar y por un lector anónimo. Enviar correspondencia a kuramoto@grade.org.pe

Contenido

1.	Introducción	3
2.	Clusters industriales y aprendizaje	5
3.	Caracterización tecnológica de la minería.....	21
3.1	La pequeña y mediana minería en el Perú	23
4.	El proyecto minero de Tamboraque	25
4.1	Antecedentes del proyecto.....	25
4.2	Descripción del proyecto.....	27
4.3	Agentes involucrados	28
4.3.1	<i>Minera Lizandro Proaño S.A.</i>	30
4.2.2	<i>TECSUP</i>	31
4.2.3	<i>FIMA S.A.</i>	32
4.2.4	<i>Procesadora Sudamericana S.A.</i>	33
5.	El proyecto Tamboraque a la luz del concepto de <i>clusters</i>.....	33
5.1	Los elementos del ‘diamante’ de Porter	34
5.2	Capacidades productivas y tecnológicas	36
5.2.1	<i>Minera Lizandro Proaño S.A.</i>	36
5.2.2	<i>TECSUP</i>	50
5.2.3	<i>FIMA</i>	62
5.2.4	<i>Procesadora Sudamericana</i>	64
5.3	Aprendizaje y transmisión del conocimiento.....	76
5.3.1	<i>MLPSA</i>	76
5.3.2	<i>TECSUP</i>	78
5.3.3	<i>FIMA S.A.</i>	80
5.3.4	<i>Procesadora Sudamericana S.A.</i>	80
6.	Aproximación a un <i>cluster</i> minero dinámico.....	81
6.1	Capacidades y transferencia tecnológica en un <i>cluster</i> dinámico.....	81
6.2	Lineamientos de política	83
7.	Conclusiones.....	85
8.	Referencias	88

ANEXOS

EL CLUSTER MINERO PERUANO EN ACCIÓN: EL CASO DE TAMBORAQUE

1. Introducción

Los resultados preliminares del proyecto: “Estudio de caso de la minería en el Perú: Una Estrategia de Desarrollo Basada en Recursos Naturales” (Kuramoto, 1999) sugieren que las empresas de gran minería contribuyen relativamente poco al fortalecimiento de los proveedores mineros nacionales debido a su escaso nivel de compras nacionales. Algunos factores que contribuyen a esta situación son la existencia de créditos atados, los contratos de desarrollo de proyectos mineros bajo la modalidad EPCM (ingeniería, compras, construcción y gerencia) y los altos requerimientos tecnológicos de las grandes empresas mineras. Los altos montos de inversión requeridos para el desarrollo de un proyecto minero han ido aumentando a lo largo del tiempo. Por ejemplo, la construcción del proyecto de Toquepala, que fue considerado como uno de los mayores proyectos mineros a fines de los cincuenta, requirió una inversión de alrededor de US\$ 700 millones, mientras que proyectos recientes como Bajo La Alumbra (Argentina), El Teniente (Chile) y Antamina (Perú) sobrepasan todos los US\$ 2,000 millones. Estos altos requerimientos de capital obligan que se adquieran créditos a través de bancos, pero también de proveedores y futuros clientes. Es así, que desde un inicio se define la compra de algunos equipos clave para la operación.

Del mismo modo, los contratos EPCM otorgan a las empresas de ingeniería un rol fundamental en la adquisición de equipos. Estas empresas al gerenciar el proyecto minero deciden sobre las compras de los equipos necesarios para el minado, la planta procesadora y otras obras. Al tener una cartera de proveedores con los cuales las empresas de ingeniería trabajan regularmente, los proveedores nacionales generalmente se encuentran en desventaja teniendo que conformarse con contratos relativamente pequeños.

Finalmente, los requerimientos tecnológicos de las grandes empresas mineras pocas veces pueden ser satisfechos por las empresas nacionales. Ejemplos de esto son los equipos que son producidos sólo por la empresa creadora de la tecnología; reactivos que no son producidos en el país, etc. Asimismo, parece que existen fallas de mercado debido a que las grandes empresas no tienen conocimiento de las capacidades tecnológicas de los proveedores nacionales mientras que éstos últimos carecen de un eficiente sistema de mercadeo que le permita llegar a las grandes empresas mineras.

Otro resultado del proyecto de investigación indica que el aumento de la producción minera tampoco incentiva el desarrollo de industrias que usan los minerales como principal insumo. Esto se debe al limitado nivel de procesamiento de la producción minera nacional debido a que la mayor proporción de ésta es exportada directamente ya que hay una escasa demanda interna. Este es un problema estructural de la economía peruana que por su incipiente nivel de industrialización demanda pocos minerales. Más aún, la especialización en la producción de oro y cobre --metales para los cuales no existe una demanda interna desarrollada-- que está caracterizando la minería peruana estaría ahondando este problema.

Finalmente, también se encontró que las grandes empresas mineras demandan pocos servicios conexos --como consultoría minerológica, geológica, etc.--, siendo estos servicios contratados directamente en el exterior, al parecer más por razones de mejor infraestructura tecnológica en los laboratorios extranjeros que por la calidad de su capital humano.

Coincidentemente, existe una intensa preocupación nacional que se ha suscitado a raíz de la construcción de Antamina, la mayor mina en el Perú. Los anuncios de que el 40% de los US\$2,300 millones que se invertirían en esta mina estarían conformados por compras locales, se han visto contrapuestos con la realidad debido a que aparentemente se estaría dando preferencia a proveedores extranjeros (Hidalgo, 1999). Sin embargo, es importante reconocer que en esta etapa del mencionado

proyecto se está llevando a cabo la ingeniería base del proyecto, la adquisición de equipos que no son producidos en el país, y la construcción de infraestructura.

Como se mencionó anteriormente, los proveedores nacionales tienen una débil posición para participar en estos proyectos. Sólo aquellos que se han asociado con las grandes empresas de ingeniería han asegurado su participación en esta clase de proyectos, aunque las tareas que le han sido conferidas a estas empresas nacionales se han circunscrito a tareas relativamente sencillas como movimiento de tierras, construcción de carreteras, etc.

A pesar de que lo anterior suena desalentador, también es cierto que las empresas nacionales han aprendido de estas experiencias y que su ejemplo está siendo replicado por otras empresas y en distintos ámbitos. Es así, que el proyecto de investigación antes mencionado encontró que algunas empresas proveedoras de equipos e insumos mineros al asociarse con proveedores líderes en equipos mineros están ofreciendo servicios y productos más sofisticados, e incluso han ingresado a mercados internacionales. Asimismo, los centros de capacitación industrial han lanzado programas para la capacitación de personal minero y están prestando servicios de consultoría. El dinamismo de estas empresas e instituciones, inducido por la recuperación de la minería nacional, se ha visto fortalecido principalmente por la demanda de las empresas mineras de estratos medianos y pequeños.

La ejecución del proyecto minero de Tamboraque, de propiedad de la empresa Minera Lizandro Proaño S.A. (MLPSA), presenta características especiales que sugieren una colaboración estrecha entre diversos agentes productivos, lo cual es favorable para la consolidación de un *cluster* minero nacional. En este proyecto se transforma una mina productora de plomo y zinc en una productora de oro mediante el uso de una tecnología nueva para la minería peruana. Tamboraque recuperó, inicialmente, oro --en la forma de carbón activado-- de los relaves de esta mina mediante lixiviación bacteriana, posteriormente la empresa está procesando mediante el mismo método, material minado al igual que muchas empresas mineras que producen este metal.

Este proyecto minero se ha ejecutado siguiendo la práctica común en la gran minería actual de involucrar a varios agentes, práctica que se está difundiendo entre las empresas medianas y pequeñas. Es así, que además de la empresa minera, involucra a dos fondos multinacionales de inversión (Repadre International Corp. y Global Environment Emerging Markets Fund) quienes facilitaron parte del financiamiento que ascendió a US\$23 millones (Minas y Petróleo, 1999c). Como también, a una empresa de ingeniería sudafricana (Gencor Limited) quien licenció la tecnología. Pero quizás lo más importante es la presencia de diversos entes locales que tuvieron una participación activa en este proyecto.

Para la ejecución de este proyecto se ha necesitado del trabajo conjunto de la propia empresa minera; de un centro de capacitación minera (TECSUP) --para examinar la posibilidad de utilizar la tecnología de lixiviación bacteriana para tratar los relaves de la mina; y de un fabricante de equipos nacional (FIMA S.A.) --que se encargó del 80% de la construcción del complejo. Esta es una de las pocas veces en que se da este tipo de colaboración estrecha entre varios agentes nacionales del *cluster* minero, más aún, tratándose de la ejecución de un proyecto que usa nueva tecnología.

Por otro lado, a diferencia de la mayoría de las operaciones auríferas en el Perú, este proyecto ha sido pensado para tener una articulación 'hacia adelante'. La empresa nacional (Procesadora Sudamericana) procesa el carbón activado que produce la mina y lo regresa a la empresa minera en la forma de oro y plata refinados. Es importante mencionar que la mayoría de las empresas productoras de oro producen barras doré --i.e. mezcla de oro y plata-- que son vendidas a refinерías extranjeras.

El objetivo de este proyecto es evidenciar, a través de la experiencia de Tamboraque, que sí hay un potencial para el desarrollo de un *cluster* minero peruano que tenga como centro de articulación a la mediana y pequeña minería. Asimismo, se identificarán los principales factores que inducen al trabajo conjunto de diferentes agentes del *cluster*. Se buscará identificar los principales espacios de interacción entre los mismos, así como los principales ámbitos de aprendizaje que se generan y cómo

estos agentes capitalizan dicho conocimiento. Finalmente, se extraerán lecciones de política conducentes a incrementar la interrelación de los distintos agentes del *cluster* minero y a propiciar la transferencia y adaptación de tecnología.

2. *Clusters* industriales y aprendizaje

El marco conceptual empleado en el presente estudio será el enfoque de ‘clusters’ desarrollado por Porter (1990, 1998). El término *cluster* se refiere a la aglomeración de agentes que se concentran alrededor de actividades productivas conexas, que establecen relaciones de colaboración y acción conjunta para innovar y elevar la calidad del producto o servicio y/o que se concentran alrededor de una zona geográfica (Porter, 1990; Porter, 1998; Schmitz, 1997). Sin desmerecer, el aporte de Porter, la tendencia hacia la globalización de las actividades productivas ha hecho que la concentración geográfica sea cada vez menos importante en la definición de un *cluster* y que más bien se enfatice la relación de los agentes en un contexto de redes y de cadenas de valor agregado. Es así, que una definición de *cluster* más reciente enfatiza “las redes (networks) de producción de empresas fuertemente interrelacionadas (incluyendo los proveedores especializados), las instituciones de enlace (facilitadores o *brokers*, consultores) y clientes, vinculados unos a otros en una cadena de producción de valor agregado” (Boekholt y Thuriaux, 1999).

Porter presenta un esquema llamado el ‘diamante’ que establece que hay cuatro determinantes para que las empresas mantengan e incrementen su ventaja competitiva. En primer lugar, debe haber disponibilidad de factores productivos como recursos humanos y físicos, tecnología y conocimiento, capital e infraestructura. Esto implica que tanto empresas y gobiernos tienen que invertir continuamente en el desarrollo de estos factores ya que más será la potencial ventaja competitiva adquirida. En segundo lugar, Porter sugiere que debe haber una demanda doméstica dinámica y con un alto grado de sofisticación. Esto incide en el aumento de calidad y eficiencia de los productores nacionales, que posteriormente se beneficiarán de ser más competitivos en el extranjero. En tercer lugar, la presencia de industrias conexas y de apoyo que tengan niveles mínimos de competitividad internacional. Finalmente, Porter reconoce que un ambiente intenso de competencia en el ámbito nacional también incide en la generación de ventajas competitivas ya que las empresas serán más proclives a innovar y a mejorar sus productos y servicios.

Porter también reconoce dos factores adicionales. El primero es que el gobierno diseñe políticas públicas destinadas a asegurar las sinergias descritas por el esquema del diamante. El segundo se refiere al rol de la eventualidad que puede generar situaciones que puedan ser aprovechadas para desarrollar ventajas. Ejemplos de esto son innovaciones tecnológicas radicales—i.e. gracias a la invención de completamente nuevos productos, insumos o procesos --, eventos internacionales—i.e. guerras que aumenten la demanda de algunos productos--, o cambios de regímenes políticos, entre otros.

Adicionalmente, otros autores (Dunning, 1992; Narula, 1993) introducen como factor adicional a las actividades de negocios internacionales. Las actividades de las empresas transnacionales son cada vez más globales y ya no dependen exclusivamente de los ‘activos de propiedad’ creados en las casas matrices sino que ahora se trata de aprovechar mucho más las condiciones y factores del país receptor de la inversión directa extranjera para elevar la eficiencia y competitividad de la empresa a nivel global. Esto es relevante para el caso de la minería ya que la mayoría de las operaciones mineras en países en desarrollo son explotadas por empresas extranjeras.

El enfoque anterior permite identificar las distintas esferas de interrelación que se dan entre los distintos agentes que conforman un *cluster*. Sin embargo, es limitado para el análisis de *clusters* incipientes como los existentes en países en desarrollo debido a que partes del diamante estarían ausentes y no ilustra cómo inducir su proceso de formación (Narula, 1993). El principal problema radica en que Porter asume que el proceso de innovación está implícito en las actividades de cada uno de los agentes que forman el *cluster* --de ahí su impacto en la eficiencia y productividad global. Sin embargo, lo que ocurre en los países en desarrollo es que las empresas se limitan a la adquisición de equipos importados pero

raramente innovan o invierten en actividades que les permitan imitar o adaptar los avances tecnológicos de los países industrializados o, dicho de otro modo, que les permitan iniciar un proceso de aprendizaje tecnológico. Como resultado, la mayoría de clusters en países en desarrollo tienden a estancarse y se mantienen a nivel de subsistencia (Albu, 1997).

El proceso de aprendizaje tecnológico requiere de esfuerzos específicos por parte de las empresas y no es un subproducto automático de la transferencia de tecnologías. Bell y Pavitt (1993) y Bell y Albu (1999) sostienen que la diferencia entre países desarrollados y los que no lo son radica en las capacidades tecnológicas que los primeros han logrado acumular. Estas capacidades son los recursos necesarios para adaptar, cambiar y crear tecnologías que se crean inicialmente a través de la experiencia de producción --'aprender haciendo'-- y que luego se tienen que generar mediante la copia de diseños, replicación ingenieril, experimentación por prueba y error, etc., y que en su conjunto conforman lo que se denomina investigación y desarrollo (Albu, 1997; Bell y Albu, 1999; Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998). Las capacidades tecnológicas se diferencian de aquellas habilidades, conocimiento y recursos necesarios para hacer funcionar eficientemente un equipo o una planta industrial, las cuales son denominadas capacidades de producción (ver **Cuadro 1**).

La adquisición de capacidades tecnológicas requiere de un proceso de aprendizaje que puede ser definido como una recolección sistemática de información sobre la propia experiencia de producción y del uso de esta información para generar conocimiento sobre los procesos tecnológicos subyacentes en la producción (Albu, 1997). Dicho de manera más sencilla, el aprendizaje tecnológico tiene como objeto saber 'cómo y por qué funcionan las cosas'. Es así, que cuando una empresa incorpora una nueva tecnología --mediante, por ejemplo, la compra de equipos-- sólo se está experimentando un proceso de cambio técnico, en el cual la empresa se vuelve un usuario de dicha tecnología. Mientras que si la empresa se embarca en un proceso, por ejemplo, de réplica ingenieril obtendrá un conocimiento que le permitirá adaptar dicha tecnología a sus necesidades e, incluso, mejorarla. El resultado es que la empresa podrá embarcarse en un nuevo proceso de cambio técnico basado en el aprendizaje anterior.

La literatura sobre este tema ha acuñado diferentes términos para identificar las distintas formas de aprendizaje. Entre ellos se destacan: 'aprender haciendo', 'aprender usando', 'aprender por interacción', 'aprender a aprender', etc. (Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998; Lundvall, 1988). Esto se debe a que las capacidades tecnológicas pueden referirse al ámbito de la producción como la gerencia y la ingeniería de producción, y la reparación y mantenimiento del capital físico. Al ámbito de la inversión, como la capacidad para generar proyectos de inversión o de ejecutarlos. Al ámbito de las modificaciones menores en procesos y productos. Al ámbito del desarrollo de nuevos mercados, el establecimiento de canales de distribución y la provisión de servicios al consumidor. Al ámbito de sus relaciones con el entorno que facilita la transferencia de conocimiento. Al ámbito de la capacidad de crear nuevos productos y/o procesos (Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998).

El que dependa enteramente de las empresas hacer esfuerzos para acumular estas capacidades tecnológicas lleva a formular la pregunta por qué algunas empresas --y eventualmente industrias y países-- destinan recursos para realizar estos esfuerzos tecnológicos y otras no. Al parecer esto depende de una serie de factores de oferta y de demanda que emanan del ambiente en el cual se desenvuelven las empresas. Entre ellos se pueden mencionar "el ambiente económico, el grado de competencia y, por tanto, la estructura de mercado, la tasa de cambio de la frontera tecnológica internacional, algunas políticas del gobierno dirigidas a regular los regímenes de comercio y los parámetros fiscales y monetarios, y las inversiones gubernamentales para la creación de una infraestructura en ciencia y tecnología a través de inversiones en investigación y desarrollo y de educación técnica para la fuerza laboral" (Romijn, 1996). Por su parte, Albu (1997) distingue dos tipos de factores o estímulos. Aquellos que nacen principalmente de las estrategias empresariales y de la percepción de las tendencias de largo plazo en la industria, los cuales inducen a buscar mejoras que a largo plazo incrementarán la capacidad de las empresas para aumentar sus capacidades para generar y gerenciar el cambio técnico. Así como, aquellos que nacen de las presiones competitivas de corto plazo y que sólo inducen a aumentar y/o mejorar la capacidad productiva.

De todo lo anterior, se desprende que al utilizar el enfoque de *clusters* sea importante identificar los mecanismos que operan para la realización de un aprendizaje de las empresas así como los espacios de interacción entre los agentes que permiten que ese aprendizaje se difunda entre ellos. Asimismo, es importante identificar los ámbitos de intervención del gobierno que mediante regulaciones y programas puede contribuir a este aprendizaje. Diferentes autores destacan la acción del gobierno en la provisión de una infraestructura tecnológica para elevar las capacidades tecnológicas de un sector (Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998; Teubal et al., 1996).

El enfoque de capacidades tecnológicas pone énfasis en la capacidad de aprender y en la transmisión de conocimiento entre las distintas empresas de un *cluster*, y también entre aquellas que se encuentran fuera del mismo. La mayoría de estudios sobre *clusters* *las cadenas de producción, es decir, en la transacción de bienes y servicios entre los diferentes agentes. Sin embargo, aquellos estudios, principalmente en países en desarrollo, en los cuales se analizan clusters* incipientes se aprecia que las ventajas de aglomeración física son limitadas si es que no hay una transferencia de tecnología o conocimiento entre los distintos agentes que generante toma la forma de acción conjunta o la existencia de instituciones cuyo propósito sea difundir conocimiento. Mientras que en aquellos *clusters* en los cuales se aprecia un gran dinamismo, las relaciones sociales y/o empresariales son estrechas --al estilo de los distritos industriales en Italia-- y existen una serie de instituciones --privadas y públicas-- que brindan asistencia técnica en distintas áreas.

Cuadro 1
Capacidades tecnológicas por tipo y actividades asociadas

	Capacidades de producción	Capacidades tecnológicas
Inversión	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de plantas de producción • Suministro de equipos estandarizados 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda, evaluación y selección de tecnología para la puesta en marcha de nuevos proyectos
Organización de la producción y procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Operaciones de rutina y mantenimiento • Mejoramiento de eficiencia de tareas existentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoramiento de la disposición física de equipos • Mejoramiento de los procedimientos de mantenimiento • Adaptación y mejora de procesos productivos • Cambios en diseño organizacional
Actividades centradas en la producción	<ul style="list-style-type: none"> • Réplica de especificaciones fijas y diseños • Control de calidad rutinario 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación de productos a condiciones de mercado cambiantes • Mejora de la calidad de producto • Diseño de nuevos productos
Suministro de bienes de capital	<ul style="list-style-type: none"> • Réplica de equipos y maquinaria estándar • Reemplazo de piezas originales 	<ul style="list-style-type: none"> • Copia de nuevos tipos de herramientas y equipos • Adaptación de diseños existente y especificaciones • Diseño original de herramientas y maquinaria
Oferta de insumos (encadenamientos hacia	<ul style="list-style-type: none"> • Suministro de insumos por proveedores establecidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda y absorción de nueva información sobre materiales a través

<p>atrás)</p> <p>Orientación al cliente (encadenamientos delante)</p>	<p>de proveedores e instituciones locales</p> <p>• Venta de productos estándar a clientes existentes y nuevos</p> <p>• Búsqueda y absorción de nueva información a través de clientes e instituciones locales</p> <p>• Búsqueda de nuevos mercados potenciales</p>
--	--

Fuente: (Albu, 1997).

Lo anterior pone de relevancia que en el tema de *clusters* industriales es necesario pensar también en sistemas de conocimiento. Tradicionalmente se ha analizado a los clusters industriales de acuerdo a los materiales que usan y los ítems que producen o, dicho de otro modo, de sus sistemas de producción. Es así, que se habla de clusters ‘horizontales’ si es que las empresas que los conforman producen bienes similares --por ejemplo, el cluster del calzado en Brazil--, mientras que los clusters ‘verticales’ son aquellos en donde se da un flujo de materiales y bienes entre empresas --i.e. el cluster del cuero en Italia, donde no sólo sobresalen las empresas de calzado sino las productoras de insumos y maquinarias necesarios para esta industria. Sin embargo, este enfoque no explica por qué en el Brazil, el cluster del calzado no ha evolucionado hacia la producción de maquinaria y otros insumos críticos para esta industria, los cuales se siguen importando desde Italia. La respuesta según Bell y Albu (1999) radica en que la descripción de los sistemas de producción no revela nada sobre la evolución de las empresas o clusters que se basa en el conocimiento pasado y presente que tienen las personas, organizaciones e instituciones sociales. Por el contrario, el estudio de los sistemas de conocimiento tienen que ver con los flujos y stocks de conocimiento, además de los sistemas organizacionales involucrados en la generación de cambios en los productos, organización o procesos de producción. Todos estos flujos y cambios son fuentes que pueden contribuir a la acumulación de capacidades tecnológicas. Al igual que en el caso de empresas individuales, en el ámbito de clusters industriales también se puede hacer una diferenciación entre aquellas fuentes que aumentan las capacidades para usar el conocimiento --o que aumentan las capacidades de producción--, de aquellas que aumentan las capacidades para generar cambios en el conocimiento. Estas fuentes pueden darse internamente en las empresas, entre distintos agentes dentro del mismo cluster y/o mediante la interacción de agentes del *cluster* y otros externos (ver **Cuadro 2**).

Cuadro 2

Algunas fuentes que incrementan las capacidades en los sistemas de conocimiento

	Fuentes de aumento de capacidades para la utilización de conocimiento	Fuentes de aumento de capacidades para el cambio de conocimiento
vertalt		
Fuentes intrafirma	<ul style="list-style-type: none"> • Experiencia pasiva de producción (‘aprender a hacer’) • Esfuerzos activos para adoptar o mejorar tecnologías específicas • Mejoramiento de prácticas derivadas de experimentación tipo prueba y error en tareas específicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicables generalmente al entendimiento tecnológico ganado al realizar inversiones (‘aprender mientras se invierte’) • Intuición tecnológica ganada al adaptar y mejorar la tecnología en uso (‘aprender mientras se hacen cambios’)
Fuentes intracluster	<ul style="list-style-type: none"> • Movilidad intracluster de mano de obra calificada • Entrenamiento promovido por los agentes del cluster en habilidades y procedimientos operativos • Difusión de know-how entre 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrenamiento promovido por los agentes del cluster en planificación, diseño y gerencia de tecnología • Colaboración intracluster en pruebas y experimentos para adaptar maquinaria o desarrollar diseños de producto

<p>Fuentes fuera del cluster</p>	<p>productores del cluster y los usuarios de maquinaria o servicios relacionados con la producción</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clientes y comercializadores de conocimiento, especificaciones y asesoría de producto y/o proceso • Proveedores de maquinaria y otros insumos, (conocimiento operacional, asesoría y entrenamiento) • Asesoría técnica y consultorías contactadas fuera del cluster • Comercialización y servicios de mercadeo contactados fuera del cluster 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrenamiento en planificación, diseño y gerencia de tecnología brindado por agentes externos • Experiencia adquirida en el trabajo en el diseño e ingeniería con proveedores de maquinaria y otros insumos • Pruebas y/o desarrollo de tecnologías con instituciones tecnológicas o firmas fuera del cluster
---	--	---

Fuente: (Bell y Albu, 1999).

Cuadro 3). En la industria minera, que depende principalmente del aprovechamiento de economías de escala, es importante que las empresas dominen la ingeniería de producción y, por lo tanto, sus procesos productivos. Es por esta misma razón, que MLPSA ha acumulado capacidades tecnológicas en estas áreas dominando la tecnología de procesamiento de minerales complejo con contenido de arsénico. Este objetivo ha sido logrado a través un proceso de réplica ingenieril y luego de la licencia de *know how* a través de Gencor. Asimismo, ha sido crucial el interés de la gerencia por la integración de nuevas tecnologías (bio-lixiviación) a sus sistemas de producción (circuitos de concentración de plomo y zinc), la difusión de mejores prácticas en toda la operación minera y el aprovechamiento de las ventajas de esta nueva tecnología para usos futuros (uso de bioadsorbentes para remediación ambiental). Finalmente, siendo la principal estrategia competitiva de la minería la ampliación de producción y la reducción de costos, no es sorprendente que MLPSA también haya acumulado capacidades en el área de inversión.

5.2.2 TECSUP

El modelo utilizado para la creación del TECSUP fue el mismo utilizado en centros similares en Alemania, país que cuenta con un gran prestigio en instituciones de entrenamiento técnico. Este modelo privilegia la estrecha colaboración con el sector industrial en todos los servicios que brinda, lo cual le permite identificar claramente su demanda. Asimismo, este modelo requiere que el equipamiento del centro incluya los más modernos equipos --muchos de ellos más sofisticados que los usados en las empresas locales-- de manera tal, que el personal capacitado sea de la mejor calidad. Estas características de TECSUP influyeron en que tanto el agente responsable de cooperación técnica como MLPSA³¹ decidiesen canalizar la donación de la planta piloto de bio-lixiviación a través de este centro. La planta llega al Perú en 1993. La empresa minera asigna personal para el trabajo de planta y se contrata a una persona experta en microbiología.

El **Cuadro 10** resume las capacidades productivas y tecnológicas de este instituto de entrenamiento industrial. A pesar de que TECSUP no es una empresa que realice inversiones, sí maneja recursos --por ejemplo, donaciones, fondos de cooperación técnica, recursos propios, así como contactos personales e institucionales-- que le permiten ampliar sus actividades en el entrenamiento industrial y en la provisión de servicios tecnológicos. Por ejemplo, TECSUP ha abierto una filial en Arequipa que le permita descentralizar sus operaciones y así poder satisfacer la demanda de empresas ubicadas en el sur del país --principalmente de empresas mineras y de energía.

En segundo lugar, TECSUP sabe que su ventaja frente a los demás centros de entrenamiento industrial radica en la calidad del entrenamiento que brinda y por ello se preocupa en mantener altos sus estándares de educación. Asimismo, se renueva continuamente e invierte --o busca mediante la interacción con otros institutos, especialmente alemanes-- en adaptarse a las necesidades del mercado. Dada la importancia del conocimiento y los avances tecnológicos en el mundo actual, TECSUP ha contratado los servicios de una consultora para que se evalúe y se efectúen cambios en la organización de la institución con el fin de potenciarla para adquirir y explotar más eficientemente el conocimiento que maneja la institución.

En tercer lugar, en las actividades centradas en la producción (entrenamiento), TECSUP pone énfasis en mantener los estándares de calidad derivados del modelo alemán de entrenamiento, pero además permite un amplio acceso a sus alumnos y profesores para que experimenten en sus instalaciones, lo que redundará en incrementar las capacidades tecnológicas. Es así, que durante el periodo en que se realizaron las experimentaciones para el proyecto Tamboraque, algunos alumnos fueron contratados

³¹ En el caso de MLPSA, dos fueron los principales factores que influyeron en esta decisión. Por un lado, la cercanía del presidente de la empresa con el Ing. Luis Hochschild, empresario minero y gestor principal del TECSUP. Por otro lado, la experiencia previa no muy satisfactoria de cooperación con el INGEMMET, instituto público de investigación geológica, minera y metalúrgica.

para mantener en operación a la planta piloto de BIOX. Por otro lado, TECSUP ha capitalizado sus capacidades tecnológicas centradas en producción para ofrecer sus servicios de laboratorio a otras empresas mineras. Se realizó un trabajo similar para la empresa aurífera Sipán³², así como se han realizado trabajos de análisis de minerales para distintas empresas mineras. De éstas, TECSUP estima que el mineral de alrededor de 10 yacimientos estaría apto para ser explotado por bio-lixiviación. Sin embargo, parece que las empresas están un poco temerosas y están a la expectativa de los resultados finales en Tamboraque³³.

En cuarto lugar, es reconocido que TECSUP cuenta con un excelente equipamiento tanto de maquinaria y herramienta standard como de equipos altamente sofisticados que le permite adelantarse a las necesidades de la industria nacional. De lo anterior, se desprende que TECSUP asegure una provisión de insumos que le permita mantener en operación todos sus equipos.

Finalmente, este centro de entrenamiento ha sabido seguir las señales del mercado nacional, prueba de ello son los diferentes productos (tipos de cursos) que ha lanzado al mercado, siendo el más importante de ellos la carrera técnica de 3 años: Técnico en Operaciones Químico-Metalúrgicas. Del mismo modo, se ha establecido un convenio de investigación con el departamento de microbiología de la Universidad Particular Cayetano Heredia para explorar posibles usos de la lixiviación bacteriana en la remediación de daños ambientales.

La acumulación de capacidades en TECSUP coincide en parte con la descrita en la tipología de Bell y Pavitt (1993) presentada en el

EL CLUSTER MINERO PERUANO EN ACCIÓN: EL CASO DE TAMBORAQUE

Juana R. Kuramoto

³² Compañía Minera Sipán S.A. figura entre los diez primeros productores nacionales de oro.

³³ A pesar de que el proyecto se encuentra en pleno funcionamiento, aún no se ha finalizado de implementar la segunda fase del proyecto que involucra un aumento adicional de la capacidad de mina y de planta concentradora.

Julio 2000
Lima - Perú

La investigación en la que se basa este trabajo fue financiada por el Consorcio de Investigación Económica (CIES). La autora es investigadora asociada del Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE). Se agradecen los comentarios y sugerencias hechos por Rudolf Buitelaar y por un lector anónimo. Enviar correspondencia a kuramoto@grade.org.pe

Contenido

1.	Introducción	3
2.	Clusters industriales y aprendizaje	5
3.	Caracterización tecnológica de la minería.....	21
3.1	La pequeña y mediana minería en el Perú	23
4.	El proyecto minero de Tamboraque	25
4.1	Antecedentes del proyecto.....	25
4.2	Descripción del proyecto.....	27
4.3	Agentes involucrados	28
4.3.1	<i>Minera Lizandro Proaño S.A.</i>	30
4.2.2	<i>TECSUP</i>	31
4.2.3	<i>FIMA S.A.</i>	32
4.2.4	<i>Procesadora Sudamericana S.A.</i>	33
5.	El proyecto Tamboraque a la luz del concepto de clusters.....	33
5.1	Los elementos del ‘diamante’ de Porter	34
5.2	Capacidades productivas y tecnológicas	36
5.2.1	<i>Minera Lizandro Proaño S.A.</i>	36
5.2.2	<i>TECSUP</i>	50
5.2.3	<i>FIMA</i>	62
5.2.4	<i>Procesadora Sudamericana</i>	64
5.3	Aprendizaje y transmisión del conocimiento.....	76
5.3.1	<i>MLPSA</i>	76
5.3.2	<i>TECSUP</i>	78
5.3.3	<i>FIMA S.A.</i>	80
5.3.4	<i>Procesadora Sudamericana S.A.</i>	80
6.	Aproximación a un cluster minero dinámico.....	81
6.1	Capacidades y transferencia tecnológica en un cluster dinámico.....	81
6.2	Lineamientos de política	83
7.	Conclusiones.....	85
8.	Referencias	88

ANEXOS

EL CLUSTER MINERO PERUANO EN ACCIÓN: EL CASO DE TAMBORAQUE

1. Introducción

Los resultados preliminares del proyecto: “Estudio de caso de la minería en el Perú: Una Estrategia de Desarrollo Basada en Recursos Naturales” (Kuramoto, 1999) sugieren que las empresas de gran minería contribuyen relativamente poco al fortalecimiento de los proveedores mineros nacionales debido a su escaso nivel de compras nacionales. Algunos factores que contribuyen a esta situación son la existencia de créditos atados, los contratos de desarrollo de proyectos mineros bajo la modalidad EPCM (ingeniería, compras, construcción y gerencia) y los altos requerimientos tecnológicos de las grandes empresas mineras. Los altos montos de inversión requeridos para el desarrollo de un proyecto minero han ido aumentando a lo largo del tiempo. Por ejemplo, la construcción del proyecto de Toquepala, que fue considerado como uno de los mayores proyectos mineros a fines de los cincuenta, requirió una inversión de alrededor de US\$ 700 millones, mientras que proyectos recientes como Bajo La Alumbra (Argentina), El Teniente (Chile) y Antamina (Perú) sobrepasan todos los US\$ 2,000 millones. Estos altos requerimientos de capital obligan que se adquieran créditos a través de bancos, pero también de proveedores y futuros clientes. Es así, que desde un inicio se define la compra de algunos equipos clave para la operación.

Del mismo modo, los contratos EPCM otorgan a las empresas de ingeniería un rol fundamental en la adquisición de equipos. Estas empresas al gerenciar el proyecto minero deciden sobre las compras de los equipos necesarios para el minado, la planta procesadora y otras obras. Al tener una cartera de proveedores con los cuales las empresas de ingeniería trabajan regularmente, los proveedores nacionales generalmente se encuentran en desventaja teniendo que conformarse con contratos relativamente pequeños.

Finalmente, los requerimientos tecnológicos de las grandes empresas mineras pocas veces pueden ser satisfechos por las empresas nacionales. Ejemplos de esto son los equipos que son producidos sólo por la empresa creadora de la tecnología; reactivos que no son producidos en el país, etc. Asimismo, parece que existen fallas de mercado debido a que las grandes empresas no tienen conocimiento de las capacidades tecnológicas de los proveedores nacionales mientras que éstos últimos carecen de un eficiente sistema de mercadeo que le permita llegar a las grandes empresas mineras.

Otro resultado del proyecto de investigación indica que el aumento de la producción minera tampoco incentiva el desarrollo de industrias que usan los minerales como principal insumo. Esto se debe al limitado nivel de procesamiento de la producción minera nacional debido a que la mayor proporción de ésta es exportada directamente ya que hay una escasa demanda interna. Este es un problema estructural de la economía peruana que por su incipiente nivel de industrialización demanda pocos minerales. Más aún, la especialización en la producción de oro y cobre --metales para los cuales no existe una demanda interna desarrollada-- que está caracterizando la minería peruana estaría ahondando este problema.

Finalmente, también se encontró que las grandes empresas mineras demandan pocos servicios conexos --como consultoría minerológica, geológica, etc.--, siendo estos servicios contratados directamente en el exterior, al parecer más por razones de mejor infraestructura tecnológica en los laboratorios extranjeros que por la calidad de su capital humano.

Coincidentemente, existe una intensa preocupación nacional que se ha suscitado a raíz de la construcción de Antamina, la mayor mina en el Perú. Los anuncios de que el 40% de los US\$2,300 millones que se invertirían en esta mina estarían conformados por compras locales, se han visto contrapuestos con la realidad debido a que aparentemente se estaría dando preferencia a proveedores extranjeros (Hidalgo, 1999). Sin embargo, es importante reconocer que en esta etapa del mencionado

proyecto se está llevando a cabo la ingeniería base del proyecto, la adquisición de equipos que no son producidos en el país, y la construcción de infraestructura.

Como se mencionó anteriormente, los proveedores nacionales tienen una débil posición para participar en estos proyectos. Sólo aquellos que se han asociado con las grandes empresas de ingeniería han asegurado su participación en esta clase de proyectos, aunque las tareas que le han sido conferidas a estas empresas nacionales se han circunscrito a tareas relativamente sencillas como movimiento de tierras, construcción de carreteras, etc.

A pesar de que lo anterior suena desalentador, también es cierto que las empresas nacionales han aprendido de estas experiencias y que su ejemplo está siendo replicado por otras empresas y en distintos ámbitos. Es así, que el proyecto de investigación antes mencionado encontró que algunas empresas proveedoras de equipos e insumos mineros al asociarse con proveedores líderes en equipos mineros están ofreciendo servicios y productos más sofisticados, e incluso han ingresado a mercados internacionales. Asimismo, los centros de capacitación industrial han lanzado programas para la capacitación de personal minero y están prestando servicios de consultoría. El dinamismo de estas empresas e instituciones, inducido por la recuperación de la minería nacional, se ha visto fortalecido principalmente por la demanda de las empresas mineras de estratos medianos y pequeños.

La ejecución del proyecto minero de Tamboraque, de propiedad de la empresa Minera Lizandro Proaño S.A. (MLPSA), presenta características especiales que sugieren una colaboración estrecha entre diversos agentes productivos, lo cual es favorable para la consolidación de un *cluster* minero nacional. En este proyecto se transforma una mina productora de plomo y zinc en una productora de oro mediante el uso de una tecnología nueva para la minería peruana. Tamboraque recuperó, inicialmente, oro --en la forma de carbón activado-- de los relaves de esta mina mediante lixiviación bacteriana, posteriormente la empresa está procesando mediante el mismo método, material minado al igual que muchas empresas mineras que producen este metal.

Este proyecto minero se ha ejecutado siguiendo la práctica común en la gran minería actual de involucrar a varios agentes, práctica que se está difundiendo entre las empresas medianas y pequeñas. Es así, que además de la empresa minera, involucra a dos fondos multinacionales de inversión (Repadre International Corp. y Global Environment Emerging Markets Fund) quienes facilitaron parte del financiamiento que ascendió a US\$23 millones (Minas y Petróleo, 1999c). Como también, a una empresa de ingeniería sudafricana (Gencor Limited) quien licenció la tecnología. Pero quizás lo más importante es la presencia de diversos entes locales que tuvieron una participación activa en este proyecto.

Para la ejecución de este proyecto se ha necesitado del trabajo conjunto de la propia empresa minera; de un centro de capacitación minera (TECSUP) --para examinar la posibilidad de utilizar la tecnología de lixiviación bacteriana para tratar los relaves de la mina; y de un fabricante de equipos nacional (FIMA S.A.) --que se encargó del 80% de la construcción del complejo. Esta es una de las pocas veces en que se da este tipo de colaboración estrecha entre varios agentes nacionales del *cluster* minero, más aún, tratándose de la ejecución de un proyecto que usa nueva tecnología.

Por otro lado, a diferencia de la mayoría de las operaciones auríferas en el Perú, este proyecto ha sido pensado para tener una articulación 'hacia adelante'. La empresa nacional (Procesadora Sudamericana) procesa el carbón activado que produce la mina y lo regresa a la empresa minera en la forma de oro y plata refinados. Es importante mencionar que la mayoría de las empresas productoras de oro producen barras doré --i.e. mezcla de oro y plata-- que son vendidas a refinерías extranjeras.

El objetivo de este proyecto es evidenciar, a través de la experiencia de Tamboraque, que sí hay un potencial para el desarrollo de un *cluster* minero peruano que tenga como centro de articulación a la mediana y pequeña minería. Asimismo, se identificarán los principales factores que inducen al trabajo conjunto de diferentes agentes del *cluster*. Se buscará identificar los principales espacios de interacción entre los mismos, así como los principales ámbitos de aprendizaje que se generan y cómo

estos agentes capitalizan dicho conocimiento. Finalmente, se extraerán lecciones de política conducentes a incrementar la interrelación de los distintos agentes del *cluster* minero y a propiciar la transferencia y adaptación de tecnología.

2. *Clusters* industriales y aprendizaje

El marco conceptual empleado en el presente estudio será el enfoque de ‘clusters’ desarrollado por Porter (1990, 1998). El término *cluster* se refiere a la aglomeración de agentes que se concentran alrededor de actividades productivas conexas, que establecen relaciones de colaboración y acción conjunta para innovar y elevar la calidad del producto o servicio y/o que se concentran alrededor de una zona geográfica (Porter, 1990; Porter, 1998; Schmitz, 1997). Sin desmerecer, el aporte de Porter, la tendencia hacia la globalización de las actividades productivas ha hecho que la concentración geográfica sea cada vez menos importante en la definición de un *cluster* y que más bien se enfatice la relación de los agentes en un contexto de redes y de cadenas de valor agregado. Es así, que una definición de *cluster* más reciente enfatiza “las redes (networks) de producción de empresas fuertemente interrelacionadas (incluyendo los proveedores especializados), las instituciones de enlace (facilitadores o *brokers*, consultores) y clientes, vinculados unos a otros en una cadena de producción de valor agregado” (Boekholt y Thuriaux, 1999).

Porter presenta un esquema llamado el ‘diamante’ que establece que hay cuatro determinantes para que las empresas mantengan e incrementen su ventaja competitiva. En primer lugar, debe haber disponibilidad de factores productivos como recursos humanos y físicos, tecnología y conocimiento, capital e infraestructura. Esto implica que tanto empresas y gobiernos tienen que invertir continuamente en el desarrollo de estos factores ya que más será la potencial ventaja competitiva adquirida. En segundo lugar, Porter sugiere que debe haber una demanda doméstica dinámica y con un alto grado de sofisticación. Esto incide en el aumento de calidad y eficiencia de los productores nacionales, que posteriormente se beneficiarán de ser más competitivos en el extranjero. En tercer lugar, la presencia de industrias conexas y de apoyo que tengan niveles mínimos de competitividad internacional. Finalmente, Porter reconoce que un ambiente intenso de competencia en el ámbito nacional también incide en la generación de ventajas competitivas ya que las empresas serán más proclives a innovar y a mejorar sus productos y servicios.

Porter también reconoce dos factores adicionales. El primero es que el gobierno diseñe políticas públicas destinadas a asegurar las sinergias descritas por el esquema del diamante. El segundo se refiere al rol de la eventualidad que puede generar situaciones que puedan ser aprovechadas para desarrollar ventajas. Ejemplos de esto son innovaciones tecnológicas radicales—i.e. gracias a la invención de completamente nuevos productos, insumos o procesos --, eventos internacionales—i.e. guerras que aumenten la demanda de algunos productos--, o cambios de regímenes políticos, entre otros.

Adicionalmente, otros autores (Dunning, 1992; Narula, 1993) introducen como factor adicional a las actividades de negocios internacionales. Las actividades de las empresas transnacionales son cada vez más globales y ya no dependen exclusivamente de los ‘activos de propiedad’ creados en las casas matrices sino que ahora se trata de aprovechar mucho más las condiciones y factores del país receptor de la inversión directa extranjera para elevar la eficiencia y competitividad de la empresa a nivel global. Esto es relevante para el caso de la minería ya que la mayoría de las operaciones mineras en países en desarrollo son explotadas por empresas extranjeras.

El enfoque anterior permite identificar las distintas esferas de interrelación que se dan entre los distintos agentes que conforman un *cluster*. Sin embargo, es limitado para el análisis de *clusters* incipientes como los existentes en países en desarrollo debido a que partes del diamante estarían ausentes y no ilustra cómo inducir su proceso de formación (Narula, 1993). El principal problema radica en que Porter asume que el proceso de innovación está implícito en las actividades de cada uno de los agentes que forman el *cluster* --de ahí su impacto en la eficiencia y productividad global. Sin embargo, lo que ocurre en los países en desarrollo es que las empresas se limitan a la adquisición de equipos importados pero

raramente innovan o invierten en actividades que les permitan imitar o adaptar los avances tecnológicos de los países industrializados o, dicho de otro modo, que les permitan iniciar un proceso de aprendizaje tecnológico. Como resultado, la mayoría de clusters en países en desarrollo tienden a estancarse y se mantienen a nivel de subsistencia (Albu, 1997).

El proceso de aprendizaje tecnológico requiere de esfuerzos específicos por parte de las empresas y no es un subproducto automático de la transferencia de tecnologías. Bell y Pavitt (1993) y Bell y Albu (1999) sostienen que la diferencia entre países desarrollados y los que no lo son radica en las capacidades tecnológicas que los primeros han logrado acumular. Estas capacidades son los recursos necesarios para adaptar, cambiar y crear tecnologías que se crean inicialmente a través de la experiencia de producción --'aprender haciendo'-- y que luego se tienen que generar mediante la copia de diseños, replicación ingenieril, experimentación por prueba y error, etc., y que en su conjunto conforman lo que se denomina investigación y desarrollo (Albu, 1997; Bell y Albu, 1999; Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998). Las capacidades tecnológicas se diferencian de aquellas habilidades, conocimiento y recursos necesarios para hacer funcionar eficientemente un equipo o una planta industrial, las cuales son denominadas capacidades de producción (ver **Cuadro 1**).

La adquisición de capacidades tecnológicas requiere de un proceso de aprendizaje que puede ser definido como una recolección sistemática de información sobre la propia experiencia de producción y del uso de esta información para generar conocimiento sobre los procesos tecnológicos subyacentes en la producción (Albu, 1997). Dicho de manera más sencilla, el aprendizaje tecnológico tiene como objeto saber 'cómo y por qué funcionan las cosas'. Es así, que cuando una empresa incorpora una nueva tecnología --mediante, por ejemplo, la compra de equipos-- sólo se está experimentando un proceso de cambio técnico, en el cual la empresa se vuelve un usuario de dicha tecnología. Mientras que si la empresa se embarca en un proceso, por ejemplo, de réplica ingenieril obtendrá un conocimiento que le permitirá adaptar dicha tecnología a sus necesidades e, incluso, mejorarla. El resultado es que la empresa podrá embarcarse en un nuevo proceso de cambio técnico basado en el aprendizaje anterior.

La literatura sobre este tema ha acuñado diferentes términos para identificar las distintas formas de aprendizaje. Entre ellos se destacan: 'aprender haciendo', 'aprender usando', 'aprender por interacción', 'aprender a aprender', etc. (Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998; Lundvall, 1988). Esto se debe a que las capacidades tecnológicas pueden referirse al ámbito de la producción como la gerencia y la ingeniería de producción, y la reparación y mantenimiento del capital físico. Al ámbito de la inversión, como la capacidad para generar proyectos de inversión o de ejecutarlos. Al ámbito de las modificaciones menores en procesos y productos. Al ámbito del desarrollo de nuevos mercados, el establecimiento de canales de distribución y la provisión de servicios al consumidor. Al ámbito de sus relaciones con el entorno que facilita la transferencia de conocimiento. Al ámbito de la capacidad de crear nuevos productos y/o procesos (Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998).

El que dependa enteramente de las empresas hacer esfuerzos para acumular estas capacidades tecnológicas lleva a formular la pregunta por qué algunas empresas --y eventualmente industrias y países-- destinan recursos para realizar estos esfuerzos tecnológicos y otras no. Al parecer esto depende de una serie de factores de oferta y de demanda que emanan del ambiente en el cual se desenvuelven las empresas. Entre ellos se pueden mencionar "el ambiente económico, el grado de competencia y, por tanto, la estructura de mercado, la tasa de cambio de la frontera tecnológica internacional, algunas políticas del gobierno dirigidas a regular los regímenes de comercio y los parámetros fiscales y monetarios, y las inversiones gubernamentales para la creación de una infraestructura en ciencia y tecnología a través de inversiones en investigación y desarrollo y de educación técnica para la fuerza laboral" (Romijn, 1996). Por su parte, Albu (1997) distingue dos tipos de factores o estímulos. Aquellos que nacen principalmente de las estrategias empresariales y de la percepción de las tendencias de largo plazo en la industria, los cuales inducen a buscar mejoras que a largo plazo incrementarán la capacidad de las empresas para aumentar sus capacidades para generar y gerenciar el cambio técnico. Así como, aquellos que nacen de las presiones competitivas de corto plazo y que sólo inducen a aumentar y/o mejorar la capacidad productiva.

De todo lo anterior, se desprende que al utilizar el enfoque de *clusters* sea importante identificar los mecanismos que operan para la realización de un aprendizaje de las empresas así como los espacios de interacción entre los agentes que permiten que ese aprendizaje se difunda entre ellos. Asimismo, es importante identificar los ámbitos de intervención del gobierno que mediante regulaciones y programas puede contribuir a este aprendizaje. Diferentes autores destacan la acción del gobierno en la provisión de una infraestructura tecnológica para elevar las capacidades tecnológicas de un sector (Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998; Teubal et al., 1996).

El enfoque de capacidades tecnológicas pone énfasis en la capacidad de aprender y en la transmisión de conocimiento entre las distintas empresas de un *cluster*, y también entre aquellas que se encuentran fuera del mismo. La mayoría de estudios sobre *clusters* *en las cadenas de producción, es decir, en la transacción de bienes y servicios entre los diferentes agentes. Sin embargo, aquellos estudios, principalmente en países en desarrollo, en los cuales se analizan clusters* incipientes se aprecia que las ventajas de aglomeración física son limitadas si es que no hay una transferencia de tecnología o conocimiento entre los distintos agentes que generante toma la forma de acción conjunta o la existencia de instituciones cuyo propósito sea difundir conocimiento. Mientras que en aquellos *clusters* en los cuales se aprecia un gran dinamismo, las relaciones sociales y/o empresariales son estrechas --al estilo de los distritos industriales en Italia-- y existen una serie de instituciones --privadas y públicas-- que brindan asistencia técnica en distintas áreas.

Cuadro 1
Capacidades tecnológicas por tipo y actividades asociadas

	Capacidades de producción	Capacidades tecnológicas
Inversión	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de plantas de producción • Suministro de equipos estandarizados 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda, evaluación y selección de tecnología para la puesta en marcha de nuevos proyectos
Organización de la producción y procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Operaciones de rutina y mantenimiento • Mejoramiento de eficiencia de tareas existentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoramiento de la disposición física de equipos • Mejoramiento de los procedimientos de mantenimiento • Adaptación y mejora de procesos productivos • Cambios en diseño organizacional
Actividades centradas en la producción	<ul style="list-style-type: none"> • Réplica de especificaciones fijas y diseños • Control de calidad rutinario 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación de productos a condiciones de mercado cambiantes • Mejora de la calidad de producto • Diseño de nuevos productos
Suministro de bienes de capital	<ul style="list-style-type: none"> • Réplica de equipos y maquinaria estándar • Reemplazo de piezas originales 	<ul style="list-style-type: none"> • Copia de nuevos tipos de herramientas y equipos • Adaptación de diseños existente y especificaciones • Diseño original de herramientas y maquinaria
Oferta de insumos (encadenamientos hacia	<ul style="list-style-type: none"> • Suministro de insumos por proveedores establecidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda y absorción de nueva información sobre materiales a través

atrás)	de proveedores e instituciones locales
Orientación al cliente (encadenamientos delante)	<ul style="list-style-type: none"> • Venta de productos estándar a clientes existentes y nuevos • Búsqueda y absorción de nueva información a través de clientes e instituciones locales • Búsqueda de nuevos mercados potenciales

Fuente: (Albu, 1997).

Lo anterior pone de relevancia que en el tema de *clusters* industriales es necesario pensar también en sistemas de conocimiento. Tradicionalmente se ha analizado a los *clusters* industriales de acuerdo a los materiales que usan y los ítems que producen o, dicho de otro modo, de sus sistemas de producción. Es así, que se habla de *clusters* ‘horizontales’ si es que las empresas que los conforman producen bienes similares --por ejemplo, el *cluster* del calzado en Brazil--, mientras que los *clusters* ‘verticales’ son aquellos en donde se da un flujo de materiales y bienes entre empresas --i.e. el *cluster* del cuero en Italia, donde no sólo sobresalen las empresas de calzado sino las productoras de insumos y maquinarias necesarios para esta industria. Sin embargo, este enfoque no explica por qué en el Brazil, el *cluster* del calzado no ha evolucionado hacia la producción de maquinaria y otros insumos críticos para esta industria, los cuales se siguen importando desde Italia. La respuesta según Bell y Albu (1999) radica en que la descripción de los sistemas de producción no revela nada sobre la evolución de las empresas o *clusters* que se basa en el conocimiento pasado y presente que tienen las personas, organizaciones e instituciones sociales. Por el contrario, el estudio de los sistemas de conocimiento tienen que ver con los flujos y stocks de conocimiento, además de los sistemas organizacionales involucrados en la generación de cambios en los productos, organización o procesos de producción. Todos estos flujos y cambios son fuentes que pueden contribuir a la acumulación de capacidades tecnológicas. Al igual que en el caso de empresas individuales, en el ámbito de *clusters* industriales también se puede hacer una diferenciación entre aquellas fuentes que aumentan las capacidades para usar el conocimiento --o que aumentan las capacidades de producción--, de aquellas que aumentan las capacidades para generar cambios en el conocimiento. Estas fuentes pueden darse internamente en las empresas, entre distintos agentes dentro del mismo *cluster* y/o mediante la interacción de agentes del *cluster* y otros externos (ver **Cuadro 2**).

Cuadro 2

Algunas fuentes que incrementan las capacidades en los sistemas de conocimiento

	Fuentes de aumento de capacidades para la utilización de conocimiento	Fuentes de aumento de capacidades para el cambio de conocimiento
\clvertalt		
Fuentes intrafirma	<ul style="list-style-type: none"> • Experiencia pasiva de producción (‘aprender a hacer’) • Esfuerzos activos para adoptar o mejorar tecnologías específicas • Mejoramiento de prácticas derivadas de experimentación tipo prueba y error en tareas específicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicables generalmente al entendimiento tecnológico ganado al realizar inversiones (‘aprender mientras se invierte’) • Intuición tecnológica ganada al adaptar y mejorar la tecnología en uso (‘aprender mientras se hacen cambios’)
Fuentes intracluster	<ul style="list-style-type: none"> • Movilidad intracluster de mano de obra calificada • Entrenamiento promovido por los agentes del <i>cluster</i> en habilidades y procedimientos operativos • Difusión de know-how entre 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrenamiento promovido por los agentes del <i>cluster</i> en planificación, diseño y gerencia de tecnología • Colaboración intracluster en pruebas y experimentos para adaptar maquinaria o desarrollar diseños de producto

<p>Fuentes fuera del cluster</p>	<p>productores del cluster y los usuarios de maquinaria o servicios relacionados con la producción</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clientes y comercializadores de conocimiento, especificaciones y asesoría de producto y/o proceso • Proveedores de maquinaria y otros insumos, (conocimiento operacional, asesoría y entrenamiento) • Asesoría técnica y consultorías contactadas fuera del cluster • Comercialización y servicios de mercadeo contactados fuera del cluster 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrenamiento en planificación, diseño y gerencia de tecnología brindado por agentes externos • Experiencia adquirida en el trabajo en el diseño e ingeniería con proveedores de maquinaria y otros insumos • Pruebas y/o desarrollo de tecnologías con instituciones tecnológicas o firmas fuera del cluster
---	--	---

Fuente: (Bell y Albu, 1999).

Cuadro 3. Siendo TECSUP una institución ‘basada en ciencia’ debería acumular capacidades a través de sus actividades en investigación y desarrollo (I&D), sin embargo, ya que la actividad central es la capacitación de personal industrial, los proyectos de investigación tienen un carácter secundario. En lo que sí se coincide es que la dirección de la acumulación tecnológica se plasma en productos tecnológicos relacionados, tales como la provisión de servicios de laboratorio para empresas o en el dictado de cursos en áreas en las cuales se haya ganado experiencia. Asimismo, la forma en que se ha dado la transferencia tecnológica entre los centros de entrenamiento alemanes y TECSUP ha sido mediante el intercambio y la contratación de profesionales especializados quienes organizaron las áreas de estudio de esta institución. Por ser una institución de disseminación de conocimiento antes que una que apropie el conocimiento, TECSUP no trata particularmente de protegerse contra la imitación como sí lo hacen las empresas ‘basadas en ciencia’. Finalmente, entre las tareas gerenciales estratégicas sí figuran el desarrollo de productos relacionados a su experiencia, la obtención de activos complementarios --como la adquisición, generalmente por donación, de equipos y maquinarias que le permita ofrecer nuevos servicios-- y la reorganización institucional de acuerdo a su crecimiento y el desarrollo de sus distintas áreas.

Cuadro 10

Capacidades productivas y tecnológicas de TECSUP

	Capacidades de producción	Capacidades tecnológicas
Inversión	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de capacidad de enseñanza • Uso de equipos donados 	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento de TECSUP y apertura de nueva sede en Arequipa
Organización de la producción y procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento de estándares de calidad de educación • Evaluación interna de distintas variables que inciden en la calidad de la educación 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrenamiento para adaptarse a sociedades basadas en conocimiento • Participación de alumnos en proyectos (contratos)
Actividades centradas en la producción	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación del modelo alemán de entrenamiento industrial • Entrenamiento en control de calidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Servicios de laboratorio • Experimentación en métodos de control de calidad • Experimentación con equipo de lixiviación
Suministro de bienes de capital	<ul style="list-style-type: none"> • Adquisición de equipos standard para entrenamiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Adquisición de equipos modernos por donación y para uso de entrenamiento • Copia y adaptación de piezas y equipos como parte de entrenamiento
Oferta de insumos (encadenamientos hacia atrás)	<ul style="list-style-type: none"> • Adquisición de insumos y otros materiales de trabajo 	<ul style="list-style-type: none"> • N.D.
Orientación al cliente (encadenamientos hacia adelante)	<ul style="list-style-type: none"> • Venta de servicios de capacitación regular (alumnos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda de nuevos servicios de entrenamiento para empresas y otros no regulares • Apertura de nuevas carreras integrales • Apertura de cursos cortos • Cursillos dictados en empresas

- Sistema de becas Convenios con universidades (p.e. convenio con facultad de microbiología de la Universidad Cayetano Heredia)

Fuente: Elaboración propia basada en datos provistos por TECSUP.

5.2.3 FIMA

A pesar de la larga crisis que ha afectado a la industria nacional, y en especial a la industria metal mecánica, FIMA ha sido de las pocas empresas que ha mantenido su liderazgo en este sector. Otras empresas importantes como FAMIA, COMESA y Fundición Callao no han podido enfrentar la adversa situación económica y muchas de ellas han cerrado temporalmente o reducido sus actividades. Tres factores son cruciales para el éxito de FIMA. Primero, su constante actualización tecnológica que le permite ofrecer los equipos más modernos que existen en el mercado --gracias a sus alianzas estratégicas con los más importantes fabricantes de equipos para procesamiento de minerales. Segundo, algo que distingue a FIMA de sus competidores es su servicio de post-venta que permite que sus clientes cuenten con una constante asesoría técnica. Cuando los clientes solicitan servicios de reparación o consultoría, se manda personal para identificar y evaluar los problemas in-situ. Tercero, FIMA ha ingresado al negocio de la gerencia integral de proyectos y, por lo tanto, ayuda a conseguir crédito a sus clientes³⁴.

La participación de FIMA en este proyecto se da básicamente por las capacidades productivas y tecnológicas que tiene esta empresa. Como se aprecia en el **Cuadro 11**, FIMA posee grandes capacidades en el área de inversión ya que se dedica al negocio de proveer de equipos y de construir nuevas plantas industriales. Por otro lado, el interés de FIMA por preocuparse en actualizarse tecnológicamente hace que aumente su capacidad tecnológica. Es así, que el gerente de cada área técnica de FIMA --i.e. minería, pesca y azúcar-- tiene que seguir los avances tecnológicos que afectan a su sector. En el caso particular de la lixiviación, se sabía que era una tecnología que se estaba desarrollando y que podría tener un impacto potencial en el procesamiento de minerales, razón por la que se le hace un seguimiento. Otra capacidad tecnológica que ha demostrado FIMA es su interés por buscar fuentes de financiamiento a sus clientes y brindar servicios de gerencia integral de proyectos (EPCM), lo cual le da una ventaja sobre sus competidores.

En segundo lugar, FIMA tiene rutinas específicas para la producción de sus equipos. Cada área técnica tiene un manual de funciones que es seguido rigurosamente al embarcarse en cada proyecto. Este manual incluso es solicitado por los posibles clientes como una prueba de la calidad del trabajo de la empresa y es especialmente útil cuando se participa en licitaciones internacionales. Además, por la naturaleza de los servicios que presta, FIMA ha desarrollado capacidades de diseño que le permiten evaluar los planos de las plantas que tienen que construir³⁵. Mediante la interacción con el cliente se asegura la compatibilidad de los equipos con los objetivos de producción. En el caso de Tamboraque, FIMA cuestiona la fabricación de algunos equipos por considerar que sus especificaciones técnicas no eran las requeridas para el buen funcionamiento de la planta. Algunos de ellos fueron cambiados y

³⁴ Es importante mencionar, que debido a los altos montos de inversión requeridos en minería u otros sectores intensivos en capital, la disponibilidad de financiamiento se convierte en un factor crucial en la puesta en marcha del mismo. Esto, de alguna manera, también actúa como limitación para las empresas nacionales que quieren suministrar equipos al sector minero ya que casi siempre se accede a créditos extranjeros atados a la provisión de equipos por empresas también extranjeras.

³⁵ Esta evaluación se realiza porque FIMA considera que si se construyen los equipos siguiendo un diseño equivocado --por ejemplo, el uso de bombas con capacidad menor a la necesaria para evitar cuellos de botella en otras partes del proceso--, el cliente tenderá a responsabilizar a FIMA en vez de a la empresa de ingeniería.

otros no, bajo la responsabilidad del cliente³⁶. FIMA también brinda asesoría en cuanto al mantenimiento de los equipos, lo cual es parte fundamental de su aclamado servicio de post-venta.

En tercer lugar, FIMA es reconocida por la calidad de los equipos que fabrica y, por lo tanto, tiene personal altamente calificado en cada una de las tareas efectuadas en metal mecánica. Nuevamente, se siguen estándares internacionales de calidad, y aunque el mercado al que apuntan es nacional, han vendido sus productos a mercados de la región --Chile y Bolivia. Esta experiencia, junto con las capacidades de diseño que ha acumulado, ha permitido que adapte equipos para otros usos. Por ejemplo, siendo una empresa dedicada a la construcción de equipo minero pudo entrar al mercado pesquero y adaptar equipos para ese sector, como lo son las celdas de flotación para procesamiento minero que son utilizadas en pesquería para recuperar desechos sólidos --grasas y materia orgánica-- y reincorporarlos al proceso productivo.

En cuarto lugar, el suministro de bienes de capital es el negocio central de FIMA. La empresa nace como una representación de una fábrica de equipos norteamericanos (Denver Minerals Processing). En la actualidad sigue vendiendo equipos licenciados de distintas empresas de bienes de capital extranjeras. Asimismo, FIMA fabrica piezas y maquinaria standard y ensambla equipos de acuerdo a las necesidades de sus clientes. Gracias a sus capacidades en diseño, FIMA ha avanzado en la fabricación de maquinaria con marca propia y puede copiar y adaptar nuevas herramientas y equipos. Asimismo, incrementa estas capacidades mediante el entrenamiento recibido por sus proveedores que les muestran sus nuevos productos y/o materiales.

Cuadro 11

Capacidades productivas y tecnológicas de FIMA

	Capacidades de producción	Capacidades tecnológicas
Inversión	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción y ampliación de plantas industriales propia y ajenas • Suministro de equipos estandarizados 	<ul style="list-style-type: none"> • Seguimiento de avances tecnológicos para incorporarlos en la puesta en marcha de nuevos proyectos • Incursión en la gerencia integral de proyectos (EPCM)
Organización de la producción y procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Existencia de un manual de funciones por área técnica • Rutina de trabajo aplicable a cada proyecto 	<ul style="list-style-type: none"> • Asesoría a empresas sobre el diseño de sus plantas • Asesoría en mantenimiento (servicio post-venta) • Interpretación de ingeniería de diseño y evaluación del mismo • Evaluación integral de plantas industriales • Organización en función de áreas técnicas
Actividades centradas en la producción	<ul style="list-style-type: none"> • Experiencia en tareas metal mecánicas (cortado, soldadura, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación de equipos a mercados (sectores) distintos • Aplicación de estándares de calidad internacionales • Capacidad de diseño de plantas
Suministro de bienes de capital	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos licenciados de empresas líderes (i.e. Svedala, Denver, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Copia de nuevos tipos de herramientas y equipos • Adaptación de diseños y

³⁶ Se aceptaron las sugerencias de FIMA en el área de planta pero no así en minado. Como resultado, se presentaron algunos cuellos de botella que todavía se están tratando de resolver. Esta es una de las razones por las cuales MLPSA no estuvo conforme con el trabajo de Kilborn.

	<ul style="list-style-type: none"> • Réplica de diseños y de especificaciones maquinaria standard • Reemplazo de piezas originales • Ensamblaje de equipos 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño original de herramientas y maquinaria (marca FIMA) • Entrenamiento recibido de proveedores
Oferta de insumos (encadenamientos hacia atrás)	<ul style="list-style-type: none"> • Suministro de insumos (acero) de proveedores establecidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Importación de insumos especializados de acuerdo a requerimientos de proyectos en construcción
Orientación al cliente (encadenamientos hacia adelante)	<ul style="list-style-type: none"> • Venta de equipos standard (calderos, bombas, estructuras metálicas, etc.) • Exportación de equipos standard 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda tecnológica para satisfacer las necesidades de clientes (p.e. biolixiviación) • Búsqueda de nuevos mercados (p.e. sector pesquero en los ochenta) • Búsqueda de líneas de crédito para clientes

Fuente: Elaboración propia basada en datos provistos FIMA S.A.

En cuanto a la oferta de insumos, uno de los principales utilizados por FIMA es el acero y sus proveedores son empresas establecidas, tanto nacionales como extranjeras, dependiendo del precio y las condiciones de venta³⁷. Al igual que en el caso de bienes de capital, FIMA cuenta con el apoyo de sus proveedores de tecnología para informarse sobre insumos especializados.

Finalmente, FIMA se ha preocupado en satisfacer y adelantarse a las necesidades de sus clientes, así como buscar nichos de mercado que le permita mantener su ritmo de crecimiento. Es así, que además de vender una serie de equipos de uso genérico también ha logrado adelantarse a otras empresas al abrir nuevos mercados --pesquero y azucarero. Sin embargo, esta ampliación se da en sectores en los que se puedan aprovechar mejor la experiencia de FIMA.

El comportamiento y acumulación de capacidades de FIMA presenta amplias coincidencias con la tipología presentada por Bell y Pavitt (1993). Es decir que, la empresa ha invertido grandes esfuerzos en generar una capacidad de diseño y el desarrollo de equipos que satisfagan las demandas de sus usuarios --algunas de ellas altamente sofisticadas. En segundo lugar, la experiencia que FIMA adquiere en cada proyecto --y principalmente en su servicio de post-venta-- es canalizada hacia el mejoramiento de los equipos y servicios que vende. En tercer lugar, las capacidades productivas de FIMA le permiten copiar equipos mediante la réplica ingenieril o más directamente a través del seguimiento de planos. Asimismo, los clientes son una fuente valiosa para la transferencia de tecnología ya sea a través de la reparación de equipos --muchas veces no comprados a FIMA-- o de la solución de problemas en sus plantas. En cuarto lugar, ha capitalizado esta experiencia mediante el desarrollo de *know how* en diseño que le posibilita a producir algunos equipos con marca propia. Además, a través de sus acuerdos de representación de grandes compañías de fabricación de bienes de capital y equipos también ha establecido mecanismos para colocar su producción. Finalmente, las tareas gerenciales estratégicas coinciden plenamente con las identificadas para los proveedores especializados. Es decir, el monitoreo constante de las necesidades de los usuarios y la actualización tecnológica.

5.2.4 Procesadora Sudamericana

³⁷ FIMA entró en litigio en 1999 con SIDERPERU, principal productor de acero nacional, por abuso de mercado y aplicación de derechos compensatorios a la importación de aceros rusos y ucranianos.

A pesar de ser una empresa pequeña, PSSA se considera líder en el mercado. Esto se debe a la falta de competencia en esta sub-industria. El mercado de fundición y refinación de metales es bastante pequeño en el país, ya que la mayoría de las empresas mineras exportan directamente sus concentrados y las pocas empresas que exportan metales refinados tienen sus propias fundiciones y refinadoras.

El **Cuadro 12** resume algunas de las capacidades identificadas de PSSA. En cuanto a sus capacidades de inversión, las instalaciones de PSSA a pesar de ser relativamente pequeñas son del tamaño adecuado para satisfacer el mercado nacional. Asimismo, la empresa ha demostrado que sigue los avances tecnológicos expresados en nuevos servicios demandados principalmente por las empresas productoras de oro --i.e. desorción de carbón y fundición de precipitados Merrill Crowe. PSSA también reporta que hace un seguimiento informal sobre este proceso metalúrgico porque considera que hay bastante potencial en el Perú para explotar relaves y minerales similares a los encontrados en Tamboraque.

En segundo lugar, PSSA mantiene una rigurosa organización de su producción y de sus procesos debido al alto valor de los materiales que procesa --oro y plata. Es así, que debe seguir una serie de medidas de seguridad y de operaciones de rutina como el acopio de los concentrados y la comprobación de las leyes recibidas y las de salida para evitar cualquier tipo de mermas y disputas con los clientes. Asimismo, la experiencia en la refinación de minerales procedentes de diferentes minas, ha servido para que PSSA pueda detectar mejoras que se pueden hacer en la concentración de minerales para aumentar la eficiencia de la refinación, las cuales son sugeridas a sus clientes.

En tercer lugar, ya que los clientes requieren un producto refinado con un contenido fijo de 99.99% de pureza, la empresa debe mantener sus equipos funcionando en óptimas condiciones. De lo anterior, se desprende que PSSA tiene un buen dominio del proceso de fundición de metales preciosos y que mantiene un estricto control de calidad para lograr productos de la pureza requerida.

En cuarto lugar, PSSA reporta haber desarrollado sus propios equipos ante la imposibilidad de importar equipos durante la década de los ochenta. El gerente general de la empresa mencionó que algunas empresas consultoras en fundición elogiaron los cambios que se hicieron a algunos equipos. Sin embargo, fue poco lo que se dijo acerca de la reposición de equipos en la actualidad cuando no hay trabas para importar. La oferta de insumos es hecha a través de proveedores establecidos, no se tiene información si es que experimentan con insumos especializados.

Finalmente, aparentemente PSSA no hace mayor publicidad, los clientes vienen por medio de la recomendación de otros. En lo que sí se encontró una actitud pro-activa es en el seguimiento del proceso de bio-lixiviación ya que estiman que existe una demanda potencial muy grande dadas las características de los yacimientos mineros en el país.

Cuadro 12

Capacidades productivas y tecnológicas de Procesadora Sudamericana S.A.

	Capacidades de producción	Capacidades tecnológicas
Inversión	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de su propia fundición 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda y selección de tecnología para ampliar su planta y ofrecer nuevos servicios (p.e. desorción de carbón)
Organización de la producción y procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Operaciones de rutina (p.e. acopio de concentrados, carbón activado; comprobación de leyes, etc.) • Mejora de eficiencia de la fundición 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación de procesos a material recibido (p.e. sugerencia a mineras sobre la calidad del material entregado)

Actividades centradas en la producción	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso productivo standard • Niveles de recuperación fijos (i.e. 99.99% de contenido fino) • Control de calidad 	<ul style="list-style-type: none"> • N. D.
Suministro de bienes de capital	<ul style="list-style-type: none"> • Réplica de equipos standard • Reemplazo de piezas 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación de diseños existentes (ante prohibición de importaciones) • Diseño original de equipos
Oferta de insumos (encadenamientos hacia atrás)	<ul style="list-style-type: none"> • Suministro de insumos por proveedores establecidos 	<ul style="list-style-type: none"> • N.D.
Orientación al cliente (encadenamientos hacia adelante)	<ul style="list-style-type: none"> • Venta de servicios standard de fundición 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda y absorción de nueva información a través de clientes (p.e. sobre bio-lixiviación)

Fuente: Elaboración propia basada en datos provistos por Procesadora Sudamericana S.A.

Al igual que en el caso de FIMA, Procesadora Sudamericana es considerada un proveedor especializado. De acuerdo a la tipología antes mencionada (ver

EL CLUSTER MINERO PERUANO EN ACCIÓN: EL CASO DE TAMBORAQUE

Juana R. Kuramoto

Julio 2000

Lima - Perú

La investigación en la que se basa este trabajo fue financiada por el Consorcio de Investigación Económica (CIES). La autora es investigadora asociada del Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE). Se agradecen los comentarios y sugerencias hechos por Rudolf Buitelaar y por un lector anónimo. Enviar correspondencia a kuramoto@grade.org.pe

Contenido

1.	Introducción	3
2.	Clusters industriales y aprendizaje	5
3.	Caracterización tecnológica de la minería.....	21
3.1	La pequeña y mediana minería en el Perú	23
4.	El proyecto minero de Tamboraque	25
4.1	Antecedentes del proyecto.....	25
4.2	Descripción del proyecto.....	27
4.3	Agentes involucrados	28
4.3.1	<i>Minera Lizandro Proaño S.A.</i>	30
4.2.2	<i>TECSUP</i>	31
4.2.3	<i>FIMA S.A.</i>	32
4.2.4	<i>Procesadora Sudamericana S.A.</i>	33
5.	El proyecto Tamboraque a la luz del concepto de clusters.....	33
5.1	Los elementos del ‘diamante’ de Porter	34
5.2	Capacidades productivas y tecnológicas	36
5.2.1	<i>Minera Lizandro Proaño S.A.</i>	36
5.2.2	<i>TECSUP</i>	50
5.2.3	<i>FIMA</i>	62
5.2.4	<i>Procesadora Sudamericana</i>	64
5.3	Aprendizaje y transmisión del conocimiento.....	76
5.3.1	<i>MLPSA</i>	76
5.3.2	<i>TECSUP</i>	78
5.3.3	<i>FIMA S.A.</i>	80
5.3.4	<i>Procesadora Sudamericana S.A.</i>	80
6.	Aproximación a un cluster minero dinámico.....	81
6.1	Capacidades y transferencia tecnológica en un cluster dinámico.....	81
6.2	Lineamientos de política	83
7.	Conclusiones.....	85
8.	Referencias	88

ANEXOS

EL CLUSTER MINERO PERUANO EN ACCIÓN: EL CASO DE TAMBORAQUE

1. Introducción

Los resultados preliminares del proyecto: “Estudio de caso de la minería en el Perú: Una Estrategia de Desarrollo Basada en Recursos Naturales” (Kuramoto, 1999) sugieren que las empresas de gran minería contribuyen relativamente poco al fortalecimiento de los proveedores mineros nacionales debido a su escaso nivel de compras nacionales. Algunos factores que contribuyen a esta situación son la existencia de créditos atados, los contratos de desarrollo de proyectos mineros bajo la modalidad EPCM (ingeniería, compras, construcción y gerencia) y los altos requerimientos tecnológicos de las grandes empresas mineras. Los altos montos de inversión requeridos para el desarrollo de un proyecto minero han ido aumentando a lo largo del tiempo. Por ejemplo, la construcción del proyecto de Toquepala, que fue considerado como uno de los mayores proyectos mineros a fines de los cincuenta, requirió una inversión de alrededor de US\$ 700 millones, mientras que proyectos recientes como Bajo La Alumbra (Argentina), El Teniente (Chile) y Antamina (Perú) sobrepasan todos los US\$ 2,000 millones. Estos altos requerimientos de capital obligan que se adquieran créditos a través de bancos, pero también de proveedores y futuros clientes. Es así, que desde un inicio se define la compra de algunos equipos clave para la operación.

Del mismo modo, los contratos EPCM otorgan a las empresas de ingeniería un rol fundamental en la adquisición de equipos. Estas empresas al gerenciar el proyecto minero deciden sobre las compras de los equipos necesarios para el minado, la planta procesadora y otras obras. Al tener una cartera de proveedores con los cuales las empresas de ingeniería trabajan regularmente, los proveedores nacionales generalmente se encuentran en desventaja teniendo que conformarse con contratos relativamente pequeños.

Finalmente, los requerimientos tecnológicos de las grandes empresas mineras pocas veces pueden ser satisfechos por las empresas nacionales. Ejemplos de esto son los equipos que son producidos sólo por la empresa creadora de la tecnología; reactivos que no son producidos en el país, etc. Asimismo, parece que existen fallas de mercado debido a que las grandes empresas no tienen conocimiento de las capacidades tecnológicas de los proveedores nacionales mientras que éstos últimos carecen de un eficiente sistema de mercadeo que le permita llegar a las grandes empresas mineras.

Otro resultado del proyecto de investigación indica que el aumento de la producción minera tampoco incentiva el desarrollo de industrias que usan los minerales como principal insumo. Esto se debe al limitado nivel de procesamiento de la producción minera nacional debido a que la mayor proporción de ésta es exportada directamente ya que hay una escasa demanda interna. Este es un problema estructural de la economía peruana que por su incipiente nivel de industrialización demanda pocos minerales. Más aún, la especialización en la producción de oro y cobre --metales para los cuales no existe una demanda interna desarrollada-- que está caracterizando la minería peruana estaría ahondando este problema.

Finalmente, también se encontró que las grandes empresas mineras demandan pocos servicios conexos --como consultoría minerológica, geológica, etc.--, siendo estos servicios contratados directamente en el exterior, al parecer más por razones de mejor infraestructura tecnológica en los laboratorios extranjeros que por la calidad de su capital humano.

Coincidentemente, existe una intensa preocupación nacional que se ha suscitado a raíz de la construcción de Antamina, la mayor mina en el Perú. Los anuncios de que el 40% de los US\$2,300 millones que se invertirían en esta mina estarían conformados por compras locales, se han visto contrapuestos con la realidad debido a que aparentemente se estaría dando preferencia a proveedores extranjeros (Hidalgo, 1999). Sin embargo, es importante reconocer que en esta etapa del mencionado

proyecto se está llevando a cabo la ingeniería base del proyecto, la adquisición de equipos que no son producidos en el país, y la construcción de infraestructura.

Como se mencionó anteriormente, los proveedores nacionales tienen una débil posición para participar en estos proyectos. Sólo aquellos que se han asociado con las grandes empresas de ingeniería han asegurado su participación en esta clase de proyectos, aunque las tareas que le han sido conferidas a estas empresas nacionales se han circunscrito a tareas relativamente sencillas como movimiento de tierras, construcción de carreteras, etc.

A pesar de que lo anterior suena desalentador, también es cierto que las empresas nacionales han aprendido de estas experiencias y que su ejemplo está siendo replicado por otras empresas y en distintos ámbitos. Es así, que el proyecto de investigación antes mencionado encontró que algunas empresas proveedoras de equipos e insumos mineros al asociarse con proveedores líderes en equipos mineros están ofreciendo servicios y productos más sofisticados, e incluso han ingresado a mercados internacionales. Asimismo, los centros de capacitación industrial han lanzado programas para la capacitación de personal minero y están prestando servicios de consultoría. El dinamismo de estas empresas e instituciones, inducido por la recuperación de la minería nacional, se ha visto fortalecido principalmente por la demanda de las empresas mineras de estratos medianos y pequeños.

La ejecución del proyecto minero de Tamboraque, de propiedad de la empresa Minera Lizandro Proaño S.A. (MLPSA), presenta características especiales que sugieren una colaboración estrecha entre diversos agentes productivos, lo cual es favorable para la consolidación de un *cluster* minero nacional. En este proyecto se transforma una mina productora de plomo y zinc en una productora de oro mediante el uso de una tecnología nueva para la minería peruana. Tamboraque recuperó, inicialmente, oro --en la forma de carbón activado-- de los relaves de esta mina mediante lixiviación bacteriana, posteriormente la empresa está procesando mediante el mismo método, material minado al igual que muchas empresas mineras que producen este metal.

Este proyecto minero se ha ejecutado siguiendo la práctica común en la gran minería actual de involucrar a varios agentes, práctica que se está difundiendo entre las empresas medianas y pequeñas. Es así, que además de la empresa minera, involucra a dos fondos multinacionales de inversión (Repadre International Corp. y Global Environment Emerging Markets Fund) quienes facilitaron parte del financiamiento que ascendió a US\$23 millones (Minas y Petróleo, 1999c). Como también, a una empresa de ingeniería sudafricana (Gencor Limited) quien licenció la tecnología. Pero quizás lo más importante es la presencia de diversos entes locales que tuvieron una participación activa en este proyecto.

Para la ejecución de este proyecto se ha necesitado del trabajo conjunto de la propia empresa minera; de un centro de capacitación minera (TECSUP) --para examinar la posibilidad de utilizar la tecnología de lixiviación bacteriana para tratar los relaves de la mina; y de un fabricante de equipos nacional (FIMA S.A.) --que se encargó del 80% de la construcción del complejo. Esta es una de las pocas veces en que se da este tipo de colaboración estrecha entre varios agentes nacionales del *cluster* minero, más aún, tratándose de la ejecución de un proyecto que usa nueva tecnología.

Por otro lado, a diferencia de la mayoría de las operaciones auríferas en el Perú, este proyecto ha sido pensado para tener una articulación 'hacia adelante'. La empresa nacional (Procesadora Sudamericana) procesa el carbón activado que produce la mina y lo regresa a la empresa minera en la forma de oro y plata refinados. Es importante mencionar que la mayoría de las empresas productoras de oro producen barras doré --i.e. mezcla de oro y plata-- que son vendidas a refinерías extranjeras.

El objetivo de este proyecto es evidenciar, a través de la experiencia de Tamboraque, que sí hay un potencial para el desarrollo de un *cluster* minero peruano que tenga como centro de articulación a la mediana y pequeña minería. Asimismo, se identificarán los principales factores que inducen al trabajo conjunto de diferentes agentes del *cluster*. Se buscará identificar los principales espacios de interacción entre los mismos, así como los principales ámbitos de aprendizaje que se generan y cómo

estos agentes capitalizan dicho conocimiento. Finalmente, se extraerán lecciones de política conducentes a incrementar la interrelación de los distintos agentes del *cluster* minero y a propiciar la transferencia y adaptación de tecnología.

2. *Clusters* industriales y aprendizaje

El marco conceptual empleado en el presente estudio será el enfoque de ‘clusters’ desarrollado por Porter (1990, 1998). El término *cluster* se refiere a la aglomeración de agentes que se concentran alrededor de actividades productivas conexas, que establecen relaciones de colaboración y acción conjunta para innovar y elevar la calidad del producto o servicio y/o que se concentran alrededor de una zona geográfica (Porter, 1990; Porter, 1998; Schmitz, 1997). Sin desmerecer, el aporte de Porter, la tendencia hacia la globalización de las actividades productivas ha hecho que la concentración geográfica sea cada vez menos importante en la definición de un *cluster* y que más bien se enfatice la relación de los agentes en un contexto de redes y de cadenas de valor agregado. Es así, que una definición de *cluster* más reciente enfatiza “las redes (networks) de producción de empresas fuertemente interrelacionadas (incluyendo los proveedores especializados), las instituciones de enlace (facilitadores o *brokers*, consultores) y clientes, vinculados unos a otros en una cadena de producción de valor agregado” (Boekholt y Thuriaux, 1999).

Porter presenta un esquema llamado el ‘diamante’ que establece que hay cuatro determinantes para que las empresas mantengan e incrementen su ventaja competitiva. En primer lugar, debe haber disponibilidad de factores productivos como recursos humanos y físicos, tecnología y conocimiento, capital e infraestructura. Esto implica que tanto empresas y gobiernos tienen que invertir continuamente en el desarrollo de estos factores ya que más será la potencial ventaja competitiva adquirida. En segundo lugar, Porter sugiere que debe haber una demanda doméstica dinámica y con un alto grado de sofisticación. Esto incide en el aumento de calidad y eficiencia de los productores nacionales, que posteriormente se beneficiarán de ser más competitivos en el extranjero. En tercer lugar, la presencia de industrias conexas y de apoyo que tengan niveles mínimos de competitividad internacional. Finalmente, Porter reconoce que un ambiente intenso de competencia en el ámbito nacional también incide en la generación de ventajas competitivas ya que las empresas serán más proclives a innovar y a mejorar sus productos y servicios.

Porter también reconoce dos factores adicionales. El primero es que el gobierno diseñe políticas públicas destinadas a asegurar las sinergias descritas por el esquema del diamante. El segundo se refiere al rol de la eventualidad que puede generar situaciones que puedan ser aprovechadas para desarrollar ventajas. Ejemplos de esto son innovaciones tecnológicas radicales—i.e. gracias a la invención de completamente nuevos productos, insumos o procesos --, eventos internacionales—i.e. guerras que aumenten la demanda de algunos productos--, o cambios de regímenes políticos, entre otros.

Adicionalmente, otros autores (Dunning, 1992; Narula, 1993) introducen como factor adicional a las actividades de negocios internacionales. Las actividades de las empresas transnacionales son cada vez más globales y ya no dependen exclusivamente de los ‘activos de propiedad’ creados en las casas matrices sino que ahora se trata de aprovechar mucho más las condiciones y factores del país receptor de la inversión directa extranjera para elevar la eficiencia y competitividad de la empresa a nivel global. Esto es relevante para el caso de la minería ya que la mayoría de las operaciones mineras en países en desarrollo son explotadas por empresas extranjeras.

El enfoque anterior permite identificar las distintas esferas de interrelación que se dan entre los distintos agentes que conforman un *cluster*. Sin embargo, es limitado para el análisis de *clusters* incipientes como los existentes en países en desarrollo debido a que partes del diamante estarían ausentes y no ilustra cómo inducir su proceso de formación (Narula, 1993). El principal problema radica en que Porter asume que el proceso de innovación está implícito en las actividades de cada uno de los agentes que forman el *cluster* --de ahí su impacto en la eficiencia y productividad global. Sin embargo, lo que ocurre en los países en desarrollo es que las empresas se limitan a la adquisición de equipos importados pero

raramente innovan o invierten en actividades que les permitan imitar o adaptar los avances tecnológicos de los países industrializados o, dicho de otro modo, que les permitan iniciar un proceso de aprendizaje tecnológico. Como resultado, la mayoría de clusters en países en desarrollo tienden a estancarse y se mantienen a nivel de subsistencia (Albu, 1997).

El proceso de aprendizaje tecnológico requiere de esfuerzos específicos por parte de las empresas y no es un subproducto automático de la transferencia de tecnologías. Bell y Pavitt (1993) y Bell y Albu (1999) sostienen que la diferencia entre países desarrollados y los que no lo son radica en las capacidades tecnológicas que los primeros han logrado acumular. Estas capacidades son los recursos necesarios para adaptar, cambiar y crear tecnologías que se crean inicialmente a través de la experiencia de producción --‘aprender haciendo’-- y que luego se tienen que generar mediante la copia de diseños, replicación ingenieril, experimentación por prueba y error, etc., y que en su conjunto conforman lo que se denomina investigación y desarrollo (Albu, 1997; Bell y Albu, 1999; Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998). Las capacidades tecnológicas se diferencian de aquellas habilidades, conocimiento y recursos necesarios para hacer funcionar eficientemente un equipo o una planta industrial, las cuales son denominadas capacidades de producción (ver **Cuadro 1**).

La adquisición de capacidades tecnológicas requiere de un proceso de aprendizaje que puede ser definido como una recolección sistemática de información sobre la propia experiencia de producción y del uso de esta información para generar conocimiento sobre los procesos tecnológicos subyacentes en la producción (Albu, 1997). Dicho de manera más sencilla, el aprendizaje tecnológico tiene como objeto saber ‘cómo y por qué funcionan las cosas’. Es así, que cuando una empresa incorpora una nueva tecnología --mediante, por ejemplo, la compra de equipos-- sólo se está experimentando un proceso de cambio técnico, en el cual la empresa se vuelve un usuario de dicha tecnología. Mientras que si la empresa se embarca en un proceso, por ejemplo, de réplica ingenieril obtendrá un conocimiento que le permitirá adaptar dicha tecnología a sus necesidades e, incluso, mejorarla. El resultado es que la empresa podrá embarcarse en un nuevo proceso de cambio técnico basado en el aprendizaje anterior.

La literatura sobre este tema ha acuñado diferentes términos para identificar las distintas formas de aprendizaje. Entre ellos se destacan: ‘aprender haciendo’, ‘aprender usando’, ‘aprender por interacción’, ‘aprender a aprender’, etc. (Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998; Lundvall, 1988). Esto se debe a que las capacidades tecnológicas pueden referirse al ámbito de la producción como la gerencia y la ingeniería de producción, y la reparación y mantenimiento del capital físico. Al ámbito de la inversión, como la capacidad para generar proyectos de inversión o de ejecutarlos. Al ámbito de las modificaciones menores en procesos y productos. Al ámbito del desarrollo de nuevos mercados, el establecimiento de canales de distribución y la provisión de servicios al consumidor. Al ámbito de sus relaciones con el entorno que facilita la transferencia de conocimiento. Al ámbito de la capacidad de crear nuevos productos y/o procesos (Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998).

El que dependa enteramente de las empresas hacer esfuerzos para acumular estas capacidades tecnológicas lleva a formular la pregunta por qué algunas empresas --y eventualmente industrias y países-- destinan recursos para realizar estos esfuerzos tecnológicos y otras no. Al parecer esto depende de una serie de factores de oferta y de demanda que emanan del ambiente en el cual se desenvuelven las empresas. Entre ellos se pueden mencionar “el ambiente económico, el grado de competencia y, por tanto, la estructura de mercado, la tasa de cambio de la frontera tecnológica internacional, algunas políticas del gobierno dirigidas a regular los regímenes de comercio y los parámetros fiscales y monetarios, y las inversiones gubernamentales para la creación de una infraestructura en ciencia y tecnología a través de inversiones en investigación y desarrollo y de educación técnica para la fuerza laboral” (Romijn, 1996). Por su parte, Albu (1997) distingue dos tipos de factores o estímulos. Aquellos que nacen principalmente de las estrategias empresariales y de la percepción de las tendencias de largo plazo en la industria, los cuales inducen a buscar mejoras que a largo plazo incrementarán la capacidad de las empresas para aumentar sus capacidades para generar y gerenciar el cambio técnico. Así como, aquellos que nacen de las presiones competitivas de corto plazo y que sólo inducen a aumentar y/o mejorar la capacidad productiva.

De todo lo anterior, se desprende que al utilizar el enfoque de *clusters* sea importante identificar los mecanismos que operan para la realización de un aprendizaje de las empresas así como los espacios de interacción entre los agentes que permiten que ese aprendizaje se difunda entre ellos. Asimismo, es importante identificar los ámbitos de intervención del gobierno que mediante regulaciones y programas puede contribuir a este aprendizaje. Diferentes autores destacan la acción del gobierno en la provisión de una infraestructura tecnológica para elevar las capacidades tecnológicas de un sector (Ernst, Mytelka, y Ganiatsos, 1998; Teubal et al., 1996).

El enfoque de capacidades tecnológicas pone énfasis en la capacidad de aprender y en la transmisión de conocimiento entre las distintas empresas de un *cluster*, y también entre aquellas que se encuentran fuera del mismo. La mayoría de estudios sobre *clusters* *en las cadenas de producción, es decir, en la transacción de bienes y servicios entre los diferentes agentes. Sin embargo, aquellos estudios, principalmente en países en desarrollo, en los cuales se analizan clusters incipientes se aprecia que las ventajas de aglomeración física son limitadas si es que no hay una transferencia de tecnología o conocimiento entre los distintos agentes que generante toma la forma de acción conjunta o la existencia de instituciones cuyo propósito sea difundir conocimiento. Mientras que en aquellos clusters en los cuales se aprecia un gran dinamismo, las relaciones sociales y/o empresariales son estrechas --al estilo de los distritos industriales en Italia-- y existen una serie de instituciones --privadas y públicas-- que brindan asistencia técnica en distintas áreas.*

Cuadro 1
Capacidades tecnológicas por tipo y actividades asociadas

	Capacidades de producción	Capacidades tecnológicas
Inversión	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción de plantas de producción • Suministro de equipos estandarizados 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda, evaluación y selección de tecnología para la puesta en marcha de nuevos proyectos
Organización de la producción y procesos	<ul style="list-style-type: none"> • Operaciones de rutina y mantenimiento • Mejoramiento de eficiencia de tareas existentes 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoramiento de la disposición física de equipos • Mejoramiento de los procedimientos de mantenimiento • Adaptación y mejora de procesos productivos • Cambios en diseño organizacional
Actividades centradas en la producción	<ul style="list-style-type: none"> • Réplica de especificaciones fijas y diseños • Control de calidad rutinario 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación de productos a condiciones de mercado cambiantes • Mejora de la calidad de producto • Diseño de nuevos productos
Suministro de bienes de capital	<ul style="list-style-type: none"> • Réplica de equipos y maquinaria estándar • Reemplazo de piezas originales 	<ul style="list-style-type: none"> • Copia de nuevos tipos de herramientas y equipos • Adaptación de diseños existente y especificaciones • Diseño original de herramientas y maquinaria
Oferta de insumos (encadenamientos hacia	<ul style="list-style-type: none"> • Suministro de insumos por proveedores establecidos 	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda y absorción de nueva información sobre materiales a través

atrás)	de proveedores e instituciones locales
Orientación al cliente (encadenamientos delante)	<ul style="list-style-type: none"> • Venta de productos estándar a clientes existentes y nuevos • Búsqueda y absorción de nueva información a través de clientes e instituciones locales • Búsqueda de nuevos mercados potenciales

Fuente: (Albu, 1997).

Lo anterior pone de relevancia que en el tema de *clusters* industriales es necesario pensar también en sistemas de conocimiento. Tradicionalmente se ha analizado a los *clusters* industriales de acuerdo a los materiales que usan y los ítems que producen o, dicho de otro modo, de sus sistemas de producción. Es así, que se habla de *clusters* ‘horizontales’ si es que las empresas que los conforman producen bienes similares --por ejemplo, el *cluster* del calzado en Brazil--, mientras que los *clusters* ‘verticales’ son aquellos en donde se da un flujo de materiales y bienes entre empresas --i.e. el *cluster* del cuero en Italia, donde no sólo sobresalen las empresas de calzado sino las productoras de insumos y maquinarias necesarios para esta industria. Sin embargo, este enfoque no explica por qué en el Brazil, el *cluster* del calzado no ha evolucionado hacia la producción de maquinaria y otros insumos críticos para esta industria, los cuales se siguen importando desde Italia. La respuesta según Bell y Albu (1999) radica en que la descripción de los sistemas de producción no revela nada sobre la evolución de las empresas o *clusters* que se basa en el conocimiento pasado y presente que tienen las personas, organizaciones e instituciones sociales. Por el contrario, el estudio de los sistemas de conocimiento tienen que ver con los flujos y stocks de conocimiento, además de los sistemas organizacionales involucrados en la generación de cambios en los productos, organización o procesos de producción. Todos estos flujos y cambios son fuentes que pueden contribuir a la acumulación de capacidades tecnológicas. Al igual que en el caso de empresas individuales, en el ámbito de *clusters* industriales también se puede hacer una diferenciación entre aquellas fuentes que aumentan las capacidades para usar el conocimiento --o que aumentan las capacidades de producción--, de aquellas que aumentan las capacidades para generar cambios en el conocimiento. Estas fuentes pueden darse internamente en las empresas, entre distintos agentes dentro del mismo *cluster* y/o mediante la interacción de agentes del *cluster* y otros externos (ver **Cuadro 2**).

Cuadro 2

Algunas fuentes que incrementan las capacidades en los sistemas de conocimiento

	Fuentes de aumento de capacidades para la utilización de conocimiento	Fuentes de aumento de capacidades para el cambio de conocimiento
\clvertalt		
Fuentes intrafirma	<ul style="list-style-type: none"> • Experiencia pasiva de producción (‘aprender a hacer’) • Esfuerzos activos para adoptar o mejorar tecnologías específicas • Mejoramiento de prácticas derivadas de experimentación tipo prueba y error en tareas específicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicables generalmente al entendimiento tecnológico ganado al realizar inversiones (‘aprender mientras se invierte’) • Intuición tecnológica ganada al adaptar y mejorar la tecnología en uso (‘aprender mientras se hacen cambios’)
Fuentes intracluster	<ul style="list-style-type: none"> • Movilidad intracluster de mano de obra calificada • Entrenamiento promovido por los agentes del cluster en habilidades y procedimientos operativos • Difusión de know-how entre 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrenamiento promovido por los agentes del cluster en planificación, diseño y gerencia de tecnología • Colaboración intracluster en pruebas y experimentos para adaptar maquinaria o desarrollar diseños de producto

<p>Fuentes fuera del cluster</p>	<p>productores del cluster y los usuarios de maquinaria o servicios relacionados con la producción</p> <ul style="list-style-type: none"> • Clientes y comercializadores de conocimiento, especificaciones y asesoría de producto y/o proceso • Proveedores de maquinaria y otros insumos, (conocimiento operacional, asesoría y entrenamiento) • Asesoría técnica y consultorías contactadas fuera del cluster • Comercialización y servicios de mercadeo contactados fuera del cluster 	<ul style="list-style-type: none"> • Entrenamiento en planificación, diseño y gerencia de tecnología brindado por agentes externos • Experiencia adquirida en el trabajo en el diseño e ingeniería con proveedores de maquinaria y otros insumos • Pruebas y/o desarrollo de tecnologías con instituciones tecnológicas o firmas fuera del cluster
---	--	---

Fuente: (Bell y Albu, 1999).

Cuadro 3), coincide en que es una empresa pequeña y que atiende a clientes muy sensibles a la calidad del servicio. PSSA acumula capacidades tecnológicas a través de su trabajo con usuarios sofisticados --en este caso, usuarios que están usando métodos hidrometalúrgicos. Lo que redundó en un mejoramiento del servicio que presta --i.e. dirección de la acumulación tecnológica-- y sirve de fuente de transferencia tecnológica. La mejor protección de PSSA contra la competencia es el conocimiento de las necesidades de sus clientes, de ahí que no le sea necesario hacer propaganda de sus servicios sino que son los mismos clientes los que se recomiendan unos a otros. Finalmente, la gerencia de PSSA monitorea las necesidades de sus clientes y cuando surgen nuevas tecnologías que pueden tener un mercado importante, las incorporan en sus servicios. Sin embargo, a diferencia de FIMA, esta empresa parece no invertir mucho en acrecentar sus capacidades tecnológicas debido al limitado mercado del procesamiento de minerales en el país.

5.3 Aprendizaje y transmisión del conocimiento

5.3.1 MLPSA

A lo largo de toda su trayectoria, MLPSA ha disfrutado de varias fuentes de aprendizaje que han contribuido a la acumulación de capacidades productivas y tecnológicas. El **Cuadro 13** presenta las principales de estas fuentes. En cuanto a las fuentes generadas al interior de la misma empresa, MLPSA ha aprendido principalmente mediante su experiencia en el quehacer minero --i.e. 'aprender haciendo'. Las capacidades generadas, principalmente capacidades de producción, han servido de punto de partida para adoptar y mejorar las tecnologías que se utilizan en su proceso productivo. Estas mejoras se dieron mediante procesos de experimentación o 'prueba y error'. Entre ellas, se pueden mencionar el ajuste de bombas que conducen el mineral minado hasta los distintos circuitos de flotación y el ajuste de las variables críticas en el circuito de bio-lixiviación --como por ejemplo, la adición de bacteria, el mantenimiento de temperatura, la adición de reactivos, etc. Asimismo, el constante *feedback* en este proceso de experimentación generó conocimiento de la interacción entre las diferentes etapas del proceso minero --por ejemplo, para minimizar la presencia de contaminantes en el circuito BIOX se ha tenido que revisar y adecuar los sistemas de minado y de concentración --i.e. 'aprender mientras se hacen cambios'. Un efecto adicional de la acumulación de estas capacidades es la generación de una 'intuición' tecnológica que permite avizorar posibles nuevos usos de tecnologías relacionadas a aquellas empleadas por la empresa. Asimismo, MLPSA no sólo ha aprendido sobre su proceso productivo sino que al realizar inversiones adquiere una serie de capacidades que le permiten crecer y expandirse. Experiencia en la preparación de propuestas y proyectos de inversión --ya sean éstos de ampliación o de nuevas operaciones-- dotan a las empresas de una mayor capacidad de venta frente a posibles inversionistas, proveedores y/o clientes. Del mismo modo, la preparación de los proyectos de factibilidad en los cuales se evalúa la viabilidad técnica y económica del proyecto permitió que MLPSA aprendiese a interpretar los planos de ingeniería de detalle preparados por terceros y a evaluar los equipos propuestos --i.e. 'aprender por interacción'. Es interesante señalar que la selección inicial de algunos equipos no fue la correcta y se aprendió de este error --i.e. 'aprender usando'. Asimismo, esto ha motivado que MLPSA este dispuesta a embarcarse sola en un proyecto de ampliación³⁸ --i.e. 'aprender mientras se invierte'--, aunque eso dependerá de que las fuentes de financiamiento no exijan la participación de una empresa de ingeniería reconocida.

³⁸ La confianza de la empresa en sus capacidades se ve reforzada por el hecho de que el Gerente General interino, y quien está a cargo de la empresa y de la operación, ha tenido años de experiencia como jefe de la filial latinoamericana de una empresa de ingeniería norteamericana. Por otro lado, MLPSA no quedó satisfecha con el trabajo realizado por Kilborn. Según el gerente general de la empresa, el trabajo de Kilborn fue deficiente e influyó en que se requiriesen cambios en el diseño de mina y de planta. Esta opinión es compartida por el responsable del proyecto en FIMA.

Las fuentes de aprendizaje encontradas dentro del mismo *cluster*, es decir dentro del grupo de empresas e instituciones nacionales relacionadas con la actividad minera, reflejan en gran parte un efecto de *spillovers* o beneficios que ha obtenido del esfuerzo y experiencia de otros agentes. Por ejemplo, a través de la contratación de personal especializado en lixiviación bacteriana, cianuración (actual Superintendente de Planta, ex-profesional de Centromín y trabajadores de planta), biología (actual bióloga de la empresa) y gerencia de proyectos (actual Gerente General, ex-gerente de la filial peruana y chilena de Kilborn) se logró constituir un eficiente equipo de trabajo para llevar a cabo este proyecto. Más aún, el experto en lixiviación obtuvo parte de su experiencia a través de su participación en un proyecto promovido por la Junta del Acuerdo de Cartagena. Además del efecto de *spillovers*, también se presentaron procesos de aprendizaje gracias a la interacción de distintos agentes del *cluster*. Por ejemplo, la capacitación del personal de planta se ha visto fortalecida por las charlas que los proveedores de equipos e insumos brindaron en la empresa --por ejemplo, charlas sobre espesadores, floculantes, equipo de destrucción de cianuro, sistema de control automático, etc. Asimismo, la difusión del *know how* en BIOX se debe principalmente a la interacción entre TECSUP y la empresa.

Cuadro 13

Fuentes de aprendizaje en MLPSA

	Fuente de aumento de capacidades para la utilización de conocimiento	Fuentes de aumento de capacidades para el cambio de conocimiento
Fuentes intrafirma	<ul style="list-style-type: none"> • ‘Aprender haciendo’ en la exploración y explotación minera y en el procesamiento de minerales • Esfuerzos para adoptar y mejorar la bio-lixiviación (‘prueba y error’) • Mejoramiento y optimización de procesos relacionados a BIOX mediante ‘prueba y error’ 	<ul style="list-style-type: none"> • ‘Aprender mientras se invierte’ en lo referido a puesta en marcha de nuevos proyectos, ampliación de operaciones, evaluación de planos, scale-up de plantas piloto, etc. • Intuición tecnológica sobre procesos de acción bacteriana que les permite avizorar nuevos usos (‘aprender mientras se hacen cambios’)
Fuentes intracluster	<ul style="list-style-type: none"> • Contactos y contratación de profesionales con experiencia en lixiviación, biología, cianuración y gerencia de proyectos (‘spillovers’) • Entrenamiento de experto en BIOX (hoy Superintendente de planta de MLPSA) a través de un proyecto promovido en el sector minero (Proyecto de la JUNAC) (‘spillovers’) • Entrenamiento de personal mediante charlas preparadas por los proveedores de equipos e insumos • Difusión de <i>know how</i> en BIOX entre TECSUP y MLPSA; en diseño de proyectos entre Kilborn, FIMA y MLPSA 	<ul style="list-style-type: none"> • Estrecha colaboración para adaptar los equipos entre FIMA, Kilborn y MLPSA • Investigaciones de bióloga de MLPSA en la Universidad Cayetano Heredia (‘aprender a aprender’ y ‘aprender por interacción’) • Evaluación de aplicación de BIOX a otros yacimientos (Superintendente de planta con TECSUP)
Fuentes fuera del cluster	<ul style="list-style-type: none"> • Relación de asesoría y contrato de licencia con Gencor (‘aprender por interacción’) • Pruebas y ensayos en laboratorios 	<ul style="list-style-type: none"> • Convenio con Ecole de Mines D’Ales en Francia (bioabsorbentes para tratamiento de efluentes) (‘aprender a aprender’ y ‘aprender

extranjeros interacción')	('aprender por por interacción')
------------------------------	--

Fuente: Elaboración propia basada en datos provistos por Minera Lizandro Proaño S.A.

Las fuentes de aprendizaje fuera del *cluster* --i.e. todas aquellas empresas e instituciones extranjeras cuyas actividades están relacionadas con la minería--, se dan principalmente mediante procesos de interacción. Es así, que al inicio y al término de la búsqueda tecnológica se establecen contactos con Gencor --la empresa que patentó la tecnología BIOX--, así como con diferentes laboratorios extranjeros para que se hicieran pruebas y ensayos con el mineral proveniente de Tamboraque. Más importante aún, es que producto de esta interacción MLPSA pareciera haber entrado en un círculo virtuoso de innovación. La empresa ha firmado un convenio de investigación con la Ecole de Mines d'Ales (Francia) para analizar el comportamiento de bioadsorventes en el tratamiento de efluentes minero-metalúrgicos. Específicamente se trata de aprender acerca del uso de materia orgánica para recuperar metales de los efluentes que resultan del proceso minero --i.e. 'aprender a aprender' y 'aprender por interacción'. Según representantes de MLPSA, esta investigación cubre un área científica que no está muy desarrollada, por lo tanto no hay ninguna planta industrial que esté utilizando este principio³⁹. Este es un intento para aprovechar al máximo la explotación de sus recursos mineros, así como para buscar procesos de manejo ambiental alternativos a los convencionales.

5.3.2 TECSUP

El aprendizaje obtenido por TECSUP está resumido en el **Cuadro 14**. Las principales fuentes de aprendizaje interno se han dado a través de un proceso de 'aprender usando'. Esto es comprensible debido a que el centro de atención de TECSUP en este proyecto ha girado en torno a la donación de la planta piloto de lixiviación bacteriana. A diferencia de MLPSA, este instituto no tenía un problema que resolver sino más bien tenía que demostrar a los donantes que estaban utilizando el equipo y que lograron dominar su uso. Es así, que aparte de realizar las pruebas para Tamboraque, TECSUP utilizaba el equipo para entrenar a sus alumnos⁴⁰. A pesar de este aparente limitado aprendizaje de esta institución, las capacidades tecnológicas de TECSUP se beneficiaron mediante la preparación de separatas y materiales para entrenamiento en BIOX en diferentes cursillos o como parte del entrenamiento en la carrera de Técnico en Operaciones Químico-Metalúrgicas. Asimismo, el aprendizaje en el uso del equipo tuvo como un resultado adicional el reconocimiento de que los resultados teóricos pueden diferir de aquellos 'reales' obtenidos de la experimentación. Las indicaciones de los manuales de lixiviación bacteriana establecen ciertos parámetros que no se dieron debido a las condiciones propias del experimento --por ejemplo, la temperatura requerida para el proceso. Esto requirió que se experimentase con otros parámetros --definidos por MLPSA-- y que se estableciesen interacciones entre distintas variables. Es decir, que se obtuvo una capacidad tecnológica para adaptar tecnología a condiciones particulares.

Las fuentes de aprendizaje dentro del *cluster* se centran básicamente en la interacción de TECSUP y MLPSA. En primer lugar, se da un proceso de 'aprender a hacer' ya que la institución no había realizado un trabajo similar, aunque sí había tenido experiencia previa en análisis químicos. La supervisión de MLPSA permitió establecer metas, tanto en términos de valores críticos para los principales parámetros en este proceso⁴¹ así como de plazos⁴². Asimismo, se 'aprende por

³⁹ Al parecer esta área de investigación está siendo impulsada por la bióloga de la empresa quien está haciendo investigaciones sobre el mismo tema en la Universidad Peruana Cayetano Heredia.

⁴⁰ Aunque no se llevó registro, se estima que se contrataron --a tiempo completo equivalente-- a alrededor de 20 a 25 alumnos durante la duración del proyecto --desde fines de 1993 hasta mediados de 1996.

⁴¹ Uno de los principales parámetros en los procesos de lixiviación es el de cinética. Este parámetro indica con qué rapidez se obtienen diferentes niveles de recuperación del metal. La ventaja de la lixiviación bacteriana es que la adición de bacteria permite la reducción del tiempo en el que se consiguen determinados valores de recuperación. Por lo tanto, las empresas mineras buscarán la mayor recuperación en el menor tiempo posible.

interacción' cómo lidiar con la premura empresarial, habilidad que le ha permitido mejorar las relaciones con otras empresas con las que trabaja⁴³. En los ensayos iniciales se consigue una recuperación del 90% en 23 días. Este periodo se logra reducir a 7 días, sin embargo, MLPSA requería de una recuperación más acelerada⁴⁴. La publicidad que generó este proyecto difundió las capacidades de TECSUP quien recibió nuevos encargos de otras empresas mineras, dándole oportunidad a la institución para seguir experimentando y 'aprender haciendo'. La experiencia adquirida mediante la experimentación repetida se complementó con la habilidad de TECSUP de poder hacer comparaciones entre los resultados obtenidos por los minerales de las distintas empresas --gracias a que se guardaron los registros de todos los experimentos--y, eventualmente, hacer los ajustes necesarios para mejorar los resultados. Al igual que en el caso de MLPSA, TECSUP parece haber entrado en un círculo virtuoso de aprendizaje y también se ha embarcado en un proyecto de investigación con la Universidad Cayetano Heredia para estudiar los usos de la lixiviación bacteriana en la remediación del medio ambiente.

Finalmente, las fuentes de aprendizaje fuera del *cluster* para TECSUP han sido limitadas a la capacitación inicial sobre el proceso que los donantes alemanes brindaron a la institución.

Cuadro 14

Fuentes de aprendizaje en TECSUP

	Fuente de aumento de capacidades para la utilización de conocimiento	Fuentes de aumento de capacidades para el cambio de conocimiento
Fuentes intrafirma	<ul style="list-style-type: none"> • 'Aprender usando' la planta piloto de BIOX • Entrenamiento a alumnos que participaron en el proyecto sobre el uso de la planta 	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación de separatas y materiales para entrenamiento en BIOX • Aprender a diferenciar resultados teóricos de resultados reales que sirvió para saber adaptar el proceso a características particulares de los minerales
Fuentes intracluster	<ul style="list-style-type: none"> • 'Aprender a hacer' mediante la guía de MLPSA quien sugería los parámetros a cambiar • 'Aprender por interacción' sobre las necesidades de recuperación y plazos de MLPSA • Difusión de nuevas capacidades de TECSUP a través de publicaciones mineras y directivos relacionados con la minería generan más oportunidades de experimentación ('aprender haciendo') 	<ul style="list-style-type: none"> • Registro de los resultados de la experimentación que sirvió para comparar los estudios que se hicieron para otras empresas • Convenio con departamento de microbiología de la Universidad Cayetano Heredia para usos de remediación de medio ambiente ('aprender a aprender' y 'aprender por interacción')
Fuentes fuera del cluster	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación inicial en BIOX y uso de planta piloto por donantes 	

⁴² Un representante de TECSUP menciona que el objetivo principal del personal del centro de capacitación era el de aprender a manejar el equipo y aprender sobre el proceso. Las presiones de la empresa por obtener resultados en el menor tiempo posible permitieron que la experimentación se centrara en objetivos claros.

⁴³ En contraposición, una de las principales quejas de las empresas del sector minero con respecto al INGEMMET es la poca interacción que mantiene con las empresas que solicitan sus servicios. Según representantes de MLPSA, ellos quieren tener acceso a los laboratorios y trabajar en conjunto con el personal de investigación. De tal manera, que ambas partes se vean beneficiadas del proceso de aprendizaje.

⁴⁴ Cuando se contrata a Gencor para la optimización del proceso se logra una recuperación del 90% en 3 días, nivel en el que MLPSA se encuentra operando.

alemanes

Fuente: Elaboración propia basada en datos provistos por TECSUP.

5.3.3 FIMA S.A.

De acuerdo al Gerente Técnico a cargo del proyecto Tamboraque, la participación de FIMA en este proyecto resultó en un mayor conocimiento en procesos de bio-lixiviación. No se reportan otras áreas de aprendizaje ya que la empresa había tenido experiencia previa en la construcción total de plantas de procesamiento mineral --como la planta concentradora del grupo Milpo, a mediados de los ochenta.

El **Cuadro 15** presenta las fuentes de aprendizaje de FIMA S.A. Al interior de la empresa, se establece un proceso de ‘aprender haciendo’ sobre el uso de equipos standard en los proyectos de lixiviación bacteriana. A pesar de que una planta de procesamiento de minerales use otra tecnología, muchos de los equipos necesarios son multi-usos --como bombas, agitadores, etc.--, y esta experiencia brindó a FIMA la oportunidad de ‘armar’ una planta BIOX.

Cuadro 15

Fuentes de aprendizaje en FIMA

	Fuente de aumento de capacidades para la utilización de conocimiento	Fuentes de aumento de capacidades para el cambio de conocimiento
Fuentes intrafirma	<ul style="list-style-type: none"> N.D. 	<ul style="list-style-type: none"> ‘Aprender haciendo’ sobre uso de equipos standard en proyectos de BIOX
Fuentes intracluster	<ul style="list-style-type: none"> ‘Aprender por interacción’ con MLPSA sobre BIOX Capacitación sobre equipo usado en BIOX por parte de proveedores 	<ul style="list-style-type: none"> Trabajo conjunto con la empresa de ingeniería y MLPSA en la evaluación de diseño de planta (‘aprender por interacción’)
Fuentes fuera del cluster	<ul style="list-style-type: none"> Seguimiento tecnológico de BIOX a través de publicaciones extranjeras Contactos con proveedores extranjeros 	<ul style="list-style-type: none"> N.D.

Fuente: Elaboración propia basada en datos provistos por FIMA S.A.

El aprendizaje al interior del *cluster* fue básicamente por interacción. A pesar de que FIMA tenía conocimiento del sistema BIOX, la interacción con la empresa minera brinda una serie de datos y parámetros que hay que tomar en cuenta para la construcción de una planta ‘real’ y no ‘teórica’ o piloto. Los proveedores de equipo también se convierten en una fuente de aprendizaje al promocionar sus productos y enseñar el funcionamiento de los mismos. Sin embargo, una fuente de conocimiento más importante aún es la interacción que se da entre la empresa minera y la de ingeniería durante la evaluación del diseño de planta. Nuevamente, en este proceso se tienen que considerar las necesidades reales de la empresa minera.

Finalmente, el aprendizaje derivado de la interacción con agentes fuera del *cluster* se ve limitado al seguimiento tecnológico a través de publicaciones extranjeras y el contacto con proveedores extranjeros.

5.3.4 Procesadora Sudamericana S.A.

Al igual que FIMA, el mayor aprendizaje obtenido por PSSA ha sido sobre el proceso de bio-lixiviación. De acuerdo al **Cuadro 16**, la principal fuente de aprendizaje al interior de PSSA se da

mediante un proceso de ‘prueba y error’ en la refinación de metales. El mineral proveniente de cada mina tiene distintas características que requieren de un tratamiento especial por lo que se tiene que ‘ensayar’ el método de refinación.

El aprendizaje por interacción también es la principal fuente de aumento de capacidades al interior del *cluster*. Para PSSA, el *feedback* que mantiene con las empresas mineras que producen bajo métodos hidrometalúrgicos es sumamente importante ya que así se pueden identificar las partes del proceso que pueden ser responsables de reducir, por ejemplo, algunos contaminantes que reducen la eficiencia de la refinación --o en todo caso, la encarecen. Asimismo, una fuente importante de aprendizaje ha sido las consultas que se realizaron con laboratorios y fundiciones y/o plantas refinadoras de empresas mineras. Si PSSA tenía un problema que no pudiese resolver debido a la falta de equipo o infraestructura se mandaba a uno de sus ingenieros para que hiciese pruebas en aquellas instalaciones.

Finalmente, la relación con agentes fuera del *cluster* se ve limitada al seguimiento tecnológico a través de publicaciones extranjeras y, eventualmente, a consultas hechas a su cliente principal del oro en Londres.

Cuadro 16

Fuentes de aumento de capacidades en PSSA

	Fuente de aumento de capacidades para la utilización de conocimiento	Fuentes de aumento de capacidades para el cambio de conocimiento
Fuentes intrafirma	<ul style="list-style-type: none"> • ‘Prueba y error’ en la refinación de metales 	<ul style="list-style-type: none"> • N.D.
Fuentes intracluster	<ul style="list-style-type: none"> • Feedback con empresas sobre refinación de minerales producidos por hidrometalurgia (‘aprender por interacción’) 	<ul style="list-style-type: none"> • Consulta con laboratorios y fundiciones y/o plantas refinadoras de empresas mineras (‘aprender por interacción’)
Fuentes fuera del cluster	<ul style="list-style-type: none"> • Seguimiento tecnológico de BIOX por publicaciones extranjeras • Consultas con cliente principal en Londres (‘aprender por interacción’) 	<ul style="list-style-type: none"> • N.D.

Fuente: Elaboración propia basada en datos provistos por Procesadora Sudamericana S.A.

6. Aproximación a un *cluster* minero dinámico

6.1 Capacidades y transferencia tecnológica en un *cluster* dinámico

En las secciones anteriores se han identificado las principales capacidades de producción y tecnológicas que cada uno de los agentes del *cluster* Tamboraque poseía y ha adquirido después de participar en este proyecto. El **Cuadro 17** resume estas capacidades así como las estrategias que siguieron para imitar u obtener tecnología de terceros y cómo se protegen de ser copiados por terceros.

Como resultado de este proyecto, MLPSA y TECSUP lograron brindar nuevos servicios aunque de manera esporádica, lo cual puede redundar en la puesta en marcha de proyectos similares en otras minas. MLPSA y TECSUP también se embarcaron en nuevos procesos de búsqueda tecnológica que podrían terminar en un nuevo proceso de cambio tecnológico si es que son exitosos. Aun si no es ése el caso, ambos agentes se beneficiarían igual de un aumento adicional de capacidades tecnológicas. Es importante resaltar, sin embargo, que MLPSA tiene nuevamente una idea bastante clara de lo que busca: recuperar el oro que todavía queda en los concentrados de pirita mediante un proceso de bio-adsorción. Esta claridad de objetivos influye en que la búsqueda sea más focalizada y, quizás por

ello, más eficiente. Los otros dos agentes, FIMA y PSSA, aparentemente han adoptado una actitud pasiva y estarían esperando un nuevo impulso de demanda 'sofisticada' para actualizarse tecnológicamente participar en un proyecto similar.

Cuadro 17

Capacidades y transferencia tecnológica en el cluster Tamboraque

	MLPSA	TECSUP	FIMA	PSSA
Dirección de acumulación tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> Mejora de proceso productivo Servicios tecnológicos relacionados Investigación en nuevos procesos productivos 	<ul style="list-style-type: none"> Servicios tecnológicos relacionados Investigación en nuevos procesos 	<ul style="list-style-type: none"> Mejoramiento de productos y servicios 	<ul style="list-style-type: none"> Mejoramiento de servicio
Canales de imitación y transferencia tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> Compra de equipos Licencia de <i>know how</i> Contratación de personal especializado Réplica ingenieril de proceso 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación y desarrollo Contratación de personal especializado Intercambio profesional con institutos similares 	<ul style="list-style-type: none"> Aprendizaje de usuarios sofisticados Réplica ingenieril <i>Joint ventures</i> contractuales 	<ul style="list-style-type: none"> Aprendizaje de usuarios sofisticados Acceso a laboratorios, fundiciones y plantas refinadoras
Métodos de protección contra la imitación	<ul style="list-style-type: none"> Mínimo, basado en la complejidad del proceso <i>Know how</i> operativo 	<ul style="list-style-type: none"> Nulo, por naturaleza del instituto <i>Know how</i> operativo Interacción con usuarios 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Know how</i> en diseño Patentes Conocimiento de necesidades de usuarios Financiamiento 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Know how</i> operativo Conocimiento de necesidades de usuarios

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a los medios de imitación y de transferencia de tecnología, todos los agentes cuentan con distintas formas de copiar y adquirir nuevas tecnologías. Estas van desde prácticas formales como el pago de licencias y los *joint ventures* contractuales con productores de bienes de capital, hasta prácticas informales como la interacción con clientes. Sólo uno de los agentes, PSSA, aparentemente no invierte mayores esfuerzos en la adquisición de nuevas tecnologías quizás esto se deba a la estrechez del mercado de procesamiento de minerales en el país y a la escasa competencia. Todos los demás, mediante la investigación y desarrollo o la réplica ingenieril tratan de imitar o copiar.

Si las fuentes de imitación y de transferencia de tecnología son abundantes, se puede inferir que las empresas tendrán dificultades de lucrar con el conocimiento acumulado. Es así, que sólo una empresa de este *cluster*, FIMA, se protege mediante el uso de patentes --las cuales registran algunos equipos que se producen bajo su propia marca. Los demás agentes dependen más en tecnologías de proceso, en las cuales las patentes tienen poca efectividad de protección. Por ejemplo, este caso ha relatado cómo MLPSA pudo embarcarse en un proceso de réplica ingenieril y experimentación propia que redundó en obtener los servicios de Gencor --propietario de la tecnología-- por sólo 3% del precio inicialmente solicitado⁴⁵.

⁴⁵ Otro ejemplo de esta limitación es el caso de Minera Pudahuel en Chile. Esta empresa minera desarrolló un proceso de lixiviación bacteriana para la recuperación de cobre de minerales sulfurados. La empresa inscribió una patente pero también le fue difícil hacer respetar el monopolio de usar su proceso. Los beneficios que obtuvo se centraron en la provisión de servicios de laboratorio y experimentación. La demanda por estos servicios estuvo amparada por la influencia de la empresa estatal Codelco por incentivar el desarrollo de proyectos de lixiviación en cobre. Pasado el tiempo, la patente expiró y el conocimiento sobre la lixiviación bacteriana se difundió. Minera Pudahuel, que no fue capaz de seguir incrementando sus capacidades tecnológicas, perdió su posición en el mercado de estos servicios (Beckel, 2000).

De lo anterior, se puede inferir que otras empresas mineras pueden beneficiarse de la experiencia de Tamboraque porque hay abundantes fuentes de información a las que pueden acudir para adquirir los conocimientos necesarios para implementar proyectos similares. Más aún, pueden acudir a los mismos agentes del *cluster* Tamboraque ya que ellos mismos proveen los servicios iniciales para embarcarse en un proyecto similar.

En la experiencia del proyecto Tamboraque resaltan dos hechos, por un lado, la iniciativa privada, que respondiendo a una demanda específica de la empresa minera por solucionar un problema técnico, actúa como impulso central a la realización del proyecto. Es sólo cuando la empresa tiene claras sus opciones de búsqueda tecnológica y sus posibles retornos que se embarca en una serie de esfuerzos --i.e. desde diversos ensayos de laboratorio hasta conseguir una planta piloto para realizar sus experimentaciones. A partir de entonces, el resto de agentes que participan en el proyecto responden a esta iniciativa por los beneficios que podían obtener --i.e. para FIMA, una oportunidad de hacer negocios y para TECSUP, la oportunidad de adquirir una pieza de equipo única en el país.

El énfasis en la iniciativa privada explicaría por qué el proyecto de la Junta del Acuerdo de Cartagena para incentivar la lixiviación bacteriana en el Perú no resultó en una difusión del uso comercial de esta tecnología. Este proyecto nace como una iniciativa multilateral que en todo caso pretendía favorecer al avance científico y en el que los eventuales usuarios eran grandes empresas gubernamentales productoras de cobre --básicamente Cerro Verde en el Perú y COMIBOL en Bolivia. Razón por la cual, empresas como MLPSA se mantuvieron al margen de los avances de este proyecto. Asimismo, el conocimiento de esta tecnología se encontraba en un nivel muy incipiente, reforzando así el carácter científico de este proyecto y su poco énfasis en el desarrollo de plantas piloto demostrativas.

Por otro lado, el proyecto Tamboraque se llega a concretar gracias a la estrecha interacción que se dio entre los agentes. Esto concuerda con la experiencia percibida en *clusters* dinámicos, en la cual la innovación se da principalmente mediante la interacción de varios agentes y rara vez se da como resultado de un esfuerzo individual (Roelandt y Hertog, 1999). La conjunción de las necesidades de la empresa minera (cliente), la infraestructura tecnológica del TECSUP (laboratorio) y el *expertise* de FIMA en la construcción de equipos (proveedor) logró que las capacidades tecnológicas individuales de cada agente se enfocasen a resolver un problema específico y que hubiese una transmisión efectiva de conocimiento que podría aplicarse para resolver problemas similares en otras empresas.

6.2 Lineamientos de política

Los resultados alentadores, descritos en la sección anterior, llevan a formular dos preguntas: la primera, cómo multiplicar este buen ejemplo? y, la segunda, cómo asegurar que las capacidades generadas con la puesta en marcha de este proyecto tengan un efecto positivo en el resto del *cluster* minero?

La primera pregunta lleva a diseñar políticas que estén basadas en un enfoque de demanda y en las cuales se promueva la cooperación entre agentes. En primer lugar, una institución gubernamental o privada debe identificar las necesidades de las empresas mineras, preferentemente de pequeñas y medianas empresas quienes como MLPSA tengan problemas de adquirir servicios de experimentación minero-metalúrgica por sus altos costos. De esta manera, se podrá identificar un conjunto de problemas que se conviertan el centro de atención de la cooperación de los agentes, así como las necesidades de infraestructura tecnológica y *expertise* necesario para solucionarlos.

En segundo lugar, una vez identificados los problemas y, por lo tanto, los posibles beneficiarios, se tendría que incentivarlos para que inicien procesos de colaboración con otros agentes. Esta labor estaría a cargo de facilitadores o *brokers*⁴⁶ que reclutarían a las empresas interesadas y las guiarían en

⁴⁶ La experiencia de otros países ha demostrado que la presencia de facilitadores o *brokers* es crucial en el establecimiento de grupos de colaboración entre empresas. Estos no sólo cumplen la labor de preparación y

el proceso de entrar en contacto con los otros agentes. La experiencia en otros países ha demostrado que facilitadores o *brokers* es fundamental para preparar a las empresas --que muchas veces necesitan reorganizarse-- antes de participar en un proyecto, así como establecer un clima de confianza entre los agentes que facilite la cooperación.

En tercer lugar, se deberán identificar a los otros agentes que participarían en estos proyectos de colaboración. En el caso de los institutos de investigación y/o laboratorios, se deberá evaluar la infraestructura y el capital humano con el que cuentan. Así se podrá asignar roles específicos y promover la especialización entre ellos. Del mismo modo, los facilitadores o *brokers* también tendrán que preparar a estos institutos para que tengan una actitud más abierta a sus clientes (empresas) y puedan enfocar sus esfuerzos a la solución de problemas, al mismo tiempo que adquieran mayor conocimiento científico y tecnológico.

En cuarto lugar, se deberán establecer acuerdos formales de colaboración con sus respectivos objetivos y una serie de criterios que permitan evaluar los avances obtenidos --por ejemplo, en términos de mejoras en los procesos productivos y/o mejoras económicas para las empresas. Los facilitadores o *brokers* deberán acompañar a los agentes durante todo el proceso que dura la cooperación.

La segunda pregunta sobre como asegurar que se extiendan los beneficios resultantes del proyecto Tamboraque al resto de agentes en el *cluster* minero lleva a dirigir esfuerzos para la difusión de resultados. En primer lugar, se aprecia que los depositarios del conocimiento generado en este proyecto son personas concretas. Esto vulnera la capacidad tecnológica de las empresas e instituciones porque una vez que la persona se ausenta, poco es lo que queda en ellas. En el caso de MLPSA son los profesionales que estuvieron a cargo del proyecto y quienes estuvieron vinculados con la puesta en marcha y funcionamiento de la planta quienes aprendieron de esta tecnología. Igual ocurre en los casos de FIMA y TECSUP. Es sólo en esta institución que se hizo un esfuerzo por guardar récords de las experimentaciones y por generar documentos que pudiesen servir para la enseñanza. La difusión entre 'personas' debería ser otro espacio para la intervención pública, de tal manera que, se organicen seminarios no sólo de difusión tecnológica sino que se difundan otros aspectos cruciales de la puesta en marcha del proyecto como, por ejemplo, formas de acuerdos contractuales, búsqueda de financiamiento, etc. Asimismo, un programa de difusión también abre espacios para que otras instituciones que convocan a los profesionales vinculados al quehacer minero, como el Instituto de Ingenieros Mineros y la Sociedad Nacional de Geología, participen del mismo intensificando la meritoria labor que ya cumplen.

En segundo lugar, es importante que las instituciones de formación universitaria y técnica incluyan dentro de sus currícula cursos sobre lixiviación bacteriana. Para ello, alguna institución --gubernamental o privada-- debería compilar todo el material escrito en el país --i.e. tesis, reportes de investigaciones, minutas y reporte del proyecto del Acuerdo de Cartagena, entre otros-- y fuera de él. De esta manera, se podría contar con un valioso material de trabajo para que los cursos tuvieran no sólo un enfoque teórico sino también práctico.

En tercer lugar, el contacto con instituciones extranjeras que realizan investigación en el tema es primordial. Algunos representantes de MLPSA han participado en conferencias internacionales difundiendo los resultados del proyecto Tamboraque --i.e. en España y Australia--, lo cual les ha servido para contactarse con profesionales extranjeros que trabajan en áreas similares y establecer un convenio de investigación. Este ejemplo se debería reproducir para que otros profesionales vinculados a este proyecto tengan también la oportunidad de establecer contactos similares. Del mismo modo, se deberían dar facilidades para que profesionales peruanos participen en intercambios para capacitación, así como invitar a expertos extranjeros para que realicen investigación sabática en instituciones o empresas nacionales.

entrenamiento de los agentes, sino que propician la aparición de un clima de confianza mutua y mejoran la comunicación entre los agentes (Ceglie, Clara, y Dini, 1999).

En cuarto lugar, también se deben difundir los resultados a agentes con intereses ajenos a la recuperación metalúrgica e, incluso que sean externos al *cluster* minero. TECSUP, junto con la Universidad Cayetano Heredia, ha iniciado pasos hacia la investigación de los usos de la bio-lixiviación en la remediación ambiental. Quizás instituciones como la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAM) y Centromín podrían actuar como ‘clientes sofisticados’ para poder dirigir éstos y otros esfuerzos de investigación hacia problemas concretos --por ejemplo, aprovechando la existencia de numerosos pasivos ambientales mineros.

Finalmente, alguna institución gubernamental o privada debería encargarse de hacer un seguimiento de la tecnología de bio-lixiviación e identificar los posibles rumbos de desarrollo que podría tomar. De esta manera, se podría incentivar a universidades y otras instituciones a realizar investigaciones en temas relacionados.

Las medidas de política propuestas tienen como objetivo replicar el ejemplo de Tamboraque y difundir el conocimiento generado en el proyecto. Sin embargo, como se mencionó al inicio, este proyecto se llevó a cabo principalmente debido a la iniciativa privada. En ese sentido, las medidas anteriores tienen que ir acompañadas de otras que propicien un ambiente favorable a la inversión privada como la creación de condiciones macroeconómicas favorables, el establecimiento de políticas que promuevan la competencia y reformas estructurales que faciliten el funcionamiento de los mercados.

7. Conclusiones

La proliferación de estudios sobre *clusters* industriales en países desarrollados y en aquellos en desarrollo puso de manifiesto la existencia de *clusters* incipientes o de subsistencia en estos últimos países, que parecieran estar condenados a tener limitados niveles de competitividad en los mercados internacionales y a brindar escasos estímulos para que se desarrollen otras actividades relacionadas.

Esquemas conceptuales como el de Porter, si bien son sumamente útiles para analizar las condiciones que favorecen la presencia de *clusters* dinámicos, poco pueden decir sobre cómo crearlas para que *clusters* incipientes se consoliden y empiecen a basar su competitividad en el mejoramiento de los productos y/o servicios que ofertan. Al fin de cuentas, se tratan de esquemas conceptuales que dan por sentado que las empresas suelen invertir recursos para innovar, cosa que ocurre raramente en países en desarrollo.

Aunque poco es lo que se ha escrito sobre qué incentiva a una empresa a invertir en innovaciones, se tiene muy en claro que la diferencia en países desarrollados y los que no lo son radican en la inversión que realizan los primeros en adquirir y acumular capacidades tecnológicas. Estas capacidades son los recursos necesarios para adaptar, cambiar y crear tecnologías que se crean inicialmente a través de la experiencia de producción, la imitación y otras actividades que en su conjunto se definen como investigación y desarrollo. La adquisición de capacidades tecnológicas se da mediante un proceso de aprendizaje en el cual se tiene como objetivo principal saber ‘cómo y por qué funcionan las cosas’. Estas capacidades difieren de las capacidades de producción las cuales se centran exclusivamente en hacer funcionar eficientemente un equipo o una planta industrial.

De ahí que en el contexto de países en desarrollo, al utilizar el enfoque de *clusters* sea importante identificar los mecanismos mediante los cuales aprenden las empresas así como los espacios de interacción entre los agentes para que el aprendizaje se difunda entre ellos. Es decir, que en vez de prestar atención sólo a los sistemas de producción --o las cadenas de valor agregado--, también se debe prestar atención a los sistemas de conocimiento y organizacionales presentes en los *clusters*.

Otro factor también debe tenerse en cuenta al estudiar *clusters* industriales es la característica tecnológica de la industria que define la cadena de valor agregado, ya que ésta afecta las posibilidades

de innovación dentro del *cluster* y define el rol que cumple cada uno de los agentes que lo conforman. En el caso específico de la minería, esta industria depende de las economías de escala y de crecientes niveles de mecanización ya que de esta manera puede explotar yacimientos con menores contenidos de mineral. En el caso de empresas mineras pequeñas y medianas, también se trata de aumentar la capacidad de producción aunque se combina con la explotación de yacimientos polimetálicos que permite la diversificación de la producción y una eventual protección contra las fluctuaciones cíclicas de precios. Estas características tecnológicas del proceso minero influyen directamente las estrategias de las empresas que están centradas en acumular capacidades tecnológicas que les permitan dominar cada etapa del proceso productivo para mejorar sus operaciones. Así, las empresas mineras pueden reducir sus costos y competir en un mercado donde los precios están definidos por los mercados internacionales.

El proyecto Tamboraque es un ejemplo de cómo una empresa pequeña --con una capacidad de tratamiento de 200 TM diarias-- ha hecho esfuerzos por acumular capacidades tecnológicas que le ha permitido adoptar una estrategia de expansión --aumentando su capacidad a 600 TM diarias-- y de diversificación de su producción --iniciando la recuperación de oro a través de la utilización de una tecnología nueva para el mercado peruano --i.e. lixiviación bacteriana. Este proyecto también es ejemplo de cómo la innovación tecnológica requiere de la participación activa de varios agentes y cómo esta colaboración redundará en la generación y acumulación de capacidades tecnológicas para cada una de las partes involucradas.

Este proyecto consistió en la ampliación de la planta concentradora de 200 a 600TM diarias y de la adición de un circuito de tratamiento para arsenopiritas con contenidos de oro --material que antes se desechaba--, de un circuito de lixiviación bacteriana y de cianuración para la recuperación del oro, así como de sistemas de neutralización para eliminar los componentes tóxicos resultantes de estos procesos. Los agentes que participaron en este proyecto fueron la Minera Lizandro Proaño S.A. (MLPSA); el Instituto Tecnológico Superior (TECSUP), donde se realizó la experimentación metalúrgica; la empresa metal mecánica FIMA S.A., quien construyó el 80% de la planta; y la empresa procesadora de minerales Procesadora Sudamericana S.A. (PSSA), quien se encarga de recibir el producto de la planta --i.e. carbón activado-- y devolver a la minera oro y plata refinados que son exportados.

La aplicación del ‘diamante’ de Porter al caso de Tamboraque ilustró que se contaban con las condiciones necesarias para que se llevase a cabo el proyecto, a pesar de que la lixiviación bacteriana es una tecnología nunca antes aplicada en el país. Primero, se contó con los recursos físicos, humanos y tecnológicos necesarios para el desarrollo de este proyecto. Segundo, la minera Lizandro Proaño demandó un servicio relativamente sofisticado para el mercado peruano que incentivó el desarrollo del mismo a través del TECSUP. Tercero, la existencia de industrias conexas a la minería, básicamente la metal mecánica y el procesamiento y fundición de metales, hicieron posible que una vez hecho el diseño de la nueva planta ésta se pudiese construir y que se pudiese recuperar el oro del producto final de la planta (carbón activado). Cuarto, el régimen competitivo del sector minero que expone a las empresas a los mercados internacionales influyó para que esta empresa mediana adoptara las estrategias de reducción de costos y ampliación de producción, las cuales se cristalizaron en la puesta en marcha de este proyecto. Finalmente, el marco legal del sector minero que promueve la inversión privada y extranjera en minería así como la apertura del mercado de capital favoreció la canalización de recursos para la financiación parcial de este proyecto.

Este estudio identifica que los dos agentes que tuvieron una participación muy estrecha en este proyecto, MLPSA y TECSUP, adquirieron y/o incrementaron sus capacidades productivas y tecnológicas que no sólo resultaron en operaciones más eficientes sino que, en algunos casos, significaron la entrada en nuevos mercados y la producción de nuevos productos y servicios. Es así, que aparte de ampliar su planta concentradora, MLPSA fue capaz de producir un producto con mayor valor, optimizar otros sistemas dentro de su operación, mejorar su comportamiento ambiental. Así como, embarcarse en un nuevo proyecto de expansión y en un nuevo proceso de búsqueda tecnológica basada en el conocimiento que adquirió al realizar este proyecto. Por su parte, TECSUP aprendió a

realizar experimentaciones metalúrgicas que le han significado la entrada a este mercado y le han dado las bases necesarias para ofertar una nueva carrera técnica: la de Técnico en Operaciones Químico Metalúrgicas. Por otro lado, FIMA y PSSA, cuya participación en el proyecto se da luego de haberse hecho toda la investigación y experimentación inicial, reportan haber aprendido sobre el proceso de lixiviación bacteriana y están a la espera de que se generen nuevos proyectos mineros utilizando esta nueva técnica de lixiviación bacteriana para actuar como proveedores.

Las características de la acumulación tecnológica, los procesos de imitación y transferencia tecnológica de las empresas participantes en este proyecto sugieren que éste se puede replicar o emular relativamente fácil y que se cuentan con los recursos necesarios para ello. Más aún, algunos de los mismos agentes están dispuestos a prestar sus servicios como resultado de las capacidades tecnológicas que han adquirido. De esta manera, se podrá lograr un impacto positivo en el desenvolvimiento de la pequeña y mediana minería en el Perú. Sin embargo, antes de embarcarse en el diseño de políticas de difusión y asesoría tecnológica es necesario tener en cuenta que este proyecto nació de la iniciativa privada de MLPSA y que la cooperación entre todos los agentes que participaron en el proyecto fue decisiva para culminarlo con éxito. Es así, que cualquier política o programa que pretenda replicar proyectos similares debe estar asentado en un enfoque de demanda y convocar la participación de distintos actores. Para lo cual, se tendrá que identificar las necesidades reales de experimentación minero-metalúrgica que tengan las empresas pequeñas y medianas, así como los posibles beneficiarios. Asimismo, también se identificarán a los institutos de investigación y/o laboratorios con los cuales se trabajará y evaluar la infraestructura y el capital humano con el que cuentan. Políticas o programas que requieran la cooperación entre sus participantes requerirán de facilitadores o *brokers* para crear un clima de confianza entre los participantes. Estos facilitadores o *brokers* también deberán ayudar a definir los objetivos específicos de cada acuerdo de cooperación y criterios para la evaluación de los mismos.

En cuanto a la difusión de los resultados y diseminación del conocimiento generado en este proyecto, es necesario aceptar que los depositarios de este conocimiento son personas concretas y no las empresas o las instituciones. Por lo tanto, se deberían hacer esfuerzos para que se dé una difusión entre personas a través de seminarios, conferencias y/o foros. Por lo tanto, la participación de instituciones que congregan profesionales mineros es importante. Otro medio importante de difusión es la inclusión de cursos sobre lixiviación bacteriana en la currícula de las instituciones de formación universitaria y técnica. El contacto con instituciones extranjeras que realizan investigaciones sobre el tema también es importante porque así se pueden generar nuevas relaciones de cooperación. La difusión hacia agentes fuera del *cluster* minero también es importante ya que ellos se pueden constituir en 'clientes sofisticados' y estimular la investigación para usos concretos en áreas diferentes a la recuperación metalúrgica. Finalmente, alguna institución gubernamental o privada debería hacer un seguimiento de la tecnología de bio-lixiviación para identificar sus posibles rumbos de desarrollo y estimular a las instituciones de investigación a estudiar temas relacionados.

Finalmente, cualquier paquete de políticas debe ir acompañado de medidas que propicien un ambiente favorable a la inversión privada, a la competencia empresarial y al buen funcionamiento de los mercados.

8. Referencias

- Ala-Härkönen, Martti (1997). "Diversification Paths and Performance in the Global Metals Industry". PhD, Economics, Helsinki School of Economics and Business Administration, Helsinki.
- Albu, Michael (1997). "Technological Learning and Innovation in Industrial Clusters in the South". Brighton: Science Policy Research Unit.
- Beckel, Jorge (2000). "El proceso hidrometalúrgico de lixiviación en pilas y el desarrollo de la minería cuprífera en Chile". Santiago: CEPAL.
- Becker, David G. (1983). *The New Bourgeoisie and the Limits of Dependency: Mining, Class and Power in "Revolutionary" Peru*. Princeton: Princeton University Press.
- Bell, Martin, y Michael Albu (1999). "Knowledge systems and technological dynamism in industrial clusters in developing countries". *World Development* 27 (9):1715-1734.
- Bell, Martin, y Keith Pavitt (1993). "Technological accumulation and industrial growth: contrasts between developed and developing countries". *Industrial and Corporate Change* 2 (2):157-210.
- Boekholt, Patries, y Ben Thuriaux (1999). "Public policies to facilitate clusters: background, rationale and policy practices in international perspective". En *Boosting Innovation: The Cluster Approach*, editado por Organisation for Economic Cooperation and Development. Paris: OECD.
- Ceglie, Giovanna, Michele Clara, y Marco Dini (1999). "Cluster and network development projects in developing countries: lessons learned through the UNIDO experience". En *Boosting Innovation: The Cluster Approach*, editado por Organisation for Economic Cooperation and Development. Paris: OECD.
- Dunning, John (1992). "The competitive advantages of countries and the activities of transnational corporations". *Transnational Corporations* 1 (1).
- Ernst, Dieter, Lynn Mytelka, y Tom Ganiatsos (1998). "Technological capabilities in the context of export-led growth: a conceptual framework". En *Technological Capabilities and Export Success in Asia*, editado por D. Ernst, T. Ganiatsos y L. Mytelka. London and New York: Routledge.
- Hidalgo, Luis (1999). "Denuncian que se estaría marginando a empresarios peruanos en Antamina". *Gestión*, 11 de Mayo, 16-17.
- Kuramoto, Juana (1999). "Las Aglomeraciones Productivas Alrededor de la Minería: El Caso de la Minera Yanacocha S.A.". Lima: GRADE.
- Lundvall, Bengt-Ake (1988). "Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national system of innovation". En *Technical Change and Economic Theory*, editado por G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg y L. Soete. London: Pinter Publishers Ltd.
- Minas y Petróleo (1999a). "Promoción de inversión debe ser mucho más agresiva". *Minas y Petróleo*, 4 de Mayo, 12-16.
- Minas y Petróleo (1999b). "Proyección de inversiones muestra futuros incrementos en producción". *Minas y Petróleo*, 15 de Abril, 13-16.

- Minas y Petróleo (1999c). "Tamboraque: el oro estrena bacterias e inicia biolixiviación en el país". *Minas y Petróleo*, 25 de Marzo, 8-9, 10, 15.
- Narula, Rajneesh (1993). "Technology, international business and Porter's "diamond": synthesizing a dynamic development model". *Management International Review* 33 (Special Issue 1993/2):85-107.
- Pavitt, Keith (1984). "Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory". *Research Policy* 13:343-373.
- Pogue, Thomas (1998). "An Overview of Producer Services in the Mining Industry in South Africa". Johannesburg: DPRU / CMI.
- Porter, Michael E. (1990). *The Competitive Advantage of Nations*. New York: The Free Press.
- Porter, Michael E. (1998). "Clusters and the new economics of competition". *Harvard Business Review* (November-December):77-90.
- Roelandt, Theo J. A., y Pim den Hertog (1999). "Cluster analysis and cluster-based policy making in OECD countries: an introduction to the theme". En *Boosting Innovation: The Cluster Approach*, editado por Organisation for Economic Cooperation and Development. Paris: OECD.
- Romijn, Henny (1996). "Acquisition of Technological Capability in Small Firms in Developing Countries". PhD. Thesis, Economics, Katholieke Universiteit Brabant, Brabant.
- Schmitz, Hubert (1997). "Collective efficiency and increasing returns". Brighton: Institute of Development Studies.
- Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (2000). "Memoria 1999". Lima: Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía.
- Teubal, Morris, Dominique Foray, Moshe Justman, y Ehud Zuscovitch (1996). "An introduction to technological infrastructure and technological infrastructure policy". En *Technological Infrastructure Policy*, editado por M. Teubal, D. Foray, M. Justman y E. Zuscovitch. Dordrecht, Boston and London: Kluwer Academic Publishers.
- Thorp, Rosemary, y Geoffrey Bertram (1978). *Peru 1890-1977: Growth and Policy in an Open Economy*. New York: Columbia University Press.

Anexo 1**LISTA DE PERSONAS ENTREVISTADAS****1. Minera Lizandro Proaño S.A.**

Ing. Ronald Brink - Gerente General

Ing. César Loayza - Superintendente de Planta

Martha Ly - Bióloga

2. TECSUP

Ing. Adolfo Marchese - Jefe del Departamento de Química y Metalurgia

3. FIMA S.A.

Ing. Eduardo Carrero Linares - Gerente Técnico

4. Procesadora Sudamericana S.A.

Ing. Salvador Gutiérrez Benavides - Gerente General

Anexo 2

CUESTIONARIO UTILIZADO PARA LAS ENTREVISTAS

ENTREVISTA A:

FECHA:

Antecedentes

1. Factores que contribuyeron a la cooperación entre agentes

- a. ¿Cree Ud. que ha habido una adecuación tecnológica entre las capacidades de los agentes con los que se trabajó y los requerimientos de Lizandro Proaño?
- b. ¿Qué actividades de las que suele realizar Lizandro Proaño han servido para desarrollar las capacidades necesarias para desarrollar este proyecto?

2. Aprendizaje obtenido

- a. Señale cuál de las siguientes capacidades ha desarrollado su empresa y en qué medida luego de esta experiencia de colaboración:
Capacidades de producción (gerencia e ingeniería, mantenimiento y reparación)
Capacidades de inversión (generación y gerencia de proyectos de inversión)
Capacidad de modificar procesos y productos
Capacidad de establecer nuevos mercados
Capacidad de crear nuevos procesos y productos
Capacidad de establecer links con otros agentes para facilitar la transferencia/absorción de nuevas tecnologías
- b. ¿Qué tipo de aprendizaje cree que ha sido el más relevante con respecto a esta experiencia? Y cómo se ha efectuado?
Aprender haciendo
Aprender usando
Aprender por interacción
Aprender a aprender
- c. ¿De qué tipo de mecanismos se ha valido su empresa para transmitir este aprendizaje dentro de la misma?
- d. ¿Realiza algún tipo de evaluación después de este tipo de experiencias?

3. El proyecto en sí

- a. ¿Cuántas horas hombre su institución dedicó a este proyecto?
- b. ¿Puede hacer una división entre actividades las que demandaron estas horas hombre?
- c. ¿Cuánto personal (y su categoría) de su institución participó en este proyecto?
- d. ¿Considera que su trabajo estuvo estrechamente ligado con el de los otros agentes que intervinieron en el mismo? O considera que las relaciones debieron ser más estrechas?
- e. ¿Parte de su personal estuvo trabajando en alguno de los locales de los otros agentes? ¿Con qué frecuencia?
- f. ¿Su personal mantenía reuniones periódicas con personal de los otras instituciones involucradas?
- g. ¿Solicitó su institución ayuda o asesoría a agentes externos? ¿Con qué frecuencia?

4. Aprovechamiento de beneficios

- a. ¿En qué tipo de actividades ha hecho uso de lo aprendido en esta experiencia?
- b. ¿Ha establecido relaciones similares con otros agentes?
- c. ¿Cree que esta experiencia ha mejorado su imagen frente al resto de empresas del sector minero? ¿En qué aspectos?
- d. ¿Tiene su institución un proyecto en concreto o en preparación para utilizar esta experiencia en la misma empresa? ¿En otra empresa del grupo?