

## **IMPACTO AMBIENTAL DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA MINERÍA EN CHILE<sup>\*</sup>**

José Miguel Sánchez C.<sup>\*\*</sup>

Sara María Enríquez B.

**Departamento de Economía de la Universidad de Chile**

*Documento preparado para la División de Industria y Minería del Banco Mundial en el marco del Proyecto “Environmental Study of Artisanal, Small and Medium Mining in Bolivia, Chile and Perú”, patrocinado por el Banco Mundial e International Development and Research (Canadá).*

Diciembre de 1996

---

\* Los autores agradecen a Jaime Solari y Roberto Ibáñez (Sociedad de Gestión Ambiental Ltda.) por su colaboración con los criterios técnicos en la elaboración de este trabajo. Agradecemos también los comentarios a una versión preliminar de este trabajo realizados por los participantes en el Seminario “Estudio Medio Ambiental de la Minería Mediana, Pequeña y Artesanal a Bolivia, Perú y Chile” efectuado en La Paz, Bolivia en septiembre de 1996 y por Richard Nötstaller.

\*\* Dirigir toda la correspondencia a Jose Miguel Sánchez, Departamento de Economía, Universidad de Chile. Dirección: Diagonal Paraguay 257, Oficina 1502. Santiago-Chile. E-mail: jsanchez@decon.facea.uchile.cl

## **INDICE**

### **I. METODOLOGIA DE ANALISIS**

- 1. ANTECEDENTES**
- 2. CONSIDERACIONES AMBIENTALES**
- 3. METODOLOGIA**

### **II. IDENTIFICACION DE LAS FUENTES**

- 1. MARCO INSTITUCIONAL**
- 2. ESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA**

- i. Clasificación de la Minería Chilena**
- ii. MEDIANA MINERIA: Caracterización, escala, cuantificación y ubicación**
- iii. PEQUEÑA MINERIA: Caracterización, escala, cuantificación y ubicación**
- iv. El Sector Minero como parte de la Estructura de ENAMI**

### **III. LEGISLACION VIGENTE Y EN PROYECTO**

### **IV. PROCESOS PRODUCTIVOS**

- 1. Mediana Minería**
- 2. Pequeña Minería**

### **V. IDENTIFICACION DE IMPACTO AMBIENTAL**

- 1. Mediana Minería**
- 2. Pequeña Minería**

### **VI. CONCLUSIONES Y ESTRATEGIA**

## I. METODOLOGIA DE ANALISIS

### 1. ANTECEDENTES.

El sector minero chileno se compone fundamentalmente de productores de cobre, oro y plata, que han contribuido al desarrollo de las regiones mineras ubicadas principalmente en el Norte.<sup>1</sup> Aunque se trata de una actividad históricamente importante en la economía del país, en la última década se ha constituido en uno de los sectores más dinámicos de la economía. Entre 1.974 y 1.995, el sector minero ha recibido inversiones externas por más de 8.700 millones de dólares y en 1995 aportó el 49% del total de las exportaciones chilenas (SONAMI, 1996).

Las actividades mineras pueden encontrarse a lo largo de todo el país. En el Norte chileno se ubica la mayor parte de las reservas de cobre y oro. La minería de gran escala está concentrada en la Segunda Región, donde están minas como Chuquicamata y La Escondida. Las áreas centrales del país también poseen abundante cobre y algo de oro. En el Sur, se encuentran los depósitos de combustibles fósiles, junto con algunos depósitos de oro.

La actividad más importante es la minería del cobre, que además genera buena parte de la producción de oro y plata, como subproductos. En 1995 se produjeron 2,49 millones de toneladas métricas de fino de cobre, 43.600 kilos de fino de oro y 1.042.000 kilos de fino de plata. Asimismo, la producción de estos metales creció respecto del año anterior en 11.7%, 11.8% y 6%, respectivamente (Ministerio de Minería, 1996). La explotación directa de plata es relativamente escasa, el 80% de la producción se obtiene como subproducto de otros metales.

Hasta principios de los años 70 la actividad minera estuvo concentrada en el sector privado. A partir de entonces y como resultado de los procesos de nacionalización de las empresas del cobre, el Estado cobró un rol directo en la producción y comercialización del cobre chileno. Dos empresas estatales fueron desde entonces el eje del sector minero chileno, la Corporación del Cobre CODELCO y la Empresa Nacional de Minería ENAMI. Juntas llegaron a concentrar hasta el 85% de la producción total de cobre, la mayoría de las exportaciones y el 90% de la renta minera cuprífera (Lagos, 1993).

En los últimos años y como resultado de un intenso proceso de inversión extranjera, la actividad privada ha venido incrementándose, en especial a partir de 1991 en que se inaugura la mina de cobre Escondida y del descubrimiento del yacimiento de oro El Indio. Por primera vez, en 1995, la minería privada superó los índices de producción de la minería estatal, alcanzando el 53.7% de la producción de cobre, el 93.6% del oro y el 71.4% de la plata, alcanzando el 28% del total de las exportaciones del país y su producción

---

<sup>1</sup> Se excluye de este trabajo el análisis de las faenas carboníferas y no metálicas.

registra tasas de crecimiento del orden del 22%, 12.7% y 5.7%, respectivamente. Se estima además, que seguirá incrementándose en la medida que se pongan en operación varios nuevos proyectos mineros privados, que al momento se encuentran en distintas fases de avance. Para 1996 se proyecta un crecimiento de 37.5% en la producción total de cobre, 17.9% en el oro y 7.5% en la plata (Ministerio de Minería, 1996). Adicionalmente, se prevé que para el nuevo siglo, la diversificación en el sector llevará a que ninguna empresa minera, salvo CODELCO, supere el 15% de la producción nacional de cobre. (Lagos, 1993)

En la explotación primaria participan minas de todo tamaño. En la concentración del mineral de cobre y oro operan una amplia gama de plantas, desde pequeños trapiches artesanales y plantas pequeñas y medianas, hasta modernos complejos mina-planta. En la fase final, es el Estado quien tiene la mayor capacidad productiva, aunque también el sector privado cuenta con infraestructura a gran escala que hoy incorpora el proceso de fundición. Solo la Minería Privada a gran escala cuenta con capacidad de fundición además de CODELCO y ENAMI. En 1995 el 71% de los concentrados y precipitados chilenos se procesaron en fundiciones locales, CODELCO da cuenta del 52% del total, mientras que ENAMI alcanza un 11% y el restante porcentaje se destina a las dos fundiciones locales privadas Disputada y Refimet (Mundo ENAMI, junio 1995).

En general, el sector minero tanto estatal como privado es un importante generador de empleo y se estima que por cada trabajador de un nuevo proyecto se generan entre uno y cuatro puestos de trabajo indirectos (CEPAL, 1994). CODELCO, tras la aplicación de sus políticas de reducción de personal y externalización, registró 19.261 empleados para fines de 1995. Por su parte, la estructura productiva y administrativa de ENAMI da cabida a alrededor de 2.400 personas (Ministerio de Minería, 1996).

El 70% del empleo directo que genera la inversión extranjera en Chile se canaliza a la minería privada. Se estima que en la actualidad, alrededor de un millón de personas viven de la actividad minera en Chile y que el sector paga 850 millones de dólares al año, por concepto de remuneraciones. Además la pequeña minería es una actividad tradicional generadora de empleo en la población de bajos recursos del Norte Minero Chileno.

De acuerdo a una encuesta recientemente realizada a las mineras privadas, la minería privada ha generado 220.000 empleos, directos e indirectos, en los últimos diez años. En particular en los últimos cinco años, se estima que la construcción y el montaje de nuevos proyectos ha significado 20.000 empleos indirectos en promedio para el período y estas faenas, una vez en operación, crean un número importante de empleos indirectos permanentes, dada la gran cantidad de servicios que subcontratan. Por otra parte, el 95% de los puestos de trabajo en la minería están ocupados por hombres y el 27% del total lo desempeñan personas menores de 30 años (SONAMI, 1996).



## 2. ASPECTOS AMBIENTALES.

El auge minero ha tenido y tiene su contraparte en efectos ambientales externos. Desde la exploración hasta la clausura y el cierre, y en especial en el proceso de fundición, el medioambiente está expuesto a impactos negativos más o menos significativos, asociados a la escala y la tecnología de producción. Considerando que muchos de los efectos potenciales se mitigan dadas las características de las tierras desérticas donde se ubica la mayor parte de la minería chilena, se asocian con la minería los siguientes problemas ambientales: (Sánchez y Huepe 1995)

- 1) Contaminación atmosférica generada por la emisión de gases sulfurosos y partículas de las fundiciones y de plantas térmicas generadoras de energía empleadas en los procesos mineros.
- 2) Contaminación de agua por la emisión de efluentes líquidos con contenido de metales disueltos, reactivos y ácidos.
- 3) El riesgo ambiental generado por las condiciones de los tranques de relaves activos y abandonados.
- 4) La falta de cuantificación y administración del daño ambiental causado por la pequeña minería.

Cabe mencionar que en Chile, el sector minero y en particular a gran escala, es el más avanzado en términos de sistemas de monitoreo y en particular, en lo que respecta a contaminación de aire. Actualmente y debido a los requerimientos legales, todas las fundiciones tienen redes de monitoreo que miden la calidad del aire en relación con material particulado respirable, anhídrido sulfuroso y arsénico. Estas redes pertenecen y son controladas por las compañías, pero tienen que cumplir con los requerimientos de los servicios de fiscalización.

Parte importante del daño ambiental ocasionado por la Minería en Chile se ha generado a partir de las estructuras productivas del Estado, que al momento también ha iniciado directamente la incorporación de la gestión ambiental. De acuerdo con la nueva legislación las fundiciones en zonas saturadas deben preparar planes de descontaminación, que establecen máximos niveles de emisión (de material particulado y arsénico) por año con el propósito de cumplir, en un período de tiempo razonable con los estándares de calidad del aire. Están aprobados y en operación los Planes de Descontaminación para la Fundiciones Ventanas<sup>2</sup> y Paipote de ENAMI y para la Fundición de Chuquicamata de CODELCO. En proceso de elaboración y aprobación se encuentran los Planes de Descontaminación para la Fundiciones Caletones (División El Teniente) y Potrerillos (División El Salvador) de CODELCO. Otras fundiciones ubicadas en zonas “latentes” han debido realizar importantes inversiones para mejorar su desempeño ambiental, como la Fundición Chagres de La Disputada de las Condes (COCHILCO<sup>3</sup>, 1996).

El tema de la Pequeña y Mediana Minería resulta particularmente importante si se considera que en materia ambiental el control se ha concentrado en las actividades vinculadas a la fundición. Los procesos de beneficio

---

<sup>2</sup> Plan conjunto con una generadora termoeléctrica.

de mediana minería en cierta medida han quedado fuera del esquema de control, aunque se trata de un grupo que presenta un importante crecimiento y dinamismo en los últimos años.

Adicionalmente, solo recientemente se ha hecho algún esfuerzo por establecer el impacto ambiental de la minería de pequeña escala en materia ambiental. El sector no tiene manejo ambiental alguno y cuenta con una muy limitada capacidad financiera para llevar a cabo inversiones que mejoren sus prácticas. En este segmento y sobretodo en las faenas más artesanales, es de particular importancia el riesgo ambiental vinculado al manejo del mercurio en el proceso de amalgamación de oro.

Por otra parte, las actividades mineras usan considerable cantidad de agua, que en ciertos casos son depositadas en cursos naturales, contaminando aguas y suelos. El monitoreo de la contaminación de agua se ha convertido en un tema de relevancia en el sector minero dada la escasez del recurso en las regiones mineras del Norte y de la competencia con otras necesidades alternativas tales como el consumo humano o las actividades agrícolas. La eficiencia en el uso del agua, es un tema que se presenta particularmente importante en la I y II Región.

Chile ha tenido experiencia con disposición final no adecuada y poco cuidadosa de efluentes líquidos, que en la actualidad está siendo corregida. En general en la Gran Minería, salvo casos aislados las aguas residuales, tanto en minería privada como estatal, han sido bien manejadas. Cabe mencionar el caso de Chuquicamata, Escondida y La Disputada de Las Condes.

Además, se presume que en Chile muchas plantas pequeñas y en algunos caso hasta medianas, vierten sus efluentes en ríos cercanos o directamente al mar. Sin embargo, los pocos estudios realizados han determinado que en general los efectos de los vertimientos son nulos o inofensivos y por lo tanto éste no ha sido un tema prioritario y no ha producido alarma pública. En general, las condiciones de los suelos, las aguas, el escaso nivel de lluvias y el típico paisaje de la zona del desierto, sumados a las características de los procesos de beneficio, determinan una percepción generalizada de un bajo nivel de impacto ambiental derivado de estas actividades. Sin embargo, no se puede justificar estas prácticas y por lo tanto la planificación, construcción y monitoreo de los tranques de relaves, constituye uno de los puntos importantes a analizar para estos segmentos.

En Chile no existen grupos indígenas asociados a la actividad minera. Se han registrado conflictos con las comunidades únicamente en lo que respecta a la Gran Minería y vinculado a la actividad en fundiciones y la disposición de relaves. Se pueden mencionar los siguientes casos legales presentados a las autoridades: (Lagos, 1994)

- Los obreros de la mina de Chuquicamata contra la compañía por la emisión de gases desde las fundiciones.
- Propietarios de predios agrícolas en los valles de Puchuncaví y Catemu contra las fundiciones Ventanas y Chagres.

- Los ciudadanos de Chañaral contra CODELCO en razón de los relaves de la planta de la División Salvador.
- La comunidad de Copiapó y Tierra Amarilla en contra de la fundición de Paipote.
- Los ciudadanos de El Arrayán contra la Compañía Minera La Disputada por el colapso esperado de un tranque.
- Los productores de aceitunas de la Comuna de Huasco contra la Compañía Minera del Pacífico, por la reducción en la producción de los olivos causada por la emisión de partículas.

### **3. METODOLOGIA.**

En este contexto, el propósito del presente documento es analizar los efectos ambientales que producen en Chile las actividades mineras y metalúrgicas, a escala artesanal, pequeña y mediana. En Chile la Gran Minería ha sido muy dinámica en incorporar consideraciones ambientales en sus procesos. Por su parte, la Mediana Minería también debería presentar condiciones adecuadas con respecto a la regulación pertinente.

Sin embargo, el grado de atomización y las condiciones socioeconómicas de los pequeños mineros, hacen prever que las consideraciones ambientales estén ausentes o jueguen un rol muy secundario. En este sector y más aún en el segmento artesanal, resulta particularmente complicado el manejo ambiental, dada la importancia social que reviste este grupo que tradicionalmente se ha considerado importante en la economía chilena. Más aún, la posibilidad de incorporar incentivos económicos que funcionen de forma adecuada se presenta como una meta complicada y el trabajo debe iniciarse en la etapa previa de un diagnóstico sectorial que incorpore la dimensión ambiental.

En el análisis se debe considerar que estos segmentos, mayoritariamente privados, están inmersos en la estructura del Estado Chileno, a través de su relación con la Empresa Nacional de Minería. Dada la relación de la Pequeña Minería con ENAMI y considerando el esquema de subsidios con que operan, hay varios aspectos a ser tomados en cuenta, Primero se deben definir las externalidades que queremos subsidiar y quienes son los beneficiarios finales de éste esquema en una actividad que tiene su contraparte en efectos sobre el medio ambiente. También cabe preguntarse si es posible modificar el actual esquema de subsidios de ENAMI para solucionar de mejor forma los problemas de externalidades tanto negativas como positivas, por ejemplo vinculando el esquema de subsidios a aumentos en productividad o mejoras ambientales.

El presente estudio está orientado a identificar y caracterizar los problemas ambientales que la actividad y a proponer una estrategia tecnológica, económica e institucionalmente viable para los segmentos de interés. La identificación del daño ambiental asociado y las faenas que lo generan o son susceptibles de generarlo parte por determinar en qué medida existen efectos externos relevantes, cuál su origen y cuáles sus receptores. Idealmente, los impactos deberían ser identificados a lo largo de la duración de todo el ciclo

de producción y en todo el rango geográfico que es posible afectar. Para cada caso los impactos serán identificados a través de una combinación de opiniones de expertos y revisión de literatura.<sup>3</sup>

El diseño de una estrategia de solución para problemas de contaminación, requiere actuar a nivel de las fuentes controlando, de alguna forma, sus emisiones. El volumen de emisiones vertidas a un medio físico (aire, agua, suelo, etc.) que dadas sus características propias, tiene una cierta capacidad de asimilación o autodepuración, determinan la calidad ambiental.

En consecuencia, se requiera en primer lugar identificar muy claramente las fuentes emisoras en términos de su ubicación, escala de producción, el marco institucional en que se desarrollan y en particular la tecnología con que operan. Todo ello sumado al análisis de la legislación ambiental al respecto, para alcanzar entender las motivaciones e incentivos detrás de las conductas de las fuentes. Se requiere además caracterizar el medio físico afectado por las emisiones y los receptores las mismas.

Por último, se requiere determinar los impactos físicos actuales y potenciales sobre el medio y que se traducen en una cierta calidad ambiental. Esta metodología de análisis se denomina Trayectoria de Impacto y ha sido utilizada extensamente en el último tiempo para la identificación de impactos ambientales.<sup>4</sup> El análisis de esta trayectoria resulta muy útil para explicitar los requerimientos de información tanto técnica como estadística para el diseño de la política o estrategia. Permite además un mejor entendimiento de las características del medio y de las restricciones que enfrentan las fuentes emisoras, lo que es fundamental para poder predecir el cambio en el comportamiento de los agentes que provocarían distintas políticas regulatorias.

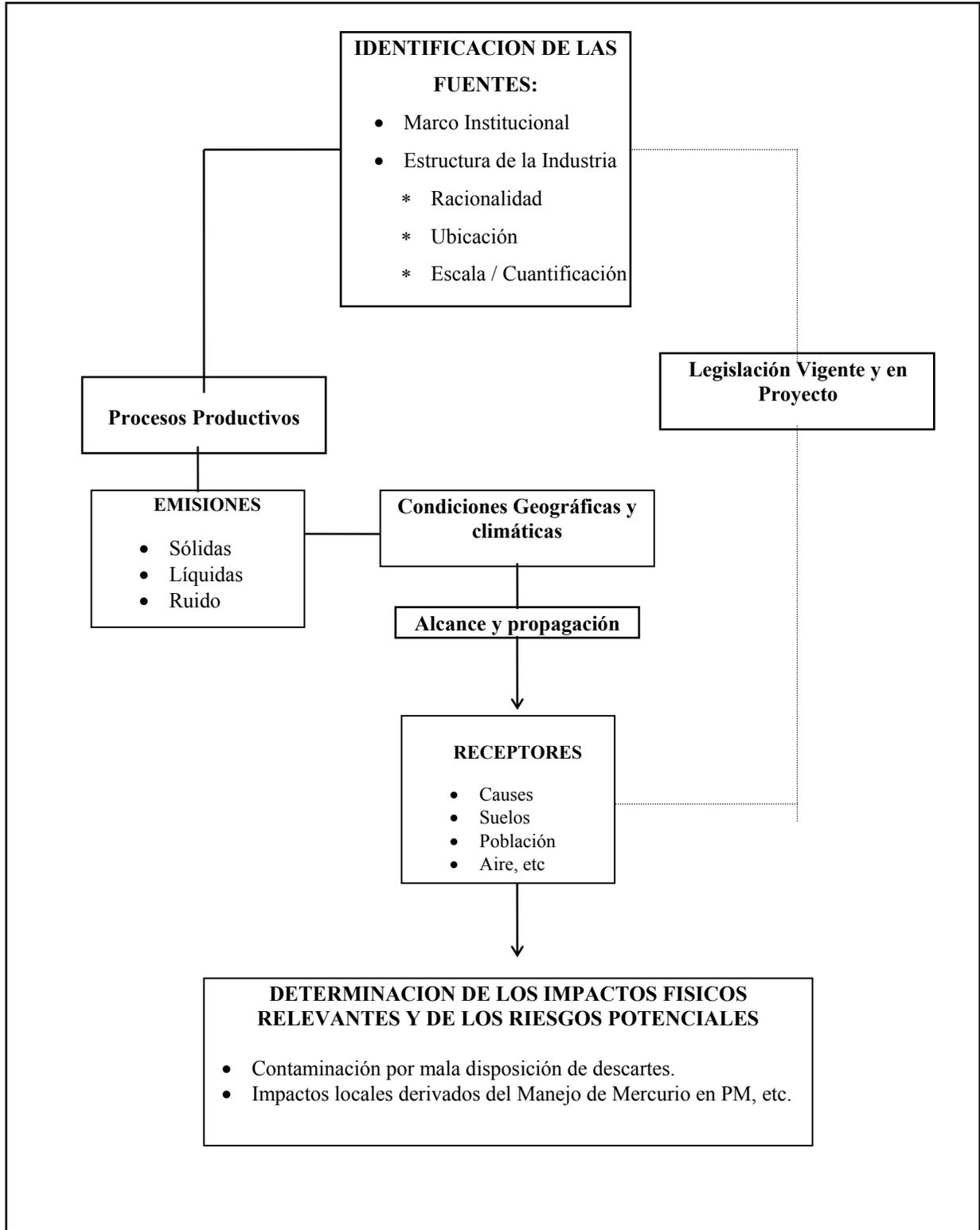
Dada la información disponible, la finalidad de este trabajo no es alcanzar la valoración económica del impacto ambiental de la Pequeña y Mediana Minería Chilenas. El propósito es investigar sobre las condiciones ambientales y la asignación de recursos en el sector y la posibilidad de una mejora en la calidad del medioambiente o de una actividad preventiva, en base de una estrategia que incorpore en el sistema de gestión a los segmentos de menor tamaño de la Minería Chilena. La figura 1 muestra una adaptación de la metodología de la Trayectoria de Impacto realizada para identificar el impacto ambiental y analizar las externalidades de la minería mediana, pequeña y artesanal. En este trabajo la metodología se aplica en el análisis de cada segmento en cada una de las distintas componentes contenidas en el diagrama.

---

<sup>3</sup> Se agradece la colaboración en la parte técnica de Roberto Ibáñez (SGA Ltda.), Rosa Escobar (Unidad Ambiental el Ministerio de Minería) y Juana Galaz (CDE Chilean Mining).

<sup>4</sup> El procedimiento utilizado es una adaptación de la metodología aplicada en la identificación de impactos ambientales. Ver: European Commission. Science Research and Development (1995). "EXTERNE: Externalities of Energy".

**FIGURA N° 1**  
**LA TRAYECTORIA DE IMPACTO**



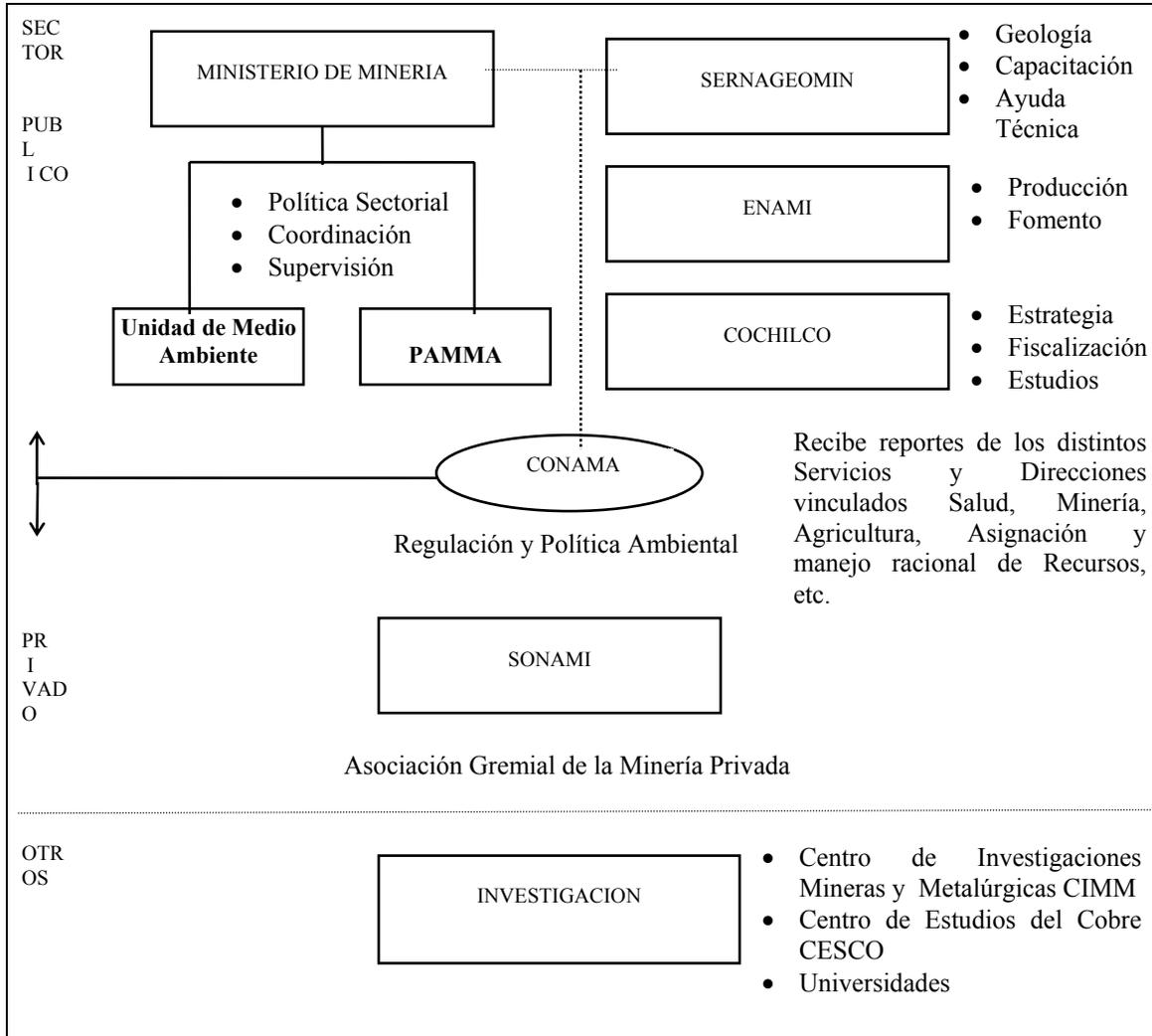
Fuente: Elaboración Propia

## II. IDENTIFICACION DE LAS FUENTES

### 1. MARCO INSTITUCIONAL DEL SECTOR MINERO CHILENO.<sup>5</sup>

Los distintos organismos e instituciones vinculados con el desempeño del Sector Minero se organizan sobre la base de la siguiente estructura organizacional.

**FIGURA N°2**  
**MARCO INSTITUCIONAL DE LA MINERIA CHILENA**



Fuente: Elaboración Propia.

Todas estas instituciones cumplen un determinado papel en el desempeño de la industria en general y en particular en lo que se refiere a la gestión ambiental.

- **Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).** Es la máxima autoridad en materia de política ambiental en Chile y opera en cada Región del país a través de Comisiones Regionales de Medio Ambiente COREMA's. Su función es hacer cumplir la Ley de Bases de Medio Ambiente, y establecer los lineamientos de Política Ambiental a nivel nacional. Su rol es fundamentalmente coordinador de la labor de Ministerios y Servicios Públicos, que operan con sus propias estructuras técnicas, y otorgan los permisos y fiscalizan el cumplimiento de las normas correspondientes.

Está encargada del Sistema de Evaluación Impacto Ambiental fijado en la Ley de Bases de Medio Ambiente. Maneja el mecanismo de generación de normas de calidad ambiental, de emisión y de regulación en torno al manejo de los recursos naturales. La CONAMA coordina, valora y monitorea los Planes de Descontaminación, que por el momento, en su mayor parte tienen que ver con la actividad de las Fundiciones de Cobre de propiedad de CODELCO y ENAMI.

Adicionalmente y en colaboración con los distintos Ministerios, la CONAMA trabaja en el fortalecimiento institucional en materia ambiental. Actualmente esta Comisión tiene en marcha el Proyecto "Desarrollo de Instituciones del Medio Ambiente" y coordina estudios para los distintos sectores, incluyendo el de la Minería.

- **Empresa Nacional de Minería (ENAMI).** Su función es impulsar la actividad minera y contribuir a la sustentabilidad de las faenas y las empresas de Pequeña y Mediana Minería. A fines de los años 70, inició un programa de reactivación de pequeños y medianos mineros, que le permitiera asegurar su abastecimiento y que posibilitó la creación de más de diez mil fuentes nuevas de trabajo a través de la incorporación de un sistema de participación en la fijación del precio del cobre, la rebaja en cargos de tratamiento y la renegociación de créditos (Ministerio de Minería<sup>3</sup>, 1996).

En la actualidad, su fin primordial lo constituyen, el aumento de la producción y la productividad minera, facilitando a pequeños y medianos mineros el acceso a los mercados internacionales. Con este propósito divide su actividad en dos áreas: la producción y el fomento. ENAMI se abastece de los tres segmentos y por ley debe dar prioridad en la asignación de sus capacidades de fusión a la Pequeña y Mediana Minería.<sup>6</sup>

Los siguientes datos reflejan la magnitud de sus operaciones. En 1995, ENAMI produjo 207.764 TMF de cobre electrolítico, 9.374 kilos de oro electrolítico, 154.585 kilos de plata electrolítica y 257.849 TM de ácido sulfúrico. Sus ventas totales fueron de 882 MM de dólares, permitiéndole constituirse en la tercera empresa exportadora del país y generar unas utilidades del 13,31% (un 68,6% mayores que para el 94).

---

<sup>5</sup> El presente análisis excluye las labores de CODELCO, en razón de que ésta no mantiene relación alguna con los segmentos de la Minería Chilena relevantes para este estudio.

<sup>6</sup> Más adelante se describe en detalle la estructura de abastecimiento de ENAMI.

Actualmente ENAMI se encuentra llevando a cabo un proceso de modernización cuyos puntos más importantes son la desconcentración, la regionalización y la incorporación de programas ambientales en la estructura productiva. En 1996 se han realizado notables avances en cada uno de estos temas.

La nueva estructura será un holding bajo el control estratégico de la Casa Matriz que opera en Santiago. A su cargo está la Gerencia Nacional de Minería (recientemente trasladada a la ciudad de Copiapó) a la cual se asigna la labor de fomento, la asistencia crediticia y la compra de minerales y productos. El holding trabajará sobre un Plan Estratégico que contempla cada uno de los aspectos vinculados a las labores de producción y fomento de ENAMI.

En materia ambiental y respondiendo a los requerimientos de la CONAMA, ENAMI ha desarrollado una red de monitoreo y los planes de descontaminación para sus Fundiciones de Ventanas y Paipote, que deberán ser culminados en 1997 y 1998 respectivamente. Adicionalmente, deberá preocuparse por la situación del manejo de relaves no adecuado en sus plantas de beneficio y en particular en Taltal y Panurecillo, las cuales contaminan recursos acuáticos. El programa de control ambiental se ha concentrado en la Fundición Paipote y se ha disminuido su beneficio programado en 28 mil Ton por año. Por el momento ENAMI no ha incorporado el tema ambiental en lo que tiene que ver con las faenas medianas y pequeñas que le sirven de abastecimiento.

- **Ministerio de Minería.** Como representante del ejecutivo en el Sector Minero, es el encargado de diseñar y llevar a cabo la política de gobierno para el caso. Además de coordinar lo referente a la operación del sector, entre sus funciones en materia ambiental se incluyen, la incorporación de la protección ambiental a todo el proceso minero, la supervisión de los nuevos proyectos mineros y además, el manejo de los problemas ambientales existentes. Su preocupación fundamental en esta materia, la contaminación atmosférica generada por las grandes fuentes de emisión en el sector minero. Como todos los Ministerios, cuenta con una estructura regional que funciona a través de una Secretaría Regional Ministerial (SEREMI), que se encarga de coordinar labores con las oficinas principales que operan en Santiago. A cargo de este Ministerio está el Servicio Nacional de Geología y Minería SERNAGEOMIN, cuyas funciones se definen más adelante. En relación a los segmentos mineros de interés en el presente estudio, sus proyectos se orientan a la gestión ambiental y a la preocupación social de las faenas correspondientes a la Pequeña Minería.

En 1991 se creó la *Unidad Ambiental del Ministerio de Minería*, cuyo fin es fomentar una actividad minera ambientalmente sustentable y promover su introducción en el marco regulatorio, que actualmente se está instaurando en Chile. Esta Unidad trabaja en conjunto con la CONAMA y como parte del proyecto de Desarrollo Institucional ya mencionado, desarrolla un estudio denominado “Desarrollo de un Patrón de Análisis Ambiental de la Pequeña Minería”, el cual cuenta con importante información estadística del

Sector y constituye el mayor esfuerzo estructurado en materia ambiental para la Pequeña Minería en Chile.

7

La Unidad Ambiental también ha puesto en marcha el “*Proyecto Ambiental Pequeña Minería*” PRAPEM, cuyo propósito es proponer prácticas o tecnologías alternativas, dentro de un marco de fomento de la actividad. Finalmente e incorporando más directamente la variable social, se desarrolla el “Proyecto Ambiental Chañaral” PRACH, cuyo propósito es identificar los problemas ambientales que la actividad minera genera en la Comuna de Chañaral (II Región). El objetivo último de este proyecto es lograr un mejoramiento de las condiciones de la zona para el desarrollo de actividades productivas alternativas a la minería.

En materia social, el Ministerio de Minería con el apoyo de las Gerencias Regionales de ENAMI y del SEREMI de Minería, desarrolla el *Programa de Asistencia y Modernización de la Minería Artesanal PAMMA*, cuya operación es independiente de la Unidad Ambiental. El proyecto se inició en 1992 con el objetivo de mejorar la calidad de vida y una mayor organización de los pirquineros. En el período 1992-1994, el PAMMA invirtió 622 millones de pesos que le permitieron financiar 80 proyectos productivos y beneficiar a 1.856 mineros artesanales (Cuadro Anexo N°1).

Cabe mencionar que en la evaluación de los proyectos mineros a ser financiados a través del PAMMA se incluyen fundamentalmente criterios de “seguridad” en las faenas mineras y consideraciones mínimas en relación a las normas ambientales. Las acciones se concentran en la asistencia técnica, capacitación y financiamiento, tendientes a elevar la capacidad de gestión y la cuantificación del impacto ambiental general de una faena está fuera de su campo de acción. Su acción se ha concentrado en un grupo de mineros artesanales de la IV y III Regiones, en donde efectivamente se encuentran ubicados mayoritariamente los grupos más pobres (Lagos, 1993).

Adicionalmente y como parte de una iniciativa regional iniciada en 1996, se ha creado el “*Comité Público Minero Regional Atacama*”, en el cual participan los tres proyectos citados anteriormente (PRAPEM, PRACH, PAMMA) y otras entidades vinculadas al sector. Su objetivo es elaborar una propuesta de estrategia regional que incorpore a los Pequeños Mineros, diferenciándolos de acuerdo a su nivel de sustentabilidad.

- **Servicio Nacional de Geología y Minas (SERNAGEOMIN).** Se trata de una entidad pública a cargo del Ministerio de Minería cuyas funciones incluyen la supervisión en relación a la propiedad minera, exploración y geología. En 1992, se puso en marcha el Departamento de Gestión Ambiental, cuya labor está fundamentalmente dirigida al control de seguridad en las faenas. Se encarga de autorizar las

---

<sup>7</sup> El pre-informe final del trabajo realizado en relación a los impactos, ha sido de valiosa ayuda en la preparación del presente informe, así como la información estadística disponible con respecto a la Pequeña Minería. La información ha sido entregada con carácter de “preliminar” y sus conclusiones pueden ser sujeto de revisiones.

condiciones operacionales de minas, plantas y tranques de relaves y acopio de desmontes y rípios de lixiviación.

Tiene a su cargo seis oficinas regionales (de la I a la V Región y en la VIII), a través de las cuales canaliza su labor de fiscalización. Adicionalmente, brinda asesoría a la CONAMA en materia de Evaluación de Impacto Ambiental relacionado a la actividad minera. Cualquiera de sus dependencias tiene la obligación de reportar a la CONAMA sobre cualquier daño ambiental que no se contemple dentro de sus labores específicas de fiscalización. Este servicio lleva un Catastro de Tranques de Relaves, en base del cual realiza su supervisión. Su labor en los últimos años ha sido particularmente dirigida a los proyectos nuevos en materia de seguridad en planta y construcción de tranques y a la supervisión de instalaciones en operación.

La atención que presta este organismo en el sector de la minería artesanal se destina fundamentalmente a la identificación de programas de capacitación y apoyo técnico. En 1996 se iniciaron acciones, tendientes a brindar cursos en los siguientes temas: Seguridad Minera, Higiene Industrial, Operación en planta y mina, y Gestión minera. Básicamente orientado a canalización adecuada de los esfuerzos de capacitación, ha realizado catastros de la actividad en minería artesanal para determinar las condiciones de seguridad en las faenas mineras y que además pretenden constituir una aproximación de la situación social del “pirquinero” y del impacto ambiental del Sector.

- **Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO).** La Comisión Chilena del Cobre es un organismo independiente fundamentalmente técnico y especializado en la actividad minera del cobre. Entre sus funciones están: elaborar y ayudar en la implementación de políticas, fiscalizar el cumplimiento de la legislación específica al sector tanto privado como público y resguardar los intereses del Estado en sus empresas del sector, en base de evaluaciones estratégicas. Su campo de trabajo incluye la realización de estudios sectoriales y asesoría en temas jurídicos y también en materia ambiental. En estos últimos años su labor se ha centrado en el estudio de mercados para los distintos productos mineros y aspectos vinculados con la Minería Estatal y Privada a gran escala (COCHILCO<sup>3</sup>, 1995).

COCHILCO y el Centro de Investigaciones Mineras y Metalúrgicas CIMM, efectuó un “Diagnóstico de la Realidad Socio-Laboral en Taltal y Chañaral, comunas mineras que actualmente presentan indicadores elevados de pobreza y cesantía. En base de estos resultados y en colaboración con ENAMI se elaboró una propuesta de reinserción laboral para estas comunidades, que al momento se halla en estudio.

- **Sociedad Nacional de Minería (SONAMI).** Es una de las dos entidades gremiales más antiguas de Chile. Representa los intereses de los más de cinco mil miembros que agrupa y que incluyen a grandes, medianos y pequeños productores mineros.

Su Comisión de Medio Ambiente trabaja en tres áreas principales: capacitación, proceso regulatorio y tendencias internacionales. Dentro de su programa y dirigida fundamentalmente a Pequeña y Mediana Minería, considera la capacitación en temas ambientales que en términos generales contempla: seminarios dirigidos a la MM y talleres para PM en las regiones mineras, cuya primera fase se concentra en la difusión de información relevante. Los denominados “Talleres sobre Incremento de la Productividad a través de Medidas Ambientales” se orientan a establecer sistemas de gestión ambiental, que permitan además incorporar la eficiencia en los procesos mineros. Estos talleres se preparan a base de la metodología desarrollada por la EPA (Agencia para la Protección del Medio Ambiente en EEUU).

En calidad de propuesta, está un Plan Nacional de Exploración Minera que considera la limitada capacidad de exploración de la Mediana y más aún de la Pequeña Minería. En él se considera la creación de un Fondo de Exploración sobre el que se otorgarían créditos para el financiamiento de proyectos de exploración de estos segmentos. En el caso de la Pequeña Minería se estimularía la agrupación para permitirle aprovechar economías a escala (Ministerio de Minería<sup>3</sup>, 1996). Por otra parte ha propuesto un Fondo de Estabilización para el precio del cobre, como alternativa para evitar los impactos negativos que sus fluctuaciones tienen en pequeños y medianos mineros, cuyo proyecto ha sido analizado por COCHILCO.

- **Otras Instituciones de Investigación.** Existen varias entidades dedicadas a la investigación minera y metalúrgica. Entre ellas se encuentran el Centro de Investigaciones Mineras y Metalúrgicas CIMM, el Centro de Estudios del Cobre CESCO, el Programa de Minería de la Pontificia Universidad Católica de Chile, el Programa de Postgrado en Economía del Medio Ambiente de la Universidad de Chile y otros centros universitarios de investigación relacionada.

## 2. ESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA MINERA.

### i. Clasificación de la Minería Chilena.

Una característica de la minería chilena es su gran diversidad. Existe consenso al identificar tres segmentos en el sector minero chileno: Gran Minería, Mediana Minería y Pequeña Minería. Sin embargo, no existe un criterio único para clasificar las faenas mineras correspondientes a cada grupo.

La Minería Estatal la llevan a cabo a gran escala CODELCO y ENAMI<sup>8</sup>. En la Minería Privada subsisten relacionados los tres segmentos mencionados y se vinculan con ENAMI a través de su estructura de abastecimiento, dentro de la cual se clasifica al sector minero en tres grupos: Minería Independiente (equivalente a Gran Minería), Mediana y Pequeña Minería. En materia ambiental se debe considerar además que si bien ni la Pequeña ni la Mediana Minería cuentan con infraestructura de fundición, se han constituido en abastecedores de minerales concentrados y precipitados, que sirven de insumos para el proceso posterior y en particular de la Minería Estatal llevada a cabo por ENAMI.

Combinando los distintos criterios de clasificación disponibles, se considera que la siguiente clasificación define en forma bastante detallada a quienes forman parte del sector minero en Chile.

1) Gran Minería (GM) : Siguiendo la clasificación tradicional, se incluye en este segmento a todas aquellas empresas que producen anualmente más de 75.000 Ton de cobre metálico o su equivalente<sup>9</sup>. Se suman además aquellas que aunque no alcanzan este nivel de producción, son filiales de grandes transnacionales mineras, trabajan con tecnología de punta, tienen acceso a los mercados financieros internacionales, tienen capacidad e infraestructura para colocar su producción en el mercado nacional e internacional de concentrados, son altamente competitivas y por lo tanto no requieren de la labor de fomento del Estado. Para pertenecer a este segmento, las empresas deben cumplir con una de las siguientes características (Lagos, 1993):

- Producción anual superior a 20 mil Ton de cobre contenido o exportadoras independientes con producción mayor a 10 mil Ton de cobre contenido por año.
- Producción anual mayor a 10 mil Ton de cobre contenido, obtenido mediante el proceso Sx/Ew (lixiviación/electrobtención) o cuyo producto final es cobre de grado electrolítico.

En materia ambiental y aún cuando este subsector responde por la mayor parte de la contaminación generada por la minería, el nivel de control sobre el daño que causa es alto, dadas su tecnología y

---

<sup>8</sup> ENAMI tiene plantas de beneficio que operan a media escala, pero están insertas en su estructura productiva que alcanza el proceso de fundición.

<sup>9</sup> Esta producción de fino dadas las diversas leyes corresponde aproximadamente a 3 millones de Ton anuales de mineral.

disponibilidad de recursos. Constituye el 75% de la actividad minera privada y ha venido incorporando desde los años 80 consideraciones ambientales en su gestión, fundamentalmente vía la influencia extranjera en su administración. Varias de las empresas de este segmento realizaron Evaluaciones de Impacto Ambiental, aún sin que éstas fueran establecidas como requisito legal en la Ley de Bases del Medio Ambiente. Muchas de éstas provienen de países con fuertes restricciones medioambientales y cuya política corporativa requiere la realización de este tipo de estudios. Adicionalmente, al realizar este tipo de estudios se facilita en buena medida la obtención de los permisos, que los distintos Servicios (Salud, Agrícola, Minería, etc.) deben otorgar para el inicio de la operación de proyectos de la envergadura que presenta la Gran Minería.

2) Mediana Minería (MM): Se clasifican todas aquellas faenas mineras cuya producción corresponde a una explotación superior a 200 Ton de “mineral” por día, participan de la actividad de fomento del Estado y venden concentrados o precipitados de cobre u oro exclusiva o mayoritariamente en ENAMI bajo un sistema de *contratos* que aseguran la compra de toda la producción.

Se incluyen en ella fundamentalmente complejos mina-planta y plantas independientes, en donde el producto final son concentrados de cobre. Este segmento no participa en el proceso de fundición, por lo que probablemente se verifica que contrariamente a lo que sucede en la Gran Minería, no se han hecho estudios que permitan cuantificar su impacto ambiental.

3) Pequeña Minería (PM): El pequeño minero se define como aquel que trabaja en instalaciones propias o ajenas con una capacidad de extracción de hasta 200 toneladas de “mineral” por día, para su venta directa en bruto o su procesamiento en pequeñas plantas de beneficio. Este segmento está formado por una gran cantidad de mineros que se acogen a la política de fomento del Estado y en su mayoría venden su producción a los poderes compradores de ENAMI a través de un sistema de *tarifas*. Dentro de la Pequeña Minería se pueden distinguir a su vez dos grupos diferenciados de acuerdo a una aproximación a su capacidad de gestión. No existe un umbral claro que permita separar a éstos grupos y sin embargo se puede distinguir a un sector de Pequeña Minería en cierta medida más formal y un sector de Pequeña Minería Artesanal (PMA). En todo caso, se trata de un sector en el que no se lleva a cabo ningún tipo de gestión ambiental y en el que el control y la capacidad de fiscalización de las autoridades es mínimo.

El grupo más formal incluye algunas faenas en mina regularmente más organizadas y con un cierto grado de mecanización. Está compuesto fundamentalmente por pequeñas plantas en las que se benefician minerales en baja escala y que disponen de poca capacidad de gestión. Adicionalmente, se observa un mayor porcentaje de propietarios de las faenas en relación al grupo artesanal.

Los mineros artesanales, que se conocen como pirquineros, operan fundamentalmente en minas en las que solo se extrae mineral y en pequeños trapiches artesanales en los que se concentra muy rudimentariamente el metal (básicamente se obtiene oro metálico a través de la amalgamación con mercurio). Es un grupo particularmente pobre y concentrado en el quintil más bajo de ingresos de la población chilena. Se trata de

trabajadores independientes muy poco organizados. En muchos casos no son propietarios de las faenas que explotan, en general no utilizan equipos, operan a base de la fuerza humana en la extracción y en agrupaciones de tipo familiar. Se observa una muy alta estacionalidad que determina una movilidad que hace aún más complicada su identificación y fiscalización.

## **ii. MEDIANA MINERIA: Caracterización, escala, cuantificación y ubicación.**

La Mediana Minería Chilena presenta las siguientes características generales:

- Son productores de concentrados y precipitados de cobre y concentrados de oro, que venden toda su producción a ENAMI a través de contratos de compra.
- Cuentan con una capacidad empresarial suficiente como para ser abastecedores regulares de ENAMI y sin embargo, encuentran dificultades para negociar y exportar directamente sus productos.
- Se ubican fundamentalmente en el Norte y se extienden hasta la Quinta y Región Metropolitana.
- Los concentrados y precipitados que producen aportan anualmente entre 1.000 y 20.000 Ton en la producción de cobre o su equivalente en oro.
- Los capitales que involucran son mayoritariamente nacionales. Se caracterizan por el uso combinado de maquinarias y una buena cantidad de mano de obra.
- Son importantes generadores de empleo directo, y en particular en el Norte Minero. Permiten además el desarrollo asociado de la Pequeña Minería, la cual actúa como abastecedora de mineral de las plantas de beneficio medianas.

De acuerdo a estos criterios se identifican 18 empresas medianas dentro de este segmento<sup>10</sup>. Su producción en 1995, según información de la SONAMI, se valora en alrededor de 293 millones de dólares (Cuadro Anexo N°2). La mayoría de estas empresas obtienen concentrados de cobre y dentro de este grupo se cuentan:

II Región: Las Luces, Punta Grande y Compañía Minera Tocopilla:

III Región: Compañía Minera Sali Holchschild S.A, Compañía Minera San José, Sociedad Punta del Cobre, Empresa Minera San Esteban Primera, Cobrex y Carola Coemín.

IV Región: Compañía Minera La Patagua, Sociedad Minera Las Cenizas de Cabildo y Cerro Negro.

En menor número están aquellas firmas productoras de precipitados de cobre: Caleta del Cobre y Compañía Minera Doña Ada en la II Región y la Minera Amolanas en la III Región. Finalmente, entre

---

<sup>10</sup> Para esta identificación se ha recurrido a información combinada de varias fuentes: registros de entrega de concentrados y precipitados a ENAMI, información directa proporcionada por la SONAMI y la clasificación hecha en Lagos, 1993.

las productoras de concentrados de oro se cuentan: la Sociedad Minera Don Alberto y la Compañía Minera Tamaya en la IV Región y la Compañía Minera Maipo en la V Región.

El segmento de medianos mineros ha sido dinámico y sus entregas anuales a ENAMI han ido creciendo año a año.<sup>11</sup> Además se ha observado una importante movilidad hacia la Gran Minería, ya sea por fusiones con empresas de mayor tamaño o por negocios propios. Tal es el caso de El Bronce de Petorca, Refimet, Cerro Dominador y Carolina de Michilla. Se espera además que la introducción y desarrollo de nueva tecnología y en particular del sistema de lixiviación/electroobtención, marque una cierta reestructuración del sector mediano minero chileno permitiendo aumentar la escala de aquellos empresarios que puedan invertir para adoptarla (Lagos, 1993).

Por otra parte, existen algunos Grupos Mineros que tienen participación en varias faenas y dentro de ellos algunos que también estarían participando en empresas de mayor escala como es el caso del Grupo Minero Gordo y Las Cenizas, cuyo grupo empresarial además tiene importante participación en Las Luces. Esta situación estaría potenciando el crecimiento del sector. De hecho se observan importantes niveles de producción de concentrados en firmas como de Las Cenizas y Punta Grande, que en 1995 logró duplicar sus entregas a ENAMI.

En este grupo se cuentan empresas con una moderna estructura tanto tecnológica como de gestión y administración, tales como Punta del Cobre, Las Cenizas<sup>12</sup>, Punta Grande. Paralelamente, se desenvuelven firmas que observan ciertos problemas en su gestión ambiental y otras que presentan limitantes para seguir aumentando la producción o incrementar su productividad, fundamentalmente debido a los efectos de las economías a escala y la falta de recursos en la exploración y la planificación a largo plazo.

La presencia de ENAMI y su participación en el proceso productivo ha determinado una fuerte relación con la Mediana Minería. Este segmento no ha requerido comercializar su producto a través de traders y ha venido operando a base del sistema de contratos con ENAMI. Las empresas más pequeñas presentan como limitaciones para su crecimiento, su dependencia de la estructura productiva del Estado, ya sea por falta de capacidad negociadora y/o financiera; y la migración de personal hacia las empresas de mayor tamaño.

### **iii. PEQUEÑA MINERÍA: Caracterización, escala, cuantificación y ubicación.**

---

<sup>11</sup> Cuando se observan caídas en la entrega, esto responde más bien a aquellos casos en los que las empresas ganan autonomía y acceden a colocar sus productos directamente.

<sup>12</sup> La operación de esta firma se detalla más adelante como uno de los casos de estudio en MM.

Se trata de una actividad a la que generalmente se le atribuye un impacto social importante, de hecho la Pequeña Minería es una forma de vida y trabajo fundamentalmente en el Norte de Chile. Como ya se mencionó, en este grupo se incluyen minas que producen hasta 200 TM por día de mineral y plantas con capacidad para procesarlo.

La racionalidad detrás de la actividad del pequeño minero no es única, los incentivos no son siempre los mismos y en gran medida están ligados a la actividad de fomento de ENAMI. En una primera aproximación, se observan dos tipos de pequeños mineros, aquellos cuya presencia está íntimamente ligada a las fluctuaciones del precio del cobre y que por lo tanto tienen una presencia itinerante en el sector, y aquellos cuya actividad principal es la minería y que se mantienen en ella aún en condiciones difíciles de precios. En el primer caso, se trata de entradas ocasionales de un grupo generalmente joven, ocupado en otras actividades o desempleados, que viven en zonas mineras o migran a ellas y aprovechan períodos de precios altos vinculándose al sector mediante contratos de arriendo de mina de muy corto plazo. En el segundo caso se trata de mineros de mayor edad, cuya presencia persistente se explica en función de una serie de aspectos culturales que dan forma a la tradición minera, a los que se sumarían la baja aversión al riesgo de sus participantes y en algunos casos a la falta de alternativas de subsistencia.

En el caso de los mineros que operan en planta y que presentan un mayor grado de formalidad, no existen diferencias en cuanto a los criterios que guían su presencia en la industria. Se trata de firmas pequeñas con tecnologías de costo alto y en las que los costos fijos incurridos impiden entradas y salidas en función del precio del cobre. El segmento artesanal reviste particularidades en términos sociales merecerán un análisis detallado adicional.

Se debe tener en cuenta que todos quienes pertenecen al segmento de Pequeña Minería están vinculados entre sí y en especial a través del proceso de comercialización. Existe una considerable interdependencia entre grupos, los medianos contratan a los pequeños para abastecimiento. Los pequeños y pirquineros venden en agencias de ENAMI, que actúa como ente de fomento y regulación, maquilador y exportador. ENAMI está obligado por ley a procesar los productos que extraen pequeños productores.

En muchos casos los mineros artesanales le venden a plantas o minas de la Pequeña Minería Formal y su mineral llega a ENAMI a través de ellas.

En general este segmento presenta las siguientes características, y obviamente las limitaciones son más agudas en tanto más artesanal es una faena:

- Situación de propiedad que no permite su desarrollo. Alto porcentaje de arrendatarios que además operan con contratos de corto plazo.

- Escaso conocimiento de las reservas explotables y muy limitado o ningún acceso a financiamiento.
- Este tipo de mineros trabaja con leyes altas. Sus costos elevados responden a tecnologías antiguas y artesanales, pagos de regalías a los propietarios, grandes distancias a las plantas de beneficio, entre otros.

Existe la percepción de que en los últimos años han visto reducido en alguna medida su campo de acción, ya que grandes extensiones han sido cubiertas por empresas de gran escala. Sin embargo y aunque en el Norte se extienden grandes yacimientos de oro y cobre atractivos para la minería de gran escala, existen diversos depósitos (mayoritariamente presentes en la III y IV Región del país) que por sus características sólo pueden ser explotados mediante el trabajo selectivo de la pequeña escala. Por otra parte, las grandes empresas mineras tienden a ubicarse en zonas desérticas (II Región) muy lejanas a centros poblados, donde se verifica una mayor competencia por el agua y por tanto poco atractivas para pequeños mineros.

En el caso de la Pequeña Minería no existe ninguna institución que trabaje generando información sectorial formalmente. Aunque se trata de una actividad muy antigua solo recientemente se han iniciado trabajos para identificar adecuadamente al sector, buena parte de los cuales todavía se hallan en elaboración. Por lo tanto, para efectos de este estudio se ha realizado la recopilación de toda la información previamente levantada por distintas entidades relacionadas al sector. Se utilizarán varias fuentes, en función de su pertinencia con relación al aspecto específico que se pretende ilustrar a lo largo del análisis. Adicionalmente y para la identificación de impacto se ha tomado como referencia “Análisis del Patrón de Impacto Ambiental de la Pequeña Minería” llevado a cabo por la Unidad Ambiental del Ministerio de Minería, que nos ha proporcionado los resultados del Pre-Informe final del proyecto.

La diferenciación de “minas” y “plantas”, constituye la primera separación relevante en la caracterización de esta actividad, debido a que se trata de faenas cuyos impactos sobre el medio son muy diferentes. Una segunda clasificación relevante se hará en cada caso por tipo de mineral y por procesos.<sup>13</sup>

Sobre la base de la información disponible correspondiente a 1994, que además incluye resultados de visitas a terreno que realizó, la Unidad Ambiental del Ministerio de Minería identifica un total de 1.626 minas y 281 plantas<sup>14</sup>, con capacidad de producción menor a 200 Ton por día. El universo identificado de faenas de explotación de minerales produce alrededor de 1,72 millones de Ton de mineral al año (5.743 Ton por día), mientras que las plantas tienen capacidad para tratar 2,96 millones de Ton anuales (8.640 Ton por día).<sup>15</sup> Para ese mismo año, ENAMI recibió 1,055 millones de Ton de minerales, 44.928 Ton de concentrados de cobre, 20.942 Ton de concentrados de oro y 5.381 Ton de precipitados de cobre. La

<sup>13</sup> El detalle de toda la información que a continuación se presenta puede encontrarse en el anexo estadístico.

<sup>14</sup> Como resultado de la observación en terreno se excluyeron las faenas que hayan permanecido paralizadas por un período muy prolongado, fundamentalmente de la III y la IV Región. Faenas que están paralizadas pero podrían ser habilitadas, se mantienen en la estadística.

<sup>15</sup> La información del Ministerio de Minería no contiene datos completos con respecto al número de trabajadores.

tendencia observada para 1995, es de reducción en todos los casos y en particular en los concentrados de cobre (11% frente al año anterior), que paralelamente a un incremento de las entregas de MM marca una caída muy importante en los porcentajes de la PM en el abastecimiento a ENAMI. Se considera que tras los ajustes y depuración de la base realizados por los expertos, la información recogida describe y cuantifica de manera adecuada, la actual situación de la PM chilena (Ministerio de Minería<sup>2</sup>, 1996).

No se tiene datos exactos con respecto al número de personas vinculadas a la Pequeña Minería identificada en las estadísticas disponibles. Sin embargo, el sector vende sus minerales en ENAMI o en plantas privadas y la mayor parte de pequeñas plantas establecen relación comercial con esta empresa. ENAMI cuenta con estimaciones de empleo directo y número de beneficiarios asociadas a las faenas de las que se abastece que por lo tanto, resultan un indicador aproximado en este aspecto.

Se estima que en 1995, las 630 faenas que realizaron entregas a ENAMI de hasta 200 Ton por mes de minerales, emplean alrededor de 3.700 mineros y estas implican un empleo indirecto de 6.800 puestos de trabajo, aproximadamente.<sup>16</sup> El empleo directo en las 204 plantas que entregaron hasta 50 Ton de concentrados y precipitados por mes, se estima en alrededor de 2.000 trabajadores, que implican 3.700 puestos de trabajo indirecto aproximadamente. La presencia media de las entregas se eleva de 4 meses en los productores de minerales hasta 7 meses por año en los productores de concentrados. Si se supone 5 miembros por grupo familiar en promedio, entonces resultan alrededor de 80.000 personas dependientes del grupo de pequeños mineros vinculados al esquema de fomento de ENAMI para los rangos de producción mencionados (Base de Datos ENAMI).

Se trata de un sector cuyas fuentes de emisión están altamente atomizadas. Las minas y plantas identificadas se caracterizan a continuación en función del mineral tratado, el tipo de proceso y su ubicación.<sup>17</sup>

- **Mina.**

En la PM chilena se explotan minas subterráneas, canteras o minas a cielo abierto, lavaderos y desmontes. Las minas subterráneas constituyen la principal forma de explotación y alcanzan el 92% del total de faenas y el 95% de la producción.

El 76% de las faenas se dedica a la extracción de cobre y abarca un porcentaje similar del total de la producción. Las minas de oro son en general de menor tamaño y alcanzan el 11% del mineral extraído.

---

<sup>16</sup> Hay dos limitaciones en esta información. Los cortes están hechos en producción mensual y no son directamente homologables a nuestra clasificación, en el rango seleccionado se incluyen 630 de las 700 faenas que en 1995 se clasificaron como entregas de PM. En el grupo que considera ENAMI no se incluyen los mineros más artesanales.

<sup>17</sup> Los procesos productivos se detallan más adelante en el desarrollo de este informe.

Existen muy pocas minas polimetálicas. Dentro de la PM considerada en el informe no se registran minas que exploten directamente yacimientos de plata. Aunque de estas faenas se obtienen minerales oxidados y sulfurados, el tipo de mineral es relevante solamente desde el punto de vista del proceso de beneficio. En la fase de explotación, la referencia al tipo de mineral extraído solo es importante en relación a las distintas leyes que el mineral exhibe.

La PM está casi totalmente representada por mineros con capacidades de producción muy pequeñas. El 98% extrae hasta 25 Ton por día y este grupo alcanza el 62% del total de la producción. Más aún, el 86% está en el rango entre 0 y 5 Ton por día y el 51% entre 0 y 0.5 Ton.

Dada la movilidad existente en el sector, la información en relación al número de trabajadores que operan en las faenas mineras es imprecisa, pero dado su tamaño se estima que la gran mayoría tienen entre 1 y 10 trabajadores, las restantes alcanzan hasta 30 trabajadores. Es particular el caso de los yacimientos grandes, donde los mineros se ubican en “puntos” de una misma mina, como en el caso de Choja en la III Región en la que operan alrededor de 100 mineros independientes.

Las minas se extienden entre la Primera y la Sexta Región. El mayor número de minas se ubican en la III y IV Regiones que comprenden respectivamente al 39.4% y 36.2% seguidas muy de lejos por la II Región. Las minas de mayor tamaño se encuentran en la II Región, mientras que las más pequeñas estarían en la IV. Cinco comunas de la III y IV Región, alcanzan casi el 40% del total de minas identificadas: Vallenar, Diego de Almagro y Copiapó en la III Región, Ovalle y Andacollo, en la IV Región.

La producción en minas vista por comuna presenta una cierta variación. Comunas de la II y la V Región aparecen entre las de mayores proporciones. Se observa una gran dispersión en relación al tamaño de las minas. Mientras las 127 minas que se registran en Ovalle alcanzan el 8% del total de mineral extraído, la producción de las 80 de Chañaral es muy similar y las 97 minas de Taltal abarcan el 13.5%. Las comunas de Taltal (II) y Chañaral (III) totalizan los mayores niveles de producción.

La escasez de aguas en el Norte Minero determina una muy pequeña cantidad de lavaderos de oro que se distribuyen desde Copiapó hasta el extremo austral, principalmente en la Cordillera de la Costa y en particular en el Valle de Copiapó, Andacollo, Casablanca, Marga-Marga, Río del No, entre otros (Galaz, 1993). Tan solo se identifican 26 faenas de este tipo entre la I y la VI Región que alcanzan en general bajos niveles de producción. Las comunas con mayor presencia de estas faenas son Andacollo (IV), Quilpué (V) y Vallenar (III).<sup>18</sup> Cabe mencionar que este tipo de depósitos de oro son de formación más bien reciente, de poco volumen y con bajas leyes.

---

<sup>18</sup> Aunque no se incluyen en las estadísticas, existe en cantidades muy reducidas y cada vez más escasos un grupo de mineros denominados “tomeros”, los cuales recuperan los relaves que corren en los cauces de los ríos y por lo tanto, obtienen un producto de muy baja ley.

- **Planta.**

Buena parte de las plantas procesa oro y alcanza el 42% del total de la capacidad instalada. Por su parte el 37.5% benefician cobre con un 35% de la capacidad. Una mínima cantidad se dedica a procesar plata. Aunque solo un 27% de las plantas opera únicamente con flotación, un 28% adicional combina este proceso con el de amalgamación de oro. De los procesos de flotación se obtiene cobre y oro, como producto y subproducto y parte importante de las faenas están comprendidas en el rango de 0 a 50 Ton por día.

El proceso de amalgamación de oro con mercurio está muy difundido. Un 26% de las faenas operan con esta técnica y se concentran sobretudo en el segmento artesanal. En los últimos años, se han venido incorporando pequeñas plantas de lixiviación en pilas para tratar minerales oxidados. En su mayoría se trata de plantas con muy baja capacidad (hasta 50 Ton por día).

La máxima participación la tienen las pequeñas instalaciones con capacidad de procesar menos de 25 Ton por día. En los tramos superiores entre 75 y 150 Ton operan 22 plantas que abarcan el 30% de la capacidad instalada. La producción agregada de las plantas en el rango más bajo puede alcanzar hasta de 2.040 Ton al día, mientras que los rangos superiores a 50 Ton están en condiciones de beneficiar hasta 4.390 Ton por día.

Dada su capacidad, la mayor parte de plantas tienen entre 1 y 10 trabajadores. Las plantas de mayor tamaño pueden alcanzar entre 30 y 40 personas por faena. De la misma manera, las plantas se concentran mayoritariamente en la IV y III Regiones, 50% y 35% respectivamente. La II Región apenas registra un 6%. La región con la mayor capacidad de producción es la IV, cuyas plantas alcanzan un 50.5% del total, seguido por las faenas de la III con un 25%.

Andacollo es un importante distrito minero aurífero y por lo tanto tiene el mayor número de plantas de beneficio (21.2%), que se encuentran fundamentalmente llevando a cabo procesos de amalgamación con mercurio. Le sigue la comuna de Copiapó que ha sido de tradicional importancia en el Norte Minero y en la cual se encuentra la Fundición Paipote de ENAMI. Aún cuando Taltal y Chañaral son las comunas con mayor capacidad de extracción en mina, registran muy bajas participaciones en el número total de plantas.

Andacollo y Copiapó se mantienen como la comunas con mayor capacidad de procesamiento en planta, con participaciones muy similares a las registradas en el número. En estas comunas muchas de las pequeñas plantas se dedican a la obtención de oro metálico por amalgamación o flotación. Al contrario, las

comunas de Taltal y Chañaral tienen plantas capaces de procesar solo una pequeña parte del mineral que en ellas se extrae.

Con respecto al universo identificado por la Unidad Ambiental se pueden hacer las siguientes observaciones generales:

- No todas las faenas incluidas realizan sus ventas directamente en ENAMI. Se incluyen faenas mineras que venden su producción a otros pequeños o medianos mineros, que a su vez entregarían el mineral a ENAMI o lo procesan en sus plantas.
- Aún cuando las explotaciones de carbón están excluidas, del total de 1.626 faenas en mina, 33 corresponden a explotaciones de cuarzo, caliza, talco y otros no-metálicos. Estos representan en conjunto solo el 2% del total, por lo cual no se consideran en el presente análisis que se concentra en la minería metálica.
- Del total de labores de explotación en mina (minas subterráneas, canteras, desmontes y lavaderos), un porcentaje muy elevado corresponde a faenas artesanales. Por lo tanto, su producción se ubica muy por debajo del umbral de 200 Ton por día.
- Debe mantenerse siempre presente que se trata de un sector altamente inestable en el tiempo, cuya realidad experimenta cambios año a año. Una alta estacionalidad se presenta especialmente en las faenas más pequeñas, que además son las más numerosas.
- En las actividades de beneficio se concentra la minería más formal, hay un mayor número de propietarios y el cambio de actividad resulta más costoso. El proceso de mina es en su mayor parte artesanal y se realiza a muy pequeña escala.

- **Minería Artesanal.**

Finalmente cabe hacer una distinción con respecto al sector artesanal de la PM. De acuerdo a la nueva planificación estratégica de ENAMI, este sector no se incluye dentro de su plan de fomento y su actividad está ligada fundamentalmente al PAMMA. Se define al Pequeño Minero Artesanal como un trabajador informal de escaso o ningún patrimonio, que opera con técnicas rudimentarias. Extrae únicamente minerales u obtiene como único producto oro libre o amalgamado. Trabajan en grupos que van desde una hasta ocho personas y su producción media por persona no supera 1 Ton por día.

Dado el nivel de agregación de la información, no es posible separar a este grupo claramente. Sin embargo, se estima que en el segmento artesanal de la PM operan alrededor de 2.800 pirquineros. Cabe destacar un importante número de faenas informales presentes en la III y IV Región, aunque también se registra una actividad relativamente importante en la V Región. Las comunas más representativas en número de faenas productivas son Diego de Almagro, Andacollo, Vallenar, Copiapó, Tocopilla, Chañaral y Taltal y todas, salvo para el último caso, agrupan faenas de muy pequeña capacidad productiva.

Se trata de un grupo de mineros de dudosa sustentabilidad, particularmente relevante dado que exhibe una relación directa y evidente con el nivel de pobreza en ciertos distritos del norte de Chile. En este segmento casi la totalidad trabaja en instalaciones ajenas, con cierto grado de individualismo. Operan con métodos manuales e inseguros de baja productividad y se asocian dentro de organizaciones informales. Así, su ingreso es bajo e inestable, su presencia altamente estacional asociada con las alternativas que ofrezca la zona. Dadas las características de los yacimientos, son los precios coyunturales de los metales los que rigen el proceso de selección del tipo de explotación.. Deben comercializar su producto a través de terceros y en muchos de los casos no pueden acceder directamente a ENAMI, por lo que venden sus productos a medianos mineros u otros pequeños mineros de mayor tamaño.<sup>19</sup>

La extracción se realiza mayoritariamente en minas y con poca frecuencia los trabajadores se inclinan por la actividad en desmontes y pequeñas plantas de procesamiento, las canteras son aún más escasas. Los escasos lavaderos identificados en su mayor parte se localizan en la IV y V Región, mayoritariamente en las comunas de Andacollo, Illapel y Vallenar.

En su mayoría se ubican en zonas sin más alternativa que la minería, donde se verifica una directa relación entre el grado de pobreza y la precariedad de la actividad pirquinera. Se trata de un grupo de alta marginalidad que no puede incorporarse permanentemente al mercado y que presenta un bajo grado de dominio de la propiedad minera<sup>20</sup>. Las faenas se trabajan de forma manual o en ciertos casos el minero cuenta con algún grado de mecanización <sup>21</sup>, que según la información obtenida en general reporta ganancias en productividad derivadas de ella. Un aspecto de particular importancia es la relación entre la productividad y el grado de mecanización de las faenas mineras, sin embargo no se cuenta con una cuantificación que permita determinar las ganancias en productividad derivadas de la incorporación de algún grado de mecanización en los procesos de mina subterránea, aunque se estima que la incidencia resulta mayor en el caso de los minerales de oro. Cabe anotar que en general una mayor mecanización implica por su parte una reducción en la ley del mineral.

En general, se observa escaso acceso al sistema de salud y según las respuestas de los mineros se observa una caída en la cobertura en el tiempo, que en el caso de la I Primera Región se complica donde los centros de atención médica son muy lejanos.

---

<sup>19</sup> La información con respecto a este segmento se obtuvo del “Levantamiento Catastral Condiciones de Seguridad en Faenas Mineras” (Marzo, 1994) y del diagnóstico realizado por el SERNAGEOMIN sobre esta misma información.

<sup>20</sup> Solo el 18% de los mineros artesanales en conjunto y casi la totalidad de las plantas, declaran ser dueños de sus instalaciones. El resto de faenas arriendan, subarriendan o trabajan como “habilitados” y en general se trata de contratos de muy corto plazo.

Se trata de un grupo de mediana edad (la media del pequeño minero artesanal es 40 años) y con bajo nivel de educación, que además se excluyen tempranamente del sistema educativo. La situación se presenta muy similar en las distintas regiones y aunque los resultados indican que en promedio hay acceso a la educación básica, las desviaciones por grupo de edad son importantes, observándose una cierta mejora para el caso de las generaciones más jóvenes. Se observa una relación directa entre menor permanencia en faena y menor edad del minero, en particular entre la I y la III Región.

Las plantas artesanales en su mayoría se dedican a la producción de oro amalgamado, aunque también benefician a baja escala mineral de cobre. Copiapó y Andacollo son las comunas con la mayor cantidad de faenas en planta. Varios datos con respecto a variables socioeconómicas dan cuenta de un sector pobre y de difícil reinserción en otras actividades. Cabe destacar que el grupo dedicado a la amalgamación de oro es el de más difícil identificación, puesto que muchos de los mineros comercializan su producto con intermediarios. A las características propias de este tipo de minería se suma una legislación que permite el libre comercio del oro y que no controla de ninguna manera la comercialización de mercurio.

Por otra parte, no hay una percepción generalizada sobre la asistencia y ayuda que brindan el PAMMA, la ENAMI y el SERNAGEOMIN. A raíz del cambio de estrategia de ENAMI, la estructura de las entregas ha variado notablemente entre 1994 y 1996, por lo que los datos al respecto no resultan buenos indicadores. Las respuestas de los pequeños mineros artesanales indican poca disponibilidad a abandonar este tipo de trabajo. Dependiendo de la Región ven alternativas de ocupación en la pesca, la agricultura, el pastoreo, y el trabajo en la industria minera de mayor escala.

Dentro de las comunas cabe mencionar el caso de Andacollo, pueblo minero ubicado en la IV Región que depende casi totalmente de una actividad minera principalmente aurífera que ha ido desplazando a la agricultura y ganadería. Se observan casi 100 minas que apenas alcanzan el 2.4% del total de la producción, y 63 plantas a las que corresponde el 21% de la capacidad instalada (Unidad Ambiental, 1996). Adicionalmente, nueve de los 31 lavaderos están en esta comuna, la cual seguida por Illapel con 5 y Vallenar con 4, abarcan el 58% del total de faenas catastradas (Subterra, 1994). Esta comuna se constituye en un caso en el que las difíciles condiciones no han logrado hacer desistir a los pirquineros. Dada la alta atomización e informalidad de la actividad de esta comuna, no se cuenta con información precisa y más detallada para este caso (Lagos, 1993).

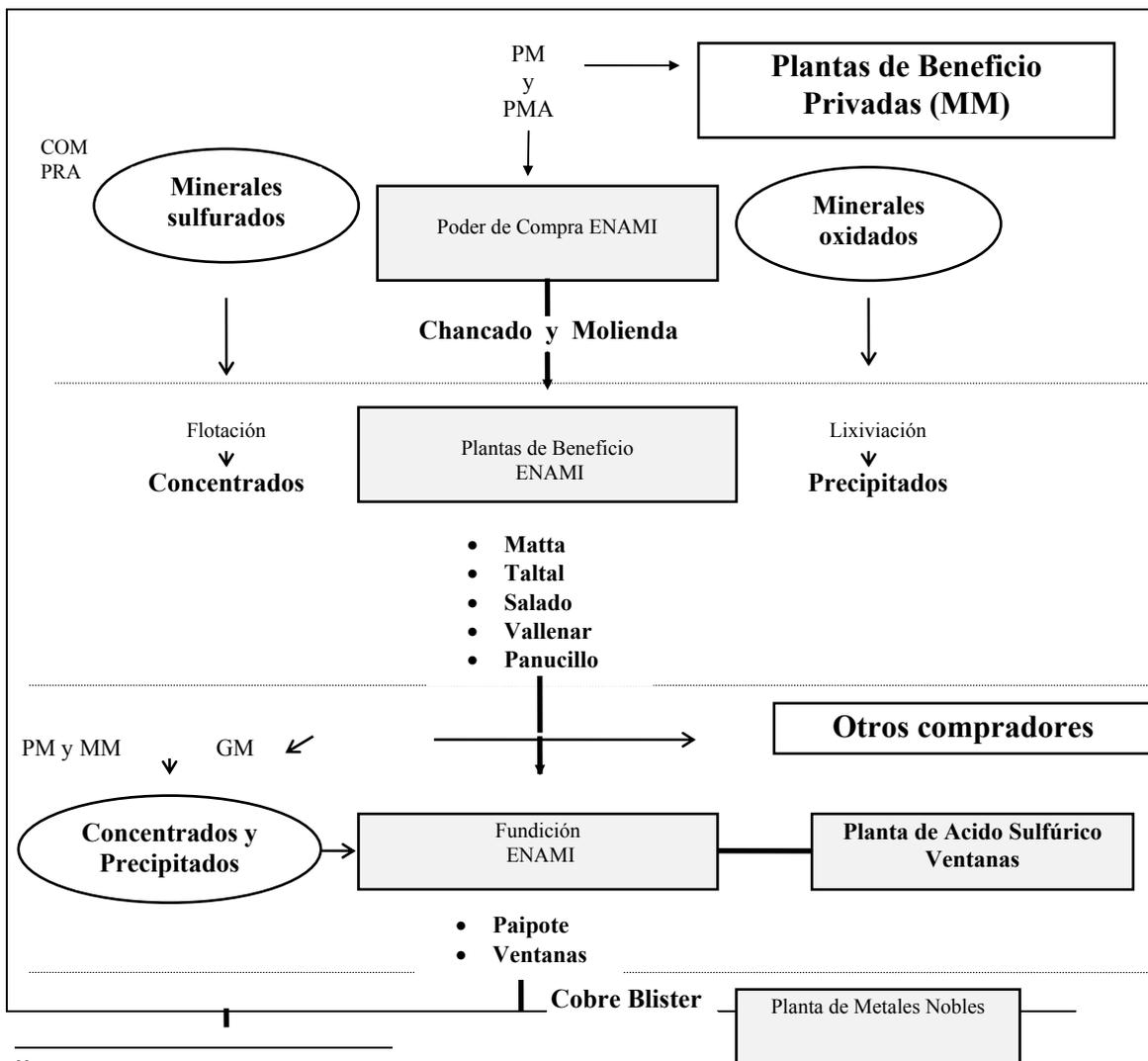
---

<sup>21</sup> Se considera “algún grado de mecanización” cuando la faena trabaja con un compresor, perforadoras y/o un huinche, ya sea en forma permanente u ocasional y sin distinguir si es propio o arrendado.

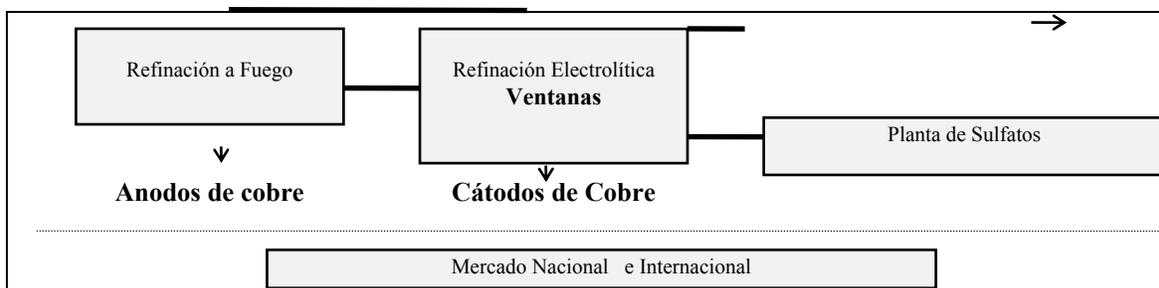
**iv. El Sector Minero como parte de la Estructura de ENAMI<sup>22</sup>.**

ENAMI es el intermediario de los productores mineros para el mercado internacional y participa directamente en el proceso productivo. No es un productor primario de mineral, es fundamentalmente una empresa maquiladora que compra materias primas y luego procesa los minerales en sus propias plantas o de terceros. Obtiene como productos intermedios concentrados y precipitados, los cuales junto a los minerales de fundición directa pasan a formar parte del abastecimiento de sus fundiciones. La estructura de abastecimiento de ENAMI abarca toda la parte de la Minería Chilena que corresponde al segmento mediano y pequeño: las plantas de beneficio de ENAMI, los medianos mineros que entregan minerales beneficiados y los pequeños mineros que hacen entregas de minerales y de concentrados y precipitados.

**FIGURA N° 3  
ESTRUCTURA DE ABASTECIMIENTO DE ENAMI**



<sup>22</sup> Salvo que se indique su fuente, la información que a continuación se detalla se obtuvo directamente en EN se extrajo de publicaciones periódicas que ésta realiza.



Fuente: Elaboración Propia

ENAMI clasifica a sus clientes y les brinda un trato diferenciado de acuerdo al segmento al que pertenecen. Aunque también opera con Minería Independiente, por ley debe dar prioridad en la asignación de sus capacidades de fusión a la Pequeña y Mediana Minería. La eficiencia de sus plantas de beneficio está muy vinculada a la uniformidad del mineral que reciben y al nivel en que se utiliza la capacidad instalada. De otra parte, cuando el abastecimiento supera la capacidad instalada o las distancias desde los poderes de compra resultan en costos de transporte muy elevados, ENAMI recurre a contratos de maquila en instalaciones de terceros.

Más allá de ofrecer servicios de tratamiento, la labor de fomento de la Gerencia de Minería incluye específicamente un conjunto de programas de asistencia técnica y crediticia y se realiza a partir de tres instrumentos:

- **FOMENTO MINERO:** Los fondos se destinan a localizar reservas, financiar operaciones mineras, y diseñar mecanismos para incrementar los niveles de producción y bajar los costos de operación de sus plantas.
- **FOMENTO COMERCIAL.** Su propósito se dirige a dos aspectos: 1) brindar acceso a pequeños y medianos mineros al mercado de tratamiento y venta de metales y 2) proporcionar a éstos segmentos servicios de estabilización de precios. ENAMI esta obligada a comprar toda la producción de la Pequeña Minería en base de un sistema de tarifas, y brinda un subsidio directo para suavizar las fluctuaciones del precio del cobre. Con los medianos mineros (sistema de contratos) se opera en condiciones de mercado pero se utiliza la estructura productiva de ENAMI para que estos coloquen su producto a un menor precio.

El Plan Estratégico, en materia de fomento, se orienta hacia focalizar los esfuerzos en el segmento de Pequeña y Mediana Minería “viable”. Se entiende por viables, solamente aquellos segmentos donde el conjunto empresario minero-ENAMI presente una probabilidad objetiva de llegar a una relación rentable de largo plazo para ambas partes (Mundo ENAMI, junio 1995). El primer paso en esta dirección fue el cambio en el sistema de subsidios y la derivación en el PAMMA de la responsabilidad de fomento y asistencia técnica del grupo de pequeños mineros más artesanales.

Aunque ENAMI financia totalmente su misión de fomento, el monto dedicado a esta actividad debe ser aprobado como parte del Presupuesto Nacional cada año en el Congreso. La evolución en la administración del presupuesto de fomento minero ha sido notable. En 1993 ENAMI gastó 22,9 millones de dólares (incluyendo , de los cuales el 49% se destinó al subsidio a la tarifa, 28% a los programas técnicos de fomento y 20% financiar la gestión minera). Para 1994, se inició un cambio de la política comercial y hoy en día, ENAMI opera a base de un sistema de maquilas internas que permite que cada uno de los procesos asuma sus ineficiencias. La estrategia contempla explícitamente la eliminación gradual del subsidio a la tarifa, orientándose en el largo plazo a operar únicamente con el segmento viable de la PM. A partir de entonces, ENAMI ha restringido notablemente los fondos destinados al subsidio a la tarifa. En 1995 se estableció un tope de 3,6 millones USD para los subsidios y en 1996, si bien el tope se fijó en 2 millones, hasta septiembre se llevaba gastados 1,8 millones de USD. Actualmente, en el Congreso se analiza un presupuesto de Fomento para el 97 de 18,160 millones de USD, y el tope para subsidios es de 2 millones. En adelante, el Plan Estratégico contempla continuar con la reducción del monto, y de acuerdo a las estimaciones de precios se plantean 500 mil USD para el 2.000 y cero subsidio para el 2.001 (Información Directa ENAMI).

En lo que se refiere al Fomento Minero, cabe destacar las acciones dirigidas a los Pequeños Mineros que participan de su estructura de abastecimiento. En 1995 se realizaron inspecciones técnicas en 502 minas y 61 pequeñas plantas y se beneficiaron 197 minas con un programa de asistencia técnica con financiamiento compartido. ENAMI desarrolla un programa que contempla la capacitación orientada a una mayor seguridad en faena y mejoramiento de procesos. En 1995 se destinaron 95.000 USD a programas de capacitación en 161 minas y 64.000 USD, en 34 plantas. En total, los programas de Fomento significaron 4,3 millones de dólares para la empresa, incluyendo un aporte para el PAMMA de 422.000 USD (ENAMI, 1996).

ENAMI lleva a cabo su proceso productivo en cinco plantas de beneficio, dos fundiciones y una refinera electrolítica. Su producción alcanzó, durante 1995, las 65.354 Ton de concentrado y 12.139 Ton de precipitado. De las cuatro plantas de ENAMI, la Planta Matta es la de mayor capacidad, opera con tecnología de punta y trabaja con mineral sulfurado muy homogéneo, en su mayoría proveniente de la Mina Socavón Rampa propiedad de la Minera Punta del Cobre. La plantas Taltal y Vallenar operan tanto procesos de flotación como de lixiviación para minerales de muy distintas procedencias, mientras que la planta el Salado únicamente obtiene precipitados. Con minerales oxidados, se opera con procesos de lixiviación en pilas y también con procesos tradicionales. Los datos a continuación entregan la producción de estas plantas, cuyos niveles de producción las clasifica individualmente como Mediana Minería.

#### CUADRO N°1

## PRODUCCION DE LAS PLANTAS DE ENAMI (AÑO 1995)

Planta	Producción <sup>1</sup>		Inversión
	TMS Conc.	TMS Prec.	Miles USD
<b>Taltal</b>	11,442	4,118	212
<b>Salado</b>	-	5,800	1,075
<b>Matta</b>	46,462	-	8,257
<b>Vallenar</b>	7,450	2,221	581
<b>Total</b>	65,354	12,139	10,125

<sup>1</sup> Incluye el producto de minerales de cobre, oro y plata  
Fuente: ENAMI, Memoria Anual 1.995.

Los costos de procesamiento de ENAMI tienen un amplio rango de fluctuación dadas las distintas condiciones en las que operan sus plantas, las diferencias en el caso de los procesos de lixiviación son aún mayores. Problemas como la falta de uniformidad en el mineral recibido y la alta estacionalidad en las entregas hacen que los costos se eleven frente a los que pueden obtener los complejos mina-planta medianos modernos y la gran diferencia las hacen los costos asociados a la estructura de abastecimiento. ENAMI cuenta con 15 poderes de compra localizados entre la Segunda y la Quinta Región. Entre ellos, se encuentra desde aquellos que reciben entregas de un gran número de pequeños mineros, hasta algunos que operan para recibir las entregas de apenas dos minas.

En asuntos ambientales también se verifican diferencias en los resultados de las distintas plantas, se observa tanto el caso de la Planta Matta, que opera en óptimas condiciones, como el caso de plantas que presentan problemas de manejo de relaves y que inclusive han venido depositando residuos directamente en cursos de agua. Las fundiciones han sido sujeto de importantes presiones de la autoridad, por lo que hoy operan en base de un Plan de Descontaminación.

La minería independiente ha tendido a ganar participación en la estructura de abastecimiento de ENAMI sobre pequeños y medianos mineros, para el período 90-94. Por su parte, en 1995 la Mediana Minería experimentó un importante repunte. La producción final en fundiciones fue abastecida en un 18,5% por pequeños mineros, un 44,6% por empresas de mediana minería y un 36,9% por parte de las empresas catalogadas como minería independiente.<sup>23</sup> En los años recientes se observa una caída del número de faenas pequeñas que hacen sus entregas. Cabe considerar que en los últimos años el segmento artesanal ya no se cuenta en la estructura de abastecimiento. Aspectos específicos a los segmentos en análisis se detallan a continuación.

- **Mediana Minería.**

<sup>23</sup> Dada la clasificación adoptada por el presente estudio, estos segmentos corresponden a lo que en él se agrupa como Mediana (que incluye el abastecimiento de las Plantas de ENAMI), Pequeña y Gran Minería.

Por definición ENAMI considera a un mediano productor como aquel que a pesar de tener dificultades para negociar y exportar directamente toda su producción, tiene una autonomía y capacidad empresarial suficiente como para constituirse en un abastecedor estable de sus fundiciones. Sin embargo, se puede decir que este es el caso de los productores más pequeños del segmento ya que existen otros cuyas entregas son de vital importancia en su sistema productivo y se observa una relación de mutua dependencia.

En su etapa de fundición, ENAMI se abastece de las 18 empresas medianas establecidas mencionadas anteriormente. Para 1995, las entregas crecieron en un 24.3% para los concentrados de cobre, un 75% en precipitados y un 42,8% en concentrados de oro. Como se mencionó antes, 1995 marcó un crecimiento muy importante en la proporción abastecida por la Mediana Minería. Las plantas de beneficio de ENAMI completan el grupo que se clasifica como Mediana Minería.

Las empresas de MM se abastecen de mineral de sus propias minas o de compras a terceros. Se trata de minas subterráneas y también de explotación a cielo abierto. Algunas de las empresas que participan en la fase de explotación de mineral y cuya capacidad de beneficio en planta no resulta suficiente, venden el mineral excedente en las plantas de ENAMI que se encargan de concentrarlo y fundirlo. Para 1995 ENAMI registra además de las compras de mineral sulfurado realizadas por la Planta Matta, compras de minerales oxidados de cobre, que las mineras medianas no alcanzan a beneficiar en su plantas.

Con la Mediana Minería opera a base de contratos anuales de venta y maquila, en los que se pacta una cantidad pre-establecida (cuotas de entrega), a la que se permite un margen amplio de variación. ENAMI está obligado a comprar toda la producción de estas empresas y no hace ninguna consideración en materia ambiental. Los precios pactados consideran cargos de fusión y refinado de mercado y se trabaja con mecanismos de estabilización para contrarrestar los efectos de la fluctuación del precio del cobre (futuros, opciones, etc.). ENAMI determina la ley a ser considerada en función de un proceso de muestreo que es supervisado por los mismos mineros, y se cuenta con un procedimiento para decidir en caso de conflicto entre las partes. El resto de condiciones de operación son competitivas y muy similares al trato que recibe la Minería Independiente. En este segmento hay una relación de beneficio compartido y no existe ningún subsidio explícito. La estructura productiva de ENAMI en su fase de refinado se sustenta en buena medida en la Mediana Minería, por su parte ENAMI le permite al Mediano Minero añadir valor agregado a su producto y vender cátodos en lugar de concentrados y sin necesidad de recurrir a un trader de concentrados. Así la estructura de abastecimiento de ENAMI tiene proveedores seguros y comparte un porcentaje de las ganancias de escala que obtiene con su operación con las empresas medianas<sup>24</sup>.

Según información de la SONAMI, los costos de operación de un productor estándar de la Mediana Minería corresponden en 31% al trabajo en mina (o el abastecimiento de mineral), 23% al proceso de

---

<sup>24</sup> Con la Minería Independiente no hay ningún tipo de beneficios compartidos.

beneficio, 8% al transporte tanto de mineral (entre la mina y la planta) como de concentrado (entre la planta y ENAMI) y el 38% al costo derivado de la relación con ENAMI (cargos por fusión y refinó). Una comisión de la SONAMI se encarga de las negociaciones para fijar las tarifas y pactar los volúmenes de las entregas.

En este grupo se cuentan empresas de muy distintos tamaños. Las entregas realizadas por la Mediana Minería se procesan en las fundiciones de ENAMI o se maquilan en plantas de terceros. Para 1995, ENAMI registró compras por 273.962 TMS de concentrados de cobre, 28.843 TMS de concentrados de oro y 8.733 TMS de precipitados de cobre. El abastecimiento de las fundiciones refleja un rango amplio en las capacidades de producción de estas firmas, como se observa en el Cuadro N°2.

#### CUADRO N° 2

##### ENTREGAS REALIZADAS A ENAMI POR EMPRESAS DE MEDIANA MINERIA (TMS DE PRODUCTO SECO)

	1994			1995		
	VENTANAS	PAIOTE	TOTAL	VENTANAS	PAIOTE	TOTAL
<b>Total Concentrados de cobre</b>	<b>79,041</b>	<b>96,802</b>	<b>175,843</b>	<b>78,902</b>	<b>139,684</b>	<b>218,586</b>
Las Cenizas	39,286	-	39,286	40,083	-	40,083
Punta Grande	618	16,870	17,488	-	36,317	36,317
Cerro Negro	26,282	-	26,282	20,847	-	20,847
Sali Hoschshild	858	16,931	17,789	-	18,574	18,574
Tocopilla	682	13,875	14,557	-	16,413	16,413
Carola	208	13,899	14,107	-	15,887	15,887
San José	254	13,350	13,604	-	14,986	14,986
San Esteban	-	10,990	10,990	-	14,556	14,556
Cobrex	2,279	-	2,279	11,209	-	11,209
Las Luces	-	-	-	-	9,857	9,857
Punta del Cobre	-	6,564	6,564	-	7,362	7,362
La Patagua	7,162	-	7,162	6,750	-	6,750
Coemín	-	4,323	4,323	-	5,728	5,728
Tamaya	1,412	-	1,412	13	-	13
Amolanas	-	-	-	-	4	4
<b>Total Precipitados de Cobre</b>	<b>466</b>	<b>4,241</b>	<b>4,707</b>	<b>1,177</b>	<b>7,091</b>	<b>8,240</b>
Doña Ada	200	3,091	3,291	-	4,495	4,495
Amolanas		1,150	1,150	-	1,917	1,917
Caleta del Cobre	266		266	1,177	651	1,828
<b>Total Concentrados de Oro</b>	<b>14,683</b>	<b>-</b>	<b>14,603</b>	<b>20,862</b>	<b>-</b>	<b>20,862</b>
Cerro Negro	112	-	112	-	-	-
Tamaya	4,393	-	4,393	10,101	-	10,101
Las Cenizas	16	-	16	16	-	16
Don Alberto	1,919	-	1,919	1,797	-	1,797
Maipo	8,243	-	8,243	8,948	-	8,948

Fuente: Elaboración propia a partir de la base de Datos. ENAMI.

- **Pequeña Minería.**

Una parte importante del abastecimiento de ENAMI proviene de la Pequeña Minería. Las entregas de la pequeña minería corresponden aproximadamente a un 20% del total de cobre fino producido por ENAMI y alrededor del 2% de la producción nacional de cobre, mientras que en términos globales significa empleo para alrededor de 10.000 personas que corresponde al 10% del empleo del sector. La finalidad actual del sistema, es el fomento de la actividad pequeño-minera, como método de trabajo y de vida en el norte minero chileno. La justificación, las fluctuaciones del precio del cobre, cuyas bajas estarían afectando en mayor medida a ciertos segmentos pobres de la población vinculados con la minería de menor escala. La estructura de comercialización es particularmente compleja en lo que se refiere a la minería artesanal del oro. Aquellos mineros que no entregan en ENAMI, venden su oro a otro productor empadronado, a otras plantas particulares y a comerciantes y por lo tanto su identificación resulta aún más complicada.

En el sector de Pequeña Minería, la mayoría de los productores se concentran en los tramos más bajos de la distribución, entre 0 y 200 Ton/mes para productores de minerales y entre 0 y 10 Ton/mes para productores de precipitados y concentrados. La mayor parte de entregas son de mineral oxidado y de concentrados en cada grupo respectivamente.

Para el año 95, el tramo que produce hasta 200 Ton/mes aporta el 43% de la producción, corresponde a las entregas del 90% de los productores empadronados y emplea el 86% de la fuerza laboral. Adicionalmente este grupo se lleva el 50% del total pagado a la Pequeña Minería. Para los mineros con los menores niveles de producción, la productividad media es extremadamente baja y aún cuando en los tramos superiores es significativamente mayor, estos representan un muy pequeño porcentaje del total de entrega. El tramo que entrega hasta 10 Ton/mes de concentrados y precipitados corresponde al 15% del total entregado, al 65% del total de productores y al 58% de la fuerza laboral. El ingreso que reciben constituye el 19% del total pagado a Pequeños Mineros.

Si bien no se cuenta con una serie de datos, la siguiente información permite inferir el comportamiento reciente del sector minero que opera con ENAMI. Entre 1992 y 1995, ENAMI<sup>25</sup> ha visto caer el número de productores de minerales, de concentrados y de precipitados, en particular en el rango más bajo, en donde se ubica la mayor parte de productores que han realizado entregas para estos años. En el Gráfico N° 1, para 1994 (año en el que se inicia el cambio de estrategia de ENAMI) se observa una caída importante de las entregas tanto de mineral oxidado como sulfurado de hasta 1000 Ton/mes.

---

<sup>25</sup> La información a continuación fue proporcionada directamente por la Gerencia de Minería de ENAMI y corresponde al período 1995.

También en este año se puede observar un ligero incremento en el número de entregas de mineral de oro. En este aspecto se debe tomar en cuenta que si bien el cambio hacia la producción de oro es una respuesta de los mineros frente a condiciones difíciles en el cobre, los datos presentados no logran captar todo el efecto dado que muchos de ellos venden sus productos fuera del sistema de ENAMI.

Más aún, si se observa la distribución por tramos de producción (Ton/mes), la caída se concentra en los productores de minerales de los tramos de producción más bajos, tanto para minerales oxidados como sulfurados de cobre.<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> Ver Gráficos Anexos N° 1 y 2.

### GRAFICO N° 1

¡Error!Vínculo no válido. Fuente: Base de Datos ENAMI.

Esta caída también se verifica en términos del volumen de mineral entregado. Tanto en número de productores como en volúmenes entregados, 1995 presenta una cierta estabilidad frente al año anterior y una caída en la actividad vinculada a la explotación de mineral de oro.

### GRAFICO N° 2

¡Error!Vínculo no válido. Fuente: Base de Datos ENAMI.

Por otra parte, si se observa que las entregas por productor de minerales de cobre se mantiene relativamente constantes para los productores de minerales de los tramos inferiores y hasta experimentan un ligero aumento para los tramos superiores. Esto podría ser el resultado de la derivación de los mineros más marginales hacia el PAMMA, pero también podría estar reflejando una aumento en los niveles de producción como respuesta de los mineros que permanecieron en el sistema de ENAMI frente al cambio de política de subsidios observada.

### GRAFICO N° 3

¡Error!Vínculo no válido.

Fuente: Base de Datos ENAMI.

La información acerca de los costos es muy dispersa y poco confiable. Sin embargo, a manera de ilustración se pueden observar los siguientes datos vinculados a la explotación de mineral que se entrega en ENAMI. Los cálculos a continuación se realizaron sobre la base de la información provista por ENAMI en relación al número promedio de entregas mensuales, las leyes y los costos (mina y flete) promedio por tramo y asumiendo recuperaciones del 91% (mineral de flotación) y 77% (mineral lixiviación). Para obtener el costo total a ser comparado con el precio del cobre, se utilizaron los costos de beneficio, fusión y refinó, considerados por ENAMI para fijar la tarifa.

### CUADRO N° 3

#### COSTOS DE PRODUCCION MINERALES ENTREGADOS EN ENAMI (1995: Pequeña Minería)

Producción de Oxidos cobre								
Tramo	Producción	Ley	Entregas	Costo Total	Costo Total	Costo P. St.	Costo F y R	Costo Total
TMS/mes	TMS/Tramo		% Mensual	USD/ TMS	cvs/lb fino	cvs/lb fino	cvs/lb fino	cvs/lb fino

0 -200	28,500	2.71%	91.2%	15.94	34.69	42.1	21.3	98.1
200 - 500	11,023	2.70%	6.7%	16.35	35.71	42.1	21.3	99.1
500 - 1000	6,936	2.59%	2.1%	13.76	31.33	42.1	21.3	94.7
Total	46,459		100%					

**Producción de Sulfuros de cobre**

Tramo	Producción	Ley	Entregas	Costo Total	Costo Total	Costo P. St.	Costo F y R	Costo Total
TMS/mes	TMS/Tramo		% Mensual	USD/ TMS	cvs/lb fino	cvs/lb fino	cvs/lb fino	cvs/lb fino
0 -200	6,476	3.26%	88.2%	15.52	23.76	27.7	34.6	86
200 - 500	5,351	2.94%	8.3%	14.79	25.11	27.7	34.6	87
500 - 1000	4,472	2.67%	3.6%	14.76	27.59	27.7	34.6	90
Total	16,299		100%					

Fuente: Elaboración propia con información de la Base de Datos ENAMI.

A base de esta información y si bien no se puede establecer su número, se puede inferir el alto porcentaje de mineros marginales con los que ENAMI operó en 1995, si se compara estos resultados con las proyecciones del precio del cobre hacia el futuro (alrededor de 90 cvs/lb) y se considera la concentración de las entregas en los tramos de producción más bajos de la distribución. Aún considerando las distorsiones que los costos estimados pueden presentar (desviaciones importantes con respecto a la media por tramo), se observa que un aspecto muy importante en la comercialización lo constituye la ley del mineral y en particular en el caso de los sulfuros donde se observan importantes ventajas derivadas de las altas leyes. En particular en operaciones pequeñas y aunque la productividad es menor, dado que se trata de minas de mayor profundidad en promedio, se obtienen en general leyes superiores a las de segmentos de mayor producción.

Los costos de producción de las pequeñas plantas son aún más difíciles de establecer. Dependen no solo de la tecnología que se utilice sino también del abastecimiento. Cabe mencionar que los propietarios de pequeñas plantas procesadoras de cobre tienen un mayor acceso a financiamiento que aquellos que únicamente producen minerales y aunque sus costos reflejan la ineficiencia de su tecnología, el valor agregado añadido les permite obtener una ganancia importante frente a los mineros primarios, sobretodo en aquellos casos donde la planta está asociada a una pequeña mina.

En todo caso el ingreso de los pequeños productores que abastecen a ENAMI ha estado ligado al subsidio explícito entregado. Este se inició como parte de una política para paliar los efectos de la fuerte caída del precio del cobre en los 80's. Según la estrategia actual, el monto del subsidio varía año a año, según la cantidad que ENAMI decide aportar por ese concepto y su eliminación total está contemplada para el 2.001. El monto del subsidio se expresa en forma explícita en la liquidación que recibe el minero de parte de ENAMI en el sistema de tarifas. La fórmula con que se fija las tarifas (T) que ENAMI paga a los mineros se aplica de acuerdo a su pertinencia a entregas de minerales o de concentrados y precipitados y es la siguiente:

$$T = \text{Precio}^{27} - [\text{Cargo de Beneficio} + \text{Cargo Fusión} + \text{Cargo Refino}] - [\text{Descuentos Metalúrgicos} - \text{Castigo por Impurezas}] + \text{Subsidio}$$

Por mucho tiempo los cargos por proceso se fijaron usando los costos medios de las plantas de ENAMI, que en general resultaban más altos que los de mercado, dadas las ineficiencias de algunas de ellas. A partir de 1996 y con el fin de evitar transferir ineficiencias propias de la operación de las plantas de ENAMI, las tarifas se calculan considerando los costos de una planta estándar<sup>28</sup>, para el proceso de beneficio y cargos de mercado, para la fusión y el refino. Este subsidio se restringe a productores que entregan menos de 1.000 Ton de mineral al mes o su equivalente en mineral beneficiado.

Hasta hoy, el sistema permite amplias libertades a los mineros, no existe ningún compromiso en cuanto a la frecuencia de entrega, el tipo de mineral, ni el volumen de las entregas. En la PM del cobre la relación comercial es muy frecuente, la mayor parte llega a ENAMI directa o indirectamente y el resto se vende a plantas particulares, en especial en la V y VI Región donde ENAMI carece de poderes compradores. Las proyecciones y la asignación del subsidio se hacen en base de la estimación de un “precio de sustentación” para el pequeño minero. Es decir un precio que le permita dejarse un margen que le garantice la subsistencia dados sus elevados costos. Los cálculos actuales de ENAMI estiman estos precios de sustentación en 100,8 cvs/lb, para minerales de cobre y en 95,8 cvs/lb para precipitados y concentrados. Si se estima que para el período analizado el precio del cobre será de 88 cvs/lb entonces esas brechas deberán ser cubiertas por el subsidio (hasta alcanzar el tope de 2 millones de USD) y por crédito tarifario sectorial, cuyo tope se fija en 5 cvs/lb de cobre. Los subsidios entregados vía tarifa se seguirán pactando en negociaciones periódicas hechas con la SONAMI y realizando un proceso de muestreo en las entregas para determinar la ley del producto recibido.

Conjuntamente con este sistema y la actividad de fomento minero, ENAMI ofrece crédito y otros instrumentos de estabilización de precios relacionados con los mercados de futuros y opciones. En cualquier caso se puede prever que los impactos locales y regionales de la eliminación del subsidio serán importantes, considerando que los pequeños mineros son productores de alto costo y que operan con márgenes estrechos aún con la existencia del subsidio.

Un reciente estudio realizado por investigadores de COCHILCO recoge un análisis de las series de precios y de entregas de pequeña minería, que resultan indicativas. Para los mineros que se abastecen de ENAMI, el precio es una variable clave en las fluctuaciones del nivel de ingresos ya que los cargos y deducciones aplicados son independientes del precio y se han observado relativamente constantes. El precio real del cobre indica una alta variabilidad en la última década, el valor más alto (181,7 cvs/lb en diciembre 1.988)

---

<sup>27</sup> Se consideran los precios vigentes en la Bolsa de Metales de Londres.

es de 2,5 veces el más bajo (73,6 cvs/lb en octubre 1.986). Entre 1986 y 1995 se observan grandes ciclos de baja y alza con variaciones mensuales intermedias significativas, de hecho no existe una correlación significativa entre el precio de un mes y el del anterior. Por su parte la serie del abastecimiento también muestra ciclos e inestabilidades, el volumen máximo abastecimiento (7.208 TMF en diciembre 1.990) casi quintuplica al mínimo (1.512 TMF en agosto 1.987), con una media de 4.070 TMF. En base de estos datos el estudio no encuentra ninguna correlación lineal entre las dos series analizadas, afirma que serían causas distintas al precio las que determinan el nivel de producción de los pequeños mineros (COCHILCO<sup>1</sup>, 1996).

Resulta válido considerar que otras variables como el tipo de cambio y los precios relativos de otras actividades están afectando la inestabilidad en la presencia de los pequeños mineros, y sin embargo las siguientes observaciones se consideran pertinente con respecto a los resultados precedentes y su pertinencia para el presente trabajo.

La primera es que el hecho de que no exista correlación del precio con el volumen de las entregas no implica necesariamente que no haya correlación con el nivel de actividad del sector de pequeña minería, ya que no se hace ningún análisis con respecto al número de mineros que realizan las entregas<sup>29</sup>. La respuesta de los mineros no es uniforme frente a períodos de precio bajo y esto podría estar ocasionando la ausencia de correlación de las series. Frente a períodos de precios bajos se observan conductas diferentes, abandono de la actividad, mayor producción de quienes permanece y además se debe considerar que el sector opera en general en puntos de mina, por lo que en períodos de precios bajos en el cobre se producen cambios hacia la explotación de oro. Finalmente, la evolución que ha presentado la política de fomento de ENAMI, en particular en los últimos años, sin duda ha generado un cambio en los incentivos al interior del sector que se reflejan en el número y el volumen de las entregas.

ENAMI adicionalmente administra un crédito tarifario al grupo de pequeños productores, donde el precio del cobre es el parámetro que determina la concesión y la cobranza. Este crédito consiste en pagar un monto extra en la tarifa (\$/libra) a cargo de un crédito especial para períodos de precios bajos. A la deuda se le aplica una tasa de interés similar a la de mercado y se empieza a amortizar cuando el cobre alcanza un precio determinado por el directorio y se fija un techo para la devolución. Los créditos se consolidan en una sola cuenta ya que se trata de un sector de difícil individualización, pero altamente dependiente de la relación con ENAMI.

---

<sup>28</sup> Los costos se calculan a partir de un modelo de simulación de costos de una planta eficiente, independientemente de si se procesan en una de las cinco plantas de beneficio de ENAMI o se maquilan en alguna planta privada.

<sup>29</sup> Es factible que el comportamiento de los mineros resulte poco uniforme. Por ejemplo podría darse que en períodos de precio bajo, si bien existan mineros que abandonen la actividad o se cambien al oro, también existirían ciertos mineros que aumentan sus entregas para tratar de hacer ganancias en volumen y no en margen y eso este afectando la volatilidad de la serie.

Recurre a mecanismos de futuros y opciones solo a pedido del sector<sup>30</sup>, que no podría acceder a estos sistemas por cuenta propia. Operando con futuros se fija el precio de venta con anticipación y no se puede participar ni de las alzas ni de las bajas. Por su parte las opciones permiten “coberturas participativas”, que protegen al productor de las bajas pero le permiten participar de las alzas en cierto rango. A los pequeños mineros estos instrumentos les permite conocer anticipadamente el precio que recibirán y garantizar de esta manera un ingreso mínimo para su actividad y sin embargo, también se generan incentivos no adecuados. Por un lado cuando el precio fijado en los contratos a futuro es menor que el precio spot, aumenta el incentivo para que los pequeños productores intenten colocar su producto con terceros, afectando la estructura de abastecimiento de ENAMI y perjudicando a aquellos que permanecen entregando en ENAMI. Este problema se reduce al operar con coberturas participativas. En todo caso los precios se pactan en dólares y por lo tanto no puede evitar los efectos que los períodos de apreciación tienen en particular los mineros de costo alto.

Los mecanismos de fomento que se proponen como meta de la actual estrategia están orientados a su recuperación al menos parcial. Además, se plantea operar con proyectos de operación “a éxito”. Es decir si se encuentran reservas, el negocio se comparte con ENAMI y el crédito se recupera al menos parcialmente y si no ésta asume como pérdidas los costos incurridos.

Actualmente se discuten otras propuestas, como la creación de un fondo de estabilización del precio del cobre, como mecanismo de autoseguro que permita al sector reducir la varianza del precio y operar en base de un precio de sustentación. Opiniones muy diversas han surgido en torno a este tema y por el momento la discusión no esta cerrada.

---

<sup>30</sup> Las últimas operaciones se hicieron en 1995. En 1996, los productores no solicitaron estos servicios.

### III. LEGISLACION VIGENTE Y EN PROYECTO.

En Chile se ha desarrollado gran cantidad legislación en materia de medio ambiente, cuya coordinación general está a cargo de la Comisión Nacional de Medio Ambiente CONAMA. Si bien no existen regulaciones específicas para los pequeños y medianos mineros, hay varios organismos y servicios públicos con atribuciones en materia ambiental para la Minería (Lagos, Noder y Solari, 1991 y Lagos 1993):

- SERNAGEOMIN: Este servicio dependiente del Ministerio de Minería se encarga de aplicar el reglamento de Seguridad Minera y autorizar las condiciones de operación de tranques de relaves y acopio de desmontes y rípios. En lo que se refiere a los tranques, este organismo es responsable de su cuantificación y caracterización.
- CONAMA a través de los Comités Regionales de Medio Ambiente COREMA: Definir términos de referencia para los estudios de Evaluación de Impacto Ambiental y analizar las Declaraciones de Impacto, que la Ley de Base de Medio Ambiente fija como requisitos para cada nuevo proyecto.
- Dirección General de Aguas DGA: Regula el uso y calidad de las aguas en los cursos superficiales y subterráneos. Lleva a cabo muestreos y análisis con cierta regularidad. Esta dirección depende del Ministerio de Obras Públicas.
- Dirección de Territorio Marítimo DIRECTEMAR: Es una dependencia del Ministerio de Defensa Nacional. Prohíbe arrojar diversos residuos y en particular relaves de minerales, en aguas sometidas a la jurisdicción nacional y en puertos, ríos y lagos. Puede conceder permisos para el vertimiento de determinadas materias, cuando éstas no constituyan peligro de contaminación presenta o futura.
- Servicio de Salud del Ambiente: Se le encarga el control de la calidad del aire, fija normas sobre concentraciones de varios contaminantes entre los cuales están: SO<sub>2</sub>, material particulado y Arsénico.
- Corporación Nacional Forestal CONAF: Administra las áreas silvestres protegidas (Reservas y Parques Nacionales).
- Ministerio de Agricultura a través del Servicio Agrícola Ganadero: Su función es la protección de las aguas de riego y autorización de cambio del uso del suelo.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios. Se encarga de controlar los vertimientos de residuos industriales líquidos. Es una dependencia del Ministerio de Obras Públicas.
- Servicios de Salud Regionales: A cargo del Ministerio de Salud, deben supervisar el cumplimiento de las normas de salud en el trabajo.

Aún cuando, como se mencionó, no existen regulaciones específicas para los segmentos en análisis, hay varios decretos y reglamentos que son aplicables, con sus respectivas limitaciones. En general, la legislación contempla normativas para los distintos tipos de impactos ambientales potenciales de Pequeña y Mediana Minería, aún cuando no hace ninguna especificación para estos casos. En función de lo mencionado, las siguientes regulaciones que afectan de alguna manera y/o son de potencial aplicación en los segmentos de interés.

- Decreto Supremo 185/Año 1991, reglamenta el funcionamiento de establecimientos emisores de anhídrido sulfuroso, material particulado y arsénico, en todo el territorio de la República. El Ministerio de Minería, procede solicitando un informe al Servicio respectivo según corresponda (Salud, Salud en el Ambiente, Agrícola Ganadero, etc), que junto con la información técnica deber ser evaluado en relación al cumplimiento de las normas de calidad del aire. Su aplicación se dirige fundamentalmente hacia la operación de empresas grandes y medianas.
- Código de Aguas: Establece la normativa para la asignación de derechos de aguas en todo el territorio nacional. En Chile estos derechos son asignados por el momento sin costo alguno para usos consuntivos y no consuntivos, y una vez inscritos éstos pueden transarse en el mercado.<sup>31</sup> Aspectos vinculados con estos temas, han llevado al planteamiento de una Reforma al Código, que se encuentra actualmente en análisis, en la que se incluye la cancelación de patentes por derechos inactivos y la exigencia de una justificación de uso para el peticionario. Un punto adicional lo constituye el cobro de una tarifa por los derechos nuevos a otorgarse.
- Código de Minería: Otorga al dueño de una concesión minera, el derecho al aprovechamiento de las aguas que encuentre dentro de sus labores, restringiendo su uso a las actividades mineras. Sin embargo, en la práctica es el Código de Aguas el que regula la asignación del recurso.
- La Ley 3.133/Año 1916 del Ministerio de Obras Públicas a través del Superintendencia de Servicios Sanitarios, regula los vertimientos y prohíbe vaciar (si previa neutralización o depuración) residuos líquidos y sólidos que contengan componentes nocivos para la bebida o el riego, en cauces artificiales o naturales y acueductos que conduzcan el agua a lagos, lagunas, vertientes, ríos, depósitos de agua o terrenos que puedan filtrar a napas subterráneas. Referido a esta ley existe un Reglamento para la Neutralización de Residuos Industriales Líquidos (1992), al que debe acogerse toda faena que genere este tipo de descartes y en cuyo proceso de aprobación intervienen la SGA, DGA y/o DIRECTEMAR según se requiera.
- En el mismo ámbito, el Decreto Supremo 2491/Año 1916/ MOP, establece que los establecimientos mineros metalúrgicos que construyan tranques de relaves no podrán utilizar cauces naturales o artificiales que conduzcan agua para consumo humano y riego.
- El Decreto de Fuerza de Ley 725/Año 1967, faculta al Ministerio de Salud (a través de sus Servicios) para prohibir las descargas de aguas servidas y residuos industriales o mineros y señala que no se podrán efectuar, sin previa autorización, trabajos mineros en zonas donde se han alumbrado aguas subterráneas en terrenos particulares ni en aquellos lugares cuya explotación pueda afectar el caudal o calidad del agua.

---

<sup>31</sup> Dada la importancia de este punto éste será visto con detalle más adelante en este informe.

- Decreto Supremo 286/Año 1984 del Ministerio de Salud: Regula los niveles de ruido continuos medidos al exterior de las instalaciones industriales.
- A través del Decreto de Fuerza de Ley 208/Año 1953, el Ministerio de Agricultura, prohíbe arrojar al mar, ríos y lagos, residuos o lavados (sin previa purificación) de industrias mineras de riesgo para la vida marina. Prohíbe también su disposición en lugares donde puedan ser arrastrados por corrientes de aguas.
- Decreto de Ley 2867/Año 1980 del Ministerio de Agricultura: Estipula que los establecimientos mineros y otros industriales deben adoptar oportunamente medidas técnicas y prácticas necesarias para evitar e impedir contaminación. Este Ministerio está facultado para ordenar la paralización total o parcial de las operaciones de firmas que emitan al aire o que vacíen productos o descartes en aguas, cuando se compruebe que dañan la salud o alteran las condiciones agrícolas de los suelos o provocan daños en flora y/o fauna.
- Norma Provisoria 2280/1995 de la Superintendencia de Servicios Sanitarios: Regula las descargas de residuos industriales líquidos directamente a cursos y masas de agua superficial y subterráneas, prohibiendo sobrepasar los rangos y límite máximos establecidos.
- Dos cuerpos legales guían la operación del SERNAGEOMIN : El Decreto Supremo 72 del Ministerio de Minería y el Código Sanitario (Art. 71), que regulan la presentación de proyectos para botaderos de estéril o lastre y relativos a la disposición de residuos industriales y rípios de lixiviación. Se deben encargar de hacer cumplir estas disposiciones en relación a las condiciones de los tranques, desde su construcción hasta su clausura.

En el caso de que en una visita se detecte un problema con respecto al tranque o la planta, el inspector deja por escrito el correctivo y fija un plazo para aplicarlo. Una vez transcurrido el plazo y si no se ha cumplido, se informa a la Dirección Nacional quien clasifica el daño y aplica una multa de acuerdo a la Resolución 210.<sup>32</sup> En general este tipo de acciones se toman en relación a empresas de mayor escala y en particular las multas se han fijado para empresas de MM. De esta forma son pocos los casos de multas y se han registrado únicamente dos situaciones de clausura en faenas de PM en la V Región. En uno de estos casos, el tranque ubicado dentro de una población fue calificado de altamente inestable y sin embargo, tras la clausura no se han cumplido los requisitos necesarios para la reapertura y las instalaciones permanecen abandonadas en las mismas condiciones.

- No existe legislación en torno al almacenamiento, tratamiento y disposición final de residuos industriales sólidos, ni una clasificación de sustancias peligrosas.

---

<sup>32</sup> La Resolución 210 del Ministerio de Minería fija multas asociadas al daño ocasionado por mal funcionamiento de un tranque o la planta, si es menos grave la multa va de 2 a 12,5 UTM; si es grave, de 12,6 a 25 UTM y si es

#### IV. PROCESOS PRODUCTIVOS

En esta sección se describen los principales procesos productivos y la tecnología empleada en la Mediana y la Pequeña Minería en Chile. Especial énfasis se pone en el uso del agua en los procesos, puesto que la competencia por este recurso con sus usos alternativos (agricultura, consumo humano) se ha convertido en una fuente conflicto potencial a nivel local y constituye un tema de debate en el país actualmente.

##### 1. Mediana Minería.

En Chile la fase primaria de minería - extracción del mineral desde el yacimiento - se realiza en minas subterráneas y explotaciones a cielo (rajo) abierto. La mayor parte de actividad de exploración que se realiza, la llevan a cabo empresas de Gran Minería tanto privada como estatal, aunque también se observa cierta actividad en las empresas medianas más dinámicas.

De la etapa de explotación se obtiene como resultado minerales sulfurados y oxidados que alimentan el proceso posterior. Se emplea agua fundamentalmente en la perforación, en los campamentos y en la mantención de los caminos. En buena parte de los casos las medianas empresas tienen la planta muy cerca de la mina, mientras que otras se abastecen total o parcialmente de los pequeños mineros de los distritos cercanos. Dada la ubicación de la infraestructura de ENAMI, el producto debe ser transportado hasta las fundiciones o poderes de compra, lo cual se traduce en una carga de costos importante. Tras procesos de chancado y molienda mayoritariamente mecanizados, la mayoría de las productoras de concentrados de cobre opera en base de sistemas de flotación.

El proceso de beneficio se inicia con el “chancado” que puede realizarse en varias etapas dependiendo de las características del proceso que se utilice para extraer el cobre a partir del mineral y en el que el consumo de agua se limita a los sistemas de control de polvo, cuando estos existen. La mediana minería produce concentrados de cobre, a partir del proceso tradicional de flotación de mineral sulfurado; precipitados de cobre, a base de la lixiviación de mineral oxidado y concentrados de oro, ya sea mediante procesos de flotación o cianuración. La lixiviación se hace en minerales de cobre oxidado utilizando ácido sulfúrico diluido como solución lixivante, mientras que procesos de cianuración se realizan para procesar minerales de oro.

En Chile la mayor parte del oro proviene de la zona de oxidación y este tipo de mineral resulta mucho más difícil de beneficiar por amalgamación. Los métodos más frecuentes para su beneficio en Mediana Minería son la flotación y la cianuración (García, 1978).

---

gravísimo: de 25,1 a 50 UTM. (Unidad Tributaria Mensual, cuyo valor en septiembre/96 fue de 2.800 pesos

El producto de este segmento ingresa a las fundiciones de ENAMI, donde pasa por procesos de fusión y refinación (a fuego y electrolítica) para obtener el producto final. Los procesos hidrometalúrgicos - que reemplazan el proceso tradicional - beneficio-fusión - y que han sido incorporados ya por la Gran Minería, están empezando también a ser usados en los proyectos y ampliaciones más recientes en mediana minería. En cualquier caso, es en el proceso de beneficio en el que se realiza el mayor consumo de agua en la industria minera previa a la fundición. Los otros usos alcanzan apenas entre un 7 y un 15% del total de agua que se ocupa (Le-Fort, 1996).

La flotación ha permitido la explotación de yacimientos de baja ley de cobre y oro y minerales de composición compleja. El proceso tradicional se inicia con la molienda del mineral sulfurado. Una mezcla de mineral, agua y reactivos pasa a un molino y el producto resultante alimenta el proceso de flotación, que se produce soplando aire para que el mineral suba. La espuma se conduce a espesadoras y se recupera el concentrado (el agua puede o no reingresarse al proceso). Los procesos de molienda y flotación requieren mayor cantidad de agua y de ellos resultan el concentrado y los relaves. La eficiencia en la recuperación de agua de las faenas es muy importante, de ella depende la humedad del relave. Un proceso eficiente permite no solo ahorrar recurso, sino que le da mayor estabilidad al relave y reduce el riesgo de colapso y filtración en el suelo.

Los relaves se disponen en un tranque o depósito en el que permanecen. Su nivel de humedad se ve modificado por el nivel de lluvias y las pérdidas de agua por evaporación que determine el clima de la zona. Hay diversas tecnologías de construcción de tranques. Antiguamente y dada su simplicidad y bajo costo se construía tranques “aguas arriba” (ampliaciones sobre el relave) con bajos niveles de estabilidad y alta probabilidad de colapso. Una mejor opción la constituyen los “tranques aguas abajo” (ampliaciones sobre la presa original), pero si bien implican un alto grado de estabilidad la inversión requerida es considerablemente más alta. Existen otras dos tecnologías de construcción de tranques cuyo uso se observa en la Minería Chilena: los embalses (Gran Minería) y los tranques con eje central (sobre el que se acopia el relave). Esta última opción, la más común en los proyectos que se presentan al SERNAGEOMIN (tanto en MM como en GM), si se construye con un ángulo de talud y un nivel de revancha adecuados, alcanza un muy buen grado de de estabilidad. La recuperación de agua (recirculación u otros usos) se hace básicamente a partir de la separación de aguas claras del relave espesado, otros métodos más caros y eficientes usan ciclones y filtros, que permiten una mejor resultado.

En la actualidad los procesos de lixiviación permiten tratar no solo óxidos sino también sulfuros secundarios con recuperación de hasta 80%<sup>33</sup>. La lixiviación tradicional se realiza en bateas o estanques

---

chilenos).

<sup>33</sup> Fundamentalmente a través de procesos bacterianos conocidos como Thin Layer Leachings.

utilizando una solución lixivante, que es ácido sulfúrico en el caso del cobre y cianuro en el caso del oro (cianuración). Este proceso de lixiviación por inundación requiere una mayor inversión inicial y ya no se considera en los nuevos proyectos y ampliaciones de Mediana Minería. La lixiviación en pilas es una innovación en el tratamiento de minerales de baja ley y la simplicidad del sistema permite reducir en gran medida los requerimientos de capital. Las primeras soluciones efluentes de la pila como resultado de la aglomeración están altamente concentradas en cobre, la pila actúa como un reactor en donde las reacciones posibilitan la transformación del cobre en solución para luego ser recuperado.

Mediante la precipitación con chatarra de hierro, a partir de la solución obtenida, el cobre se precipita en forma de cemento con leyes de 70 a 80% y entonces está en condiciones de pasar a la fundición (Lefort, 1996). Por su parte, la solución rica en oro y cianuro se precipita utilizando viruta o polvo de zinc o carbón activado, y la recuperación se aproxima al 90%. En el caso de la cianuración la reutilización de la solución lixivante determina una pérdida de eficiencia que obliga a que las soluciones madres sean descartadas aunque sea parcialmente. Aún cuando las soluciones de descarte que pasan al depósito tienen cianuro contenido, se debe considerar que el cianuro se degrada rápidamente y el riesgo principal está en un posible colapso de los depósitos sobre aguas o suelos y en particular de uso agrícola (Fuentes, 1984). Adicionalmente, existen distintos mecanismos utilizados para destruir depósitos de cianuros y minimizar el riesgo asociado a los descartes. La lixiviación también ha sido usada con éxito para tratar relaves de flotación de minerales alta ley.

Varias empresas medianas utilizan tecnologías de lixiviación y extracción por solventes-electroobtención, que reemplaza el proceso tradicional de flotación-fundición-refinación y que resulta no solo ahorradora en costos sino ambientalmente más limpia. Este es el caso de empresas como Punta del Cobre, Doña Ada, y Caleta del Cobre.

El proceso completo hidrometalúrgico (Lx-Sx-Ew) se usa en óxidos y algunos tipos de sulfuros de cobre. Parte con la aglomeración del mineral, se lo dispone en canchas y se construye unas pilas en cuya superficie se rocía una solución lixivante que se escurre disolviendo los contenidos metálicos. La lixiviación se realiza en pilas y no requiere inundar el mineral reduciendo costos en infraestructura y contaminación (Bustos, 1991). Los rípios se descartan y mediante la extracción por solventes se capta la solución rica en cobre y finalmente con un proceso de electroobtención se genera como producto cátodos de cobre de alta pureza (99,9% de cobre). Este proceso permite ahorrar la fase de beneficio del mineral. Las pérdidas de agua responden fundamentalmente a la tasa de evaporación y al contenido de humedad (10 a 15%) de los rípios de descarte. Este proceso presenta tres ventajas frente a la lixiviación inundada y posterior precipitación: elimina los altos costos de instalación y operación de la tradicional batea, evita ineficiencias en la disolución del cobre y disminuye el consumo de ácido y agua, que pueden ser

recuperados en mayor porcentaje y evita el descarte de soluciones ferrosas típicas de las plantas de cementación con chatarra (Bustos, 1992).

## **2. Pequeña Minería.**

La pequeña minería realiza actividades de exploración de forma muy rudimentaria y de bajo costo y sin embargo, con su labor de exploración básica ha permitido evidenciar recursos y posteriormente la puesta en marcha de importantes proyectos mineros. Los procesos posteriores se desempeñan con características propias de las faenas pequeñas dado el escaso capital y el uso de técnicas antiguas.

Se trata fundamentalmente de un segmento productor primario. Las minas subterráneas constituyen el método más difundido en la Pequeña Minería. El proceso es poco mecanizado y se opera en particular en yacimientos que requieren de un importante grado de selectividad. Se explotan en menor medida canteras y desmontes (minería artesanal).

En las pequeñas plantas son tres los procesos utilizados para beneficiar el mineral de cobre, oro y en menor medida de plata: flotación, lixiviación y amalgamación. Los principios de los procesos de flotación y lixiviación son los mismos anteriormente citados, sin embargo estos realizan con métodos antiguos, ineficientes y sin consideración alguna en relación al medio ambiente. Muchas de las plantas operan procesos combinados de amalgamación y flotación con muy limitadas capacidades de concentración, esto debido a que la flotación en algunos casos debe ser complementada para captar una mayor cantidad del oro. Los gastos asociados a una planta de lixiviación o cianuración tradicional descartan este sistema si se trata de pequeños tonelajes, y aún cuando han existido para el caso del cobre, en Chile cada vez son menos numerosas. Por otra parte, procesos de lixiviación en pilas han permitido que algunos mineros lixivien “in situ” botaderos de faenas anteriores.

En lo que se refiere a la disposición de relaves de los procesos de flotación, la construcción del tranque en PM es en general poco adecuada. Los mineros artesanales tan solo levantan con una pala un muro de piedras y tierra. No recupera agua y esto propicia filtraciones en los suelos. Además, la lluvia los desmorona. Si el minero llega a cerrar una planta, mueve únicamente su trapiche y abandona las instalaciones. El tranque abandonado constituye una fuente de riesgo ambiental. Al secarse emite polvo y con la lluvia finalmente alcanza cauces de agua.

De particular interés resulta el beneficio de mineral de oro mediante amalgamación con mercurio. En Chile, la amalgamación se observa en la recuperación de minerales de oro de lavaderos o placeros y además, asociada a la recuperación a partir de un proceso de molienda desde un trapiche (oro de mina). La ventaja de este sobre otros métodos de recuperación de oro, es su adaptabilidad al trabajo artesanal y de muy pequeña escala, que además entrega un producto final de alto valor.

Dada la escasez de agua en el Norte, se encuentran pocos lavaderos, cuya mayor parte se trabaja individualmente y se obtiene muy bajas cantidades del metal fundamentalmente en base de métodos gravitacionales (cunas y canaletas) y un proceso de amalgamación con mercurio que se lleva a cabo de forma artesanal y hasta en las mismas casas de los pirquineros. El proceso también se aplica en mineral de alta ley con presencia de oro grueso, para lo que se requiere de un proceso de molienda que se realiza manualmente o con equipos muy pequeños y de escasa capacidad (trapiche o maray).

Al mineral se le añade mercurio y se recupera la amalgama de la taza del trapiche. Este proceso trae consigo importantes pérdidas de mineral y mercurio. Para recuperar oro de la amalgama, ésta se limpia agregando un mayor cantidad de mercurio y se filtra usando cuero de ante y se obtiene una mezcla que contiene alrededor de un 30% de oro. Finalmente, el mercurio líquido se recircula y la amalgama se destila a altas temperaturas donde se produce la liberación de vapores del mercurio y se obtiene el oro comercial. Los trapiches generan adicionalmente descartes del proceso, que contienen fundamentalmente mercurio (Galaz, 1993<sup>2</sup>).

Cabe mencionar que los operadores de los trapiches manipulan el mercurio sin ningún mecanismo de protección y quedan expuestos no solo a los vapores sino al contacto directo con la piel en las distintas etapas de la amalgamación y es inevitable que una parte del mercurio sea arrastrada al depósito de descartes, cuando este existe. Las plantas arrendadas revisten un riesgo adicional ya que son operadas por pirquineros que tienen poco conocimiento sobre su funcionamiento y resulta inevitable que parte del mercurio sea arrastrado al relave. En las operaciones domiciliarias en las que intervienen todos los miembros de la familia y más aún en zonas con escasez de agua, donde el sobrenadante de los trapiches se usa para regar.

Las operaciones se realizan además sin una buena ventilación y al ser quemada la amalgama, los gases que se producen salen en parte por chimeneas (que no excede los dos metros de altura) y en parte se quedan en el ambiente exponiendo a los vapores a los mineros que operan los procesos. Situación particularmente grave, si se considera que los mineros artesanales únicamente destilan el oro en sus propias casas con un balón de gas y un mechero, con el propósito de controlar el peso que le entregan a los intermediarios.

Para recuperar en forma doméstica el mercurio y aumentar la calidad del oro que se obtiene del proceso la amalgama se destila en una “retorta” (campana con un cierre de agua inferior que se calienta mediante un soplete de parafina del tipo usado para soldar en trabajos de gasfitería y aislando la campana para conservar el calor). El oro queda en una pequeña parrilla y el mercurio se condensa y se recupera bajo el agua. La retorta se puede construir artesanalmente y permite así evitar en cierta medida la contaminación que en otras condiciones generarían los gases.



## V. IDENTIFICACION DE IMPACTO AMBIENTAL

La primera aproximación de los impactos de las actividades mineras y metalúrgicas sobre los componentes ambientales se hicieron mediante una matriz del tipo causa-efecto, que analiza las distintas fases del proceso minero, desde la minería primaria hasta el cierre o abandono de la faena minera. En base de esos resultados y de la información provista en el proceso previo se elaboró una Trayectoria de Impacto para cada uno de los segmentos analizados.

Tanto en planta como en mina, los medios que pueden ser afectados son principalmente: agua, suelo, aire, paisaje y medio humano. El impacto dependerá del proceso, de la ubicación de la faena y su cercanía a centros poblados, y del manejo que se haga de cada uno de los procesos en sus distintas fases.

### 1. Mediana Minería.

En el segmento de MM no se dispone de mecanismos de monitoreo que permitan la cuantificación del daño ambiental. En función de las características de los procesos utilizados, se analizarán los componentes ambientales considerados de relevancia en el medio ambiente en relación a las acciones principales de los diversos aspectos de una faena minero-metalúrgica.

La Mediana Minería en Chile ha venido mostrando un proceso sostenido de crecimiento sobre la base de la política de fomento, que el Estado aplica a través de ENAMI. En general, estas firmas han venido incorporando tecnologías más limpias en el proceso de beneficio y ha verificado un mejor control ambiental de sus operaciones, debido al nivel de organización, mayores recursos económicos y capacitación del personal.

Por otra parte, el desempeño ambiental de las firmas de Mediana Minería está asociado con su antigüedad en la actividad. Las empresas de instalación más reciente han venido adoptando tecnologías y a pesar de manejar importantes volúmenes de desechos por faena, presentan condiciones ambientales adecuadas y en algunos casos su gestión ambiental es similar a la de aquellas firmas de mayor escala. Aunque también algunas empresas antiguas han incorporado ya nuevas tecnologías, todavía permanecen casos que subsisten en condiciones ambientales insuficientes que escapan al control ambiental que se aplica en empresas de mayor tamaño.

Los trabajos de exploración implican la habilitación de caminos de acceso, instalación y retiro de un campamento para el personal especializado y por lo tanto eliminación de pequeñas zonas de vegetación, si es que ésta existe en la zona (podría darse en la V Región y en la IV). En los sondajes se hacen perforaciones mediante instrumentos mecánicos y con el objeto de extraer una muestra a profundidad. El movimiento de equipo pesado, instalación y retiro de campamento, habilitación de plataforma de

operación, accesos, sistema de alimentación de agua, así como el uso de explosivos, la construcción de piques, túneles y zanjas de reconocimiento, son fuentes potenciales de alteraciones en el medio. El paisaje árido del Norte hace que tanto las emisiones de polvo como la generación y depositación de material estéril no constituyan un impacto considerable.

Para el caso de las fases primarias de extracción de mineral los efectos son básicamente los mismos para toda faena y su magnitud solo depende del tamaño de la faena. Las emisiones de polvo son una fuente de contaminación, pero al igual que con la disposición de estériles, el efecto se mitiga dado el paisaje natural del Norte árido chileno, donde se ubican la mayor parte de las faenas y podría resultar un problema únicamente si se realiza de forma inadecuada en las cercanías de un centro poblado.

Los impactos ambientales asociados a la extracción de mineral son fundamentalmente originados por los cortes en la superficie, que afectan geológica y visualmente el sector. La operación de la mina genera partículas al ambiente producto de las detonaciones y actividades de carguío y transporte, que son considerables solo si se trata de faenas cercanas a zonas pobladas, lo cual es poco común en las faenas del norte. El método determina el tipo de alteración en el suelo y paisaje que se deja tras el abandono de la explotación.

Si el método de explotación se basa en el hundimiento, el suelo sobre la mina se degradará al mezclarse con otros materiales. La trascendencia de este efecto depende exclusivamente del uso alternativo del suelo en la zona de mina. Las alteraciones del suelo en el lugar de la mina afectan la vegetación que en él se sustenta, produciéndose además fenómenos de migración y reubicación de fauna, en caso de que estas existan. Instalaciones de servicio en la superficie y actividades propias de exploración y explotación, son otra fuente potencial de alteración de la flora y la fauna local.

Una forma de contaminar a partir de una faena minera se produce a través de las aguas lluvia o de cauces de agua que pasan por minas, desmontes, rípios de lixiviación, en cuyo contacto pueden incorporar contenido metálico en el agua o acidificarla. Si estas aguas fluyen a los cauces superficiales o subterráneos existe entonces un riesgo ambiental. En Chile este problema no ha sido estudiado sobretodo en función de los bajos niveles de lluvia registrados en el Norte donde se encuentra el mayor número de minas (Lagos, 1993). Según un estudio de Lagos y Luna, aún cuando en la zona Centro-Norte el nivel de lluvias es mayor, los excesos ácidos sobre la norma Chilena (aún en proyecto) se limitan a las inmediaciones de grandes minas y en ciertos casos estos resultados responden a condiciones naturales de los suelos.

Ya en el proceso de beneficio, el chancado en Mediana Minería puede generar impacto acústico y polvo en suspensión en la operación de los chancadores y en el acopio de mineral. Este proceso considera además

la utilización de un área, cuya magnitud depende de la cantidad de material procesado, en la que de existir se eliminarían la vegetación y la fauna. En general el único impacto derivado de la molienda, cuyo proceso requiere de la utilización de agua, es el ruido producido por plantas cercanas a centros poblados.

En los procesos de flotación, la separación del cobre o el oro se produce gracias a la ayuda de reactivos que se adicionan al sistema. El factor de riesgo más importante en estos procesos lo constituye la disposición de los descartes. Los relaves de flotación contiene aún metal que no pudo flotar por diversas razones, y aún cuando la mayor parte de reactivos los recoge el concentrado, son susceptibles de generar impacto sino son dispuestos en un lugar impermeabilizado para que no alcancen el suelo ni aguas subterráneas. Si el tranque no está bien construido, existe además el riesgo de derrames y filtraciones. La operación de la planta del proceso de flotación tradicional requiere importantes volúmenes de agua, con lo que se afecta las reservas que también se verían afectados por derrames no controlados.

Los procesos de lixiviación se usan en Chile desde hace muchos años para beneficiar minerales oxidados de cobre y una vez disuelto el mineral se precipita añadiéndole chatarra de fierro, un proceso tradicional requiere de bateas a las cuales se les añade la solución y la chatarra de fierro. La Mediana Minería produce pocos volúmenes de precipitados, el proceso no es muy frecuente y además las empresas han ido incorporando tecnologías de lixiviación en pilas. Este método no solo permite la reducción de costos sino que su impacto ambiental es menor que el de la lixiviación por inundación.

La lixiviación genera alteraciones en el paisaje derivados del cambio en su fisonomía y posibles daños en el suelo. Existen riesgos vinculados a esta actividad si el proceso no se lleva de forma adecuada y en particular si no se realiza una correcta impermeabilización de las canchas donde se produce la lixiviación. El impacto de la lixiviación en pilas es menor en suelo y aguas, si se realiza un procesamiento y reciclaje adecuado de los reactivos. Derrames eventuales de soluciones y el botadero de rípios, presentan un riesgo potencial de alteraciones en el suelo y el paisaje. La lixiviación en botaderos e in situ pueden generar efectos en recursos de agua cercanos, dependiendo del grado de impermeabilización del sector. También puede producirse dispersión de la solución con el viento en el caso de los botaderos. El impacto en la etapa de precipitación se manifiesta principalmente a través del descarte de soluciones saturadas en fierro. La acumulación inadecuada de chatarra puede generar alteraciones en el paisaje.

Los puntos críticos de la operación en planta de la mediana minería los constituyen la disposición de relaves, la ubicación de las faenas y el uso inadecuado de recursos de agua. La fundición de cobre es el proceso que causa los efectos más significativos en cuanto a emisión de gases se refiere. La Mediana Minería alcanza niveles importantes de producción y aunque no participan de la fundición y refinación, son los productores y abastecedores de estos procesos.

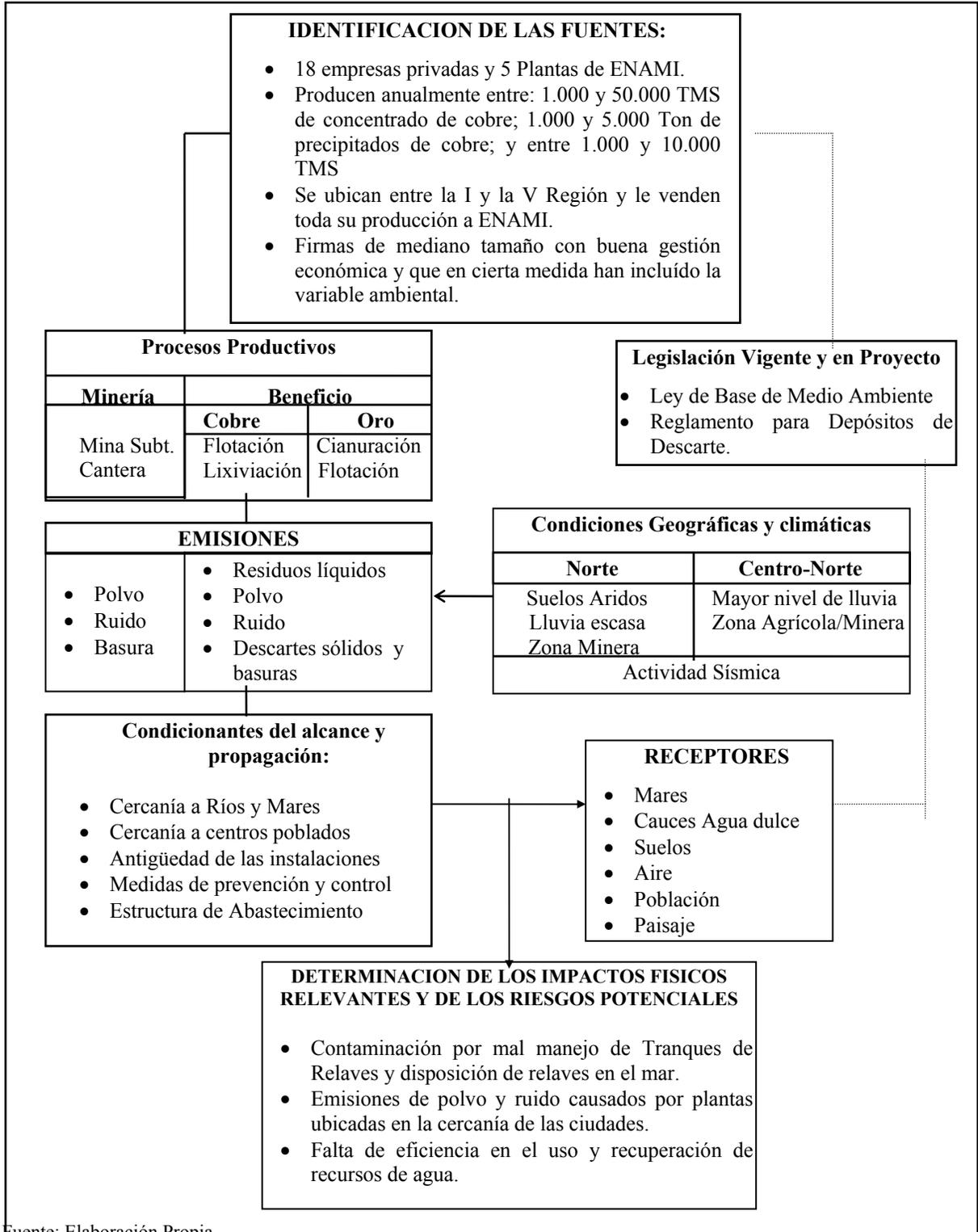
Una diferencia fundamental entre los procesos de flotación y lixiviación está en las características del tranque asociado a cada uno de ellos. En general los reactivos de flotación no constituyen mayor problema, no son sustancias peligrosas y además quedan atrapados en el concentrado. Las lamas de relaves, tras algunos meses de operación, se encargan por sí mismo de impermeabilizar el suelo. Distinta es la condición de los relaves de lixiviación de cobre y cianuración de oro, cuyos derrames revisten mayor riesgo para suelos y aguas, dados sus contenidos de ácido sulfúrico y cianuro. Cabe mencionar que en general la Mediana Minería ha venido incorporando nuevas tecnologías en la construcción de tranques y en particular en relación a la ubicación de los tranques.

En lo que se refiere al uso consuntivo las últimas estimaciones indican que la minería demanda 4,5% del recurso, el resto de la industria el 6,5% y el 4,4% se destina al abastecimiento de agua potable. De Santiago hacia el Norte un 80% de las peticiones de derechos son para aguas subterráneas. (Minería Chilena, 03/96) En ciertas zonas del Norte Chileno se ha asignado la totalidad de los derechos de agua disponibles. Para 1995 la minería en la segunda región tiene entre el 50% y el 60% de los derechos de agua consuntivos inscritos, altamente superior al 4,5% registrado como promedio nacional. En la zona centro norte y en particular hacia el Sur del Río Copiapó, el riego concentra los mayores requerimientos de agua (alrededor del 70% de los derechos consuntivos de la zona). El problema de escasez ha sido menor, pero la competencia con otros sectores se hace más fuerte.

La minería de mayor escala con tecnologías adecuadas y condiciones de operación uniformes, que le permiten optimizar los consumos de agua, en particular en la Gran Minería. También las medianas mineras registran cierta eficiencia en el aprovechamiento del agua y en particular en zonas de mayor escasez, donde los incentivos al ahorro y a desarrollar nuevas tecnologías han sido mayores. (Le-fort, 1996) Por su parte, las plantas medianas de ENAMI donde los pequeños mineros entregan su producción, operan por lo tanto con minerales de muy distinta procedencia. Esto último implica una alta varianza en las condiciones de operación de planta que tampoco tienen una infraestructura eficiente para la recuperación de aguas. Cabe destacar el inicio de la utilización de agua de mar para alimentar los procesos de beneficio realizado por la planta Taltal.

FIGURA N° 4

**LA TRAYECTORIA DE IMPACTO EN MEDIANA MINERIA**



Fuente: Elaboración Propia

En el catastro de tranques realizado por el SERNAGEOMIN en 1988, se determinó la existencia de 807 depósitos de residuos mineros en operación, en proyecto y abandonados. Para 1992 el número se incrementó hasta 866 depósitos y a comienzos de 1996 se actualizó este catastro, alcanzando un total de 917 tranques.<sup>34</sup> Si bien no se dispone de datos exactos sobre el tamaño de los tranques ni del segmento al que pertenecen, se puede inferir que una fracción importante de estos tranques corresponden a la Pequeña Minería y en particular en lo que se refiere a tranques de relaves (se hacen tranques de menor capacidad que se saturan pronto y se abandonan, para pasar a operar en uno nuevo).

No se cuenta con estimaciones sobre los relaves que generan estas empresas. Sin embargo, si se considera que el 45% del concentrado que se usa como insumo para producir las 210.000 Ton de fino de ENAMI, una ley del 1,5% y una tasa de recuperación del 92%, la Mediana Minería estaría generando alrededor de 6,85 millones de toneladas de relaves y desmontes al año. En lo que se refiere a las 18 empresas de Mediana Minería, según información del SERNAGEOMIN a este segmento le corresponderían alrededor de 30 tranques (operación, proceso y abandonados), así como los estanques de evaporación correspondientes a las empresas que lixivian o cianuran minerales.

La disposición de relaves directamente directamente en cauces de agua no es frecuente en el caso de la Mediana Minería en Chile ya que en general dado el tamaño de sus operaciones, deben pasar por el control del SERNAGEOMIN (Lagos, 1993). En cuanto a los tranques en operación, la mayoría han pasado por esta supervisión y han sido construidos con el sistema de eje vertical. Los tranques en proyecto, deben obtener la aprobación del SERNAGEOMIN y por lo tanto no plantean un problema.

Dado que la mayor parte de relaves se generan en zonas áridas, su evaporación es mayor y la posibilidad de contaminar napas subterráneas a través de filtraciones se ve reducida. Sin embargo, se produce contaminación a través del polvo que se emite a partir de los tranques secos. En Mediana Minería, los tranques abandonados, salvo los casos ya mencionados, no han sido manejados correctamente y algunos de ellos se encuentran colapsados, sin que por el momento las autoridades tengan la capacidad para que las empresas se responsabilicen por los efectos causados.

Existen tres plantas que están cerca del mar, el donde el riesgo se incrementa frente a la posibilidad de una crecida que se lleve el contenido del tranque y contamine aguas de mar. Si bien una de ellas ha tomado precauciones adecuadas, subsisten casos identificados en los que los relaves se disponen directamente en el mar, que deben corregidos.

---

<sup>34</sup> Es la única fuente con respecto al número de tranques. Aunque se asegura que en esta estadística se incluye la totalidad de los depósitos existentes, el total parecería estar subestimado.

Las plantas que están ubicadas en la cercanía o dentro de centros poblados son susceptibles de generar un mayor impacto, si no se toman las precauciones adecuadas. Sin embargo, empresas como Las Cenizas y Sali Hoschtchild han sido sujeto de mayores presiones, que han intensificado el control. En el primer caso las emisiones de polvo a partir de tranques abandonados se han reducido con la reforestación de los mismos, y en el segundo caso, se ha elaborado un plan de reubicación de la planta de beneficio.

Dos son los aspectos asociados al manejo del agua en la Minería: 1) escasez en particular en el Norte y 2) contaminación por mal manejo de los procesos. En lo que se refiere a la utilización de este recurso, la mayor parte del trabajo realizado se concentra en la minería del cobre, sin embargo y dado que esta es la actividad más importante en la minería chilena, constituye una buena aproximación de la situación entre la I y la VI Región. Un estudio reciente sobre el consumo de agua en la minería del cobre, cuantifica y proyecta la demanda de agua por el sector, en base de un modelo que considera distintos niveles de eficiencia en la recuperación de agua en faenas tipo donde son tratadas por flotación 1.000 Ton de mineral al día. Si bien el volumen de producción es alto y está fuera del rango de nuestro análisis, las cifras son indicativas. Se estima que una faena de alta recirculación consume cerca de 843 m<sup>3</sup> / día, mientras que una de baja consume 1.362 m<sup>3</sup>/día. Por su parte los procesos hidrometalúrgicos consumen en general menos cantidad de agua, ya que el proceso en sí no sólo requiere menos cantidad de agua, sino que también permite una mayor recuperación. Una faena de este tipo utilizaría 468 m<sup>3</sup> / día de agua.<sup>35</sup> (Le-fort, 1996) Los datos anteriores verifican la alta conveniencia de implementar mecanismos de recirculación de agua en los procesos.

## **2. Pequeña Minería.**

En Chile muchos de los yacimientos son vetas de poco espesor que requieren de un importante grado de selectividad y por este motivo, las minas subterráneas constituyen el método más difundido en la Pequeña Minería. En la Pequeña Minería los procesos de flotación y lixiviación se hacen en base a técnicas rudimentarias. Muchas operan con pequeños trapiches y plantas artesanales con muy limitadas capacidades de concentración.

Cada uno de los procesos en las fases de explotación y en la de beneficio, tienen asociados diversos efectos sobre el medio ambiente. Con el fin de caracterizar los impactos de la PM de forma más precisa, se utiliza la información disponible en el trabajo realizado por el equipo del Ministerio de Minería, en el que se estudian plantas y minas de los rangos y ubicaciones de mayor frecuencia, en el sector de pequeña minería en Chile. Una vez determinados los procesos y rangos a estudiarse, que constan en el cuadro a continuación, se seleccionaron específicamente 10 plantas y 2 minas en operación. El proceso de selección de las faenas de estudio se llevó a cabo con la participación de expertos en el tema de una

---

<sup>35</sup> Los procesos de precipitación de mineral son definitivamente los más ineficientes desde el punto de vista del consumo de agua y no son analizados.

consultora privada, del Ministerio y los SEREMI de Minería, lo cual garantiza que las plantas y minas son verdaderamente representativas.

**CUADRO N° 5**  
**Faenas Seleccionadas**  
(Ton por día)

<b>PROCESO</b>	<b>Rango de Producción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Plantas por Rango</b>
<b>Amalgamación</b>	0-25	Am	75
<b>Flotación-Amalgamación</b>	0-25	AF <sub>1</sub>	50
	26-50	AF <sub>2</sub>	26
<b>Flotación</b>	0-50	F <sub>1</sub>	54
	51-200	F <sub>2</sub>	26
<b>Lixiviación</b>	0-50	Lx	40
<b>Mina Subterránea</b>	0-10	S <sub>1</sub>	
	11-50	S <sub>2</sub>	

Fuente: Ministerio de Minería. Pre-informe Final.

Los antecedentes recopilados en las visitas a terreno permitieron confeccionar una ficha para cada una de las faenas, en la que se recogieron sus características principales. Adicionalmente a esta caracterización se realizaron mediciones en aguas de descarte y suelos, con el propósito de cuantificar el impacto generado a partir de cada uno de los casos en estudio.

Tanto en planta como en mina, los medios susceptibles de ser afectados que se consideran son principalmente, agua, suelo, aire, paisaje y medio humano. Las mediciones realizadas se hicieron con respecto a diversos elementos y el análisis de su concentración en relación a las normas disponibles. Se trabajó con distintos métodos de medición, de acuerdo al elemento analizado. Un resumen de los resultados cualitativos en cada faena se presenta en el Cuadro Anexo N° 36.

Se realizaron mediciones únicamente de los residuos de descarte de plantas que descargan en un tranque o depositan sin control en sus instalaciones. No se hicieron mediciones en aguas alledañas, dado que se considera que no hay procesos antrópicos que adicionen contaminantes una vez que los descartes alcanzan los cauces de agua (posibles sobreconcentraciones pueden responder a las condiciones naturales del terreno). Los elementos se analizaron con relación a la Norma Chilena en Proyecto (mencionada en el marco legal) y dado que el contenido de las aguas de descarte difiere de acuerdo al proceso que se utilice, las mediciones, responden a las características propias de cada uno de ellos.

El suelo se analizó independientemente del proceso. Se utilizó el listado de contaminantes tóxicos o residuos sólidos en suelos elaborado por la EPA, con el propósito de analizar los elementos nocivos derivados de los procesos, más allá de las aguas de descarte. La concentración de cianuro fue analizada

solamente en las primeras faenas, donde resultaron sumamente bajas, por lo que se decidió no seguir con las mediciones.

Otros tres elementos fueron considerados en función del análisis cualitativo a partir de la observación y análisis de terreno: emisiones al aire (polvo, gases y vapores), ruidos y vibraciones y alteraciones en el paisaje.

Estas mediciones y aproximaciones permitieron caracterizar el impacto de cada una de las faenas seleccionadas y con el propósito de definir el impacto asociado a una faena típica, se tomaron los resultados obtenidos y se los adaptó a la producción media para el rango analizado con un horizonte de trabajo normal de 10 años.

La caracterización de impactos precedente permite alcanzar dos objetivos: 1) establecer de forma aproximada el grado de impacto ambiental de las faenas identificadas y 2) clasificar las faenas susceptibles de generar impactos específicos asociados al riesgo potencial de cada uno de los procesos utilizados en ellas.<sup>36</sup>

Sobre la base de la información recogida no se encontraron impactos clasificados como de gran importancia<sup>37</sup> en ninguna de las categorías analizadas: aire (contaminación); agua (contaminación y consumo); suelo (contaminación y cubrimiento); alteraciones de flora, fauna y paisaje; y medio humano (salud y empleo). Consistentemente con lo anteriormente mencionado, los impactos de mayor significancia identificados corresponden en su mayor parte a la operación de las plantas de beneficio y en particular a la disposición de aguas de descarte.

En términos generales se puede mencionar: riesgo por ubicación de planta en zona urbana o en las cercanías de ríos o cauces naturales; contaminación de suelos y cauces por descargas de residuos líquidos y derrames y filtraciones de tranques; contaminación de suelos con basura doméstica y filtraciones a aguas subterráneas a partir de los tranques de relaves. Si bien el manejo del mercurio no es masivo, se pueden identificar efectos sobre quienes participan de los procesos directamente y en particular en los casos artesanales.

Las plantas de flotación de mayor tamaño responden por la mayor parte de los impactos de relevancia relativa<sup>38</sup> identificados: contaminación de aguas, cubrimiento de suelo, alteración de paisaje, y nivel de empleo. Adicionalmente, las plantas de lixiviación aún en el rango más bajo de 0-50 Ton por día, reflejan un impacto de relevancia relativa en contaminación de agua. Es de particular importancia señalar, que no se

---

<sup>36</sup> Los resultados obtenidos para cada faena típica constan en el Anexo 2 del presente informe.

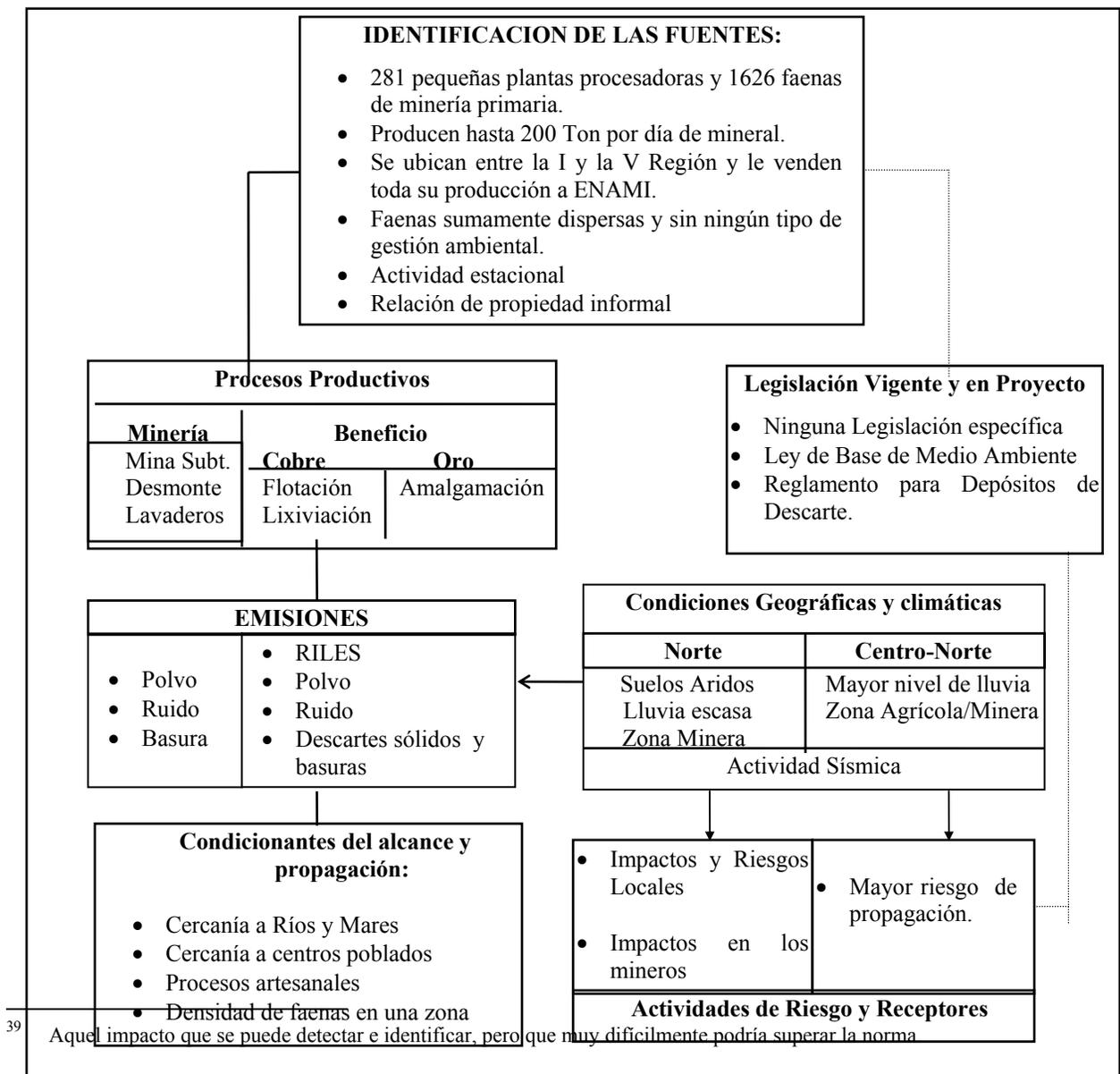
<sup>37</sup> Impacto que sobrepasa la norma ambiental considerada. Para el nivel de empleo es aquel que involucra a más de 50 trabajadores locales.

<sup>38</sup> Impacto que sin un manejo adecuado de los procesos, podría sobrepasar las normas.

identifican impactos que superen el nivel de escasa relevancia<sup>39</sup> en el análisis de la salud de la población, contaminación de aire y consumo de agua. Tampoco el nivel de empleo presenta mayores niveles de impacto, salvo para el caso ya mencionado y para las minas subterráneas que operan en el rango de 10 hasta 50 Ton por día. Finalmente varias de las otras actividades propias de los segmentos, no mencionadas en el presente resumen de resultados, se registraron con ausencia de impacto.<sup>40</sup>

En los recuadros a continuación se resumen los efectos que presenta la Pequeña Minería en los distintos medios, a través de una trayectoria de impacto. Adicionalmente, y como una aproximación de los riesgos potenciales, un tercer recuadro a continuación resume los efectos en los distintos medios asociados a las actividades y faenas susceptibles de generarlos.

**FIGURA N° 5  
TRAYECTORIA DE IMPACTO PEQUEÑA MINERÍA**



Fuente: Elaboración Propia

---

<sup>40</sup> Las faenas no presentan probabilidad ninguna de generar impacto producto de sus procesos.

**FIGURA N° 5 (Continuación)**

<b>Actividad de Riesgo</b>	<b>Receptor Afectado</b>	<b>Impacto Específico</b>
Descarte de Residuos	Agua	<p>* Infiltración Parcial de aguas de descarte con contenido tóxico en plantas ubicadas en las riberas de los ríos. Las aguas de descarte de los procesos de lixiviación son de mayor efecto por su acidez y alto contenido de cobre, fierro y sulfatos.</p> <p>* Riesgo de rebalse o deslizamiento de los tranques o depósitos y en particular de los que están en las inmediaciones de los ríos.</p>
	Suelo	<p>* Cambio permanente en su calidad, producto de depósitos de relaves, basura industrial y otros residuos propios de los procesos. Especial preocupación implican los tranques abandonados.</p>
	* Contaminación de suelos y cauces de agua por manejo inadecuado de basuras industriales y desechos orgánicos no degradables.	
Manejo de Mercurio	Salud del Minero	<p>* Envenenamiento con vapor de mercurio en procesos de destilación. Riesgo para el minero y su familia en particular en procesos artesanales de oro.</p> <p>* Intoxicación por mercurio por transformaciones bacteriales, en personas (minero, sus familias y población cercana) o animales a través del agua potable, la alimentación o el aire.</p>
Abandono de mina	Riesgo de Accidentes	<p>* Ninguna señalización implica riesgos de accidentes en zonas piques y labores. Particularmente importante en minas artesanales.</p>
Emisión de Polvo y Ruidos	Calidad de Vida	<p>* Emisión de polvo y ruidos en poblados cercanos a las faenas.</p>

Fuente: Elaboración Propia sobre información Ministerio de Minería, Pre-informe Final.

**FIGURA N° 6: RIESGOS POTENCIALES ASOCIADOS A FAENAS DE PEQUEÑA MINERÍA**

Medio	Efecto	Agente Contaminante	Fuente	Observaciones	Tipo de Faena Susceptible de generar impacto
Aire	Contaminación	Polvo	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tránsito de camiones en caminos de tierra</li> <li>✓ Trituración en seco al descubierto con chancadores</li> <li>✓ Remoción de Polvo desde tranques abandonados o ripios secos</li> </ul>	Número de camiones/Rango de producción. Máximo 25 por día. Rango de Producción	F <sub>2</sub> , S <sub>2</sub> AF <sub>2</sub> , F <sub>1-2</sub> , Lx Am , AF <sub>1-2</sub> , F <sub>1-2</sub> , Lx, S <sub>3</sub> , D
Aguas	Contaminación	Vapor Tóxico	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Volatilización del mercurio por fundición de la pella</li> <li>✓ Vapores producidos por reacciones químicas</li> </ul>	Acidos, aceites, orina Rango de Producción, contenido por proceso Calidad del depósito y contenido por proceso Rango de Producción Rango de Producción/Origen (potable, pozos, canales, otros)	Am, AF <sub>1-2</sub> No se detectó impacto potencial
		Olores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reacciones químicas, reactivos utilizados</li> </ul>		No se detectó impacto potencial
		Residuos líquidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Descargas del proceso a depósitos</li> <li>✓ Filtraciones desde depósitos de relaves</li> </ul>		Am , AF <sub>1-2</sub> , F <sub>1-2</sub> , Lx, Lv Am , AF <sub>1-2</sub> , F <sub>1-2</sub> , Lx
	Consumo	Aguas Servidas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Trabajadores</li> <li>✓ Requerimiento del proceso</li> </ul>		Am , AF <sub>1-2</sub> , F <sub>1-2</sub> , Lx, S <sub>2</sub> Am , AF <sub>1-2</sub> , F <sub>1-2</sub> , Lx, S <sub>2</sub>
Suelo	Contaminación	Riles	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Filtraciones desde depósitos de relaves</li> </ul>	Calidad del depósito y contenido por proceso	Am , AF <sub>1-2</sub> , F <sub>1-2</sub> , Lx
		Elementos Tóxicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Manejo del proceso de producción</li> </ul>	Rango de Producción, contenido por proceso	Am , AF <sub>1-2</sub> , F <sub>1-2</sub> , Lx
	Cubrimiento	Basuras Industriales	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Chatarra, madera, recipientes metálicos, etc.</li> </ul>	Rango de Producción	AF <sub>1-2</sub> , F <sub>1-2</sub> , Lx, S <sub>2</sub>
		Instalaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Industriales, campamentos, oficinas, bodegas, etc</li> </ul>	Rango de Producción/Área cubierta	Am , AF <sub>1-2</sub> , F <sub>1-2</sub> , Lx, S <sub>2</sub>
Flora	Alteración	Residuos líquidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Descargas o filtraciones hacia aguas superficiales en zonas agrícolas</li> </ul>		Am , AF <sub>1-2</sub> , F <sub>1-2</sub> , Lx, Lv
Fauna	Alteración Hábitat	Ruidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ trituración con chancadores, trapiches, molinos</li> <li>✓ Funcionamiento de equipos</li> </ul>	Rango de Producción Compresores, carguíos, motores, etc.	AF <sub>2</sub> , F <sub>2</sub> , Lx AF <sub>2</sub> , F <sub>2</sub> , Lx, S <sub>2</sub>
Paisaje	Alteración	Instalaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Industriales, campamentos, oficinas, bodegas, etc.</li> </ul>	Rango de Producción/Área cubierta	Am , AF <sub>1-2</sub> , F <sub>1-2</sub> , Lx, S <sub>2</sub>
		Restos líticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Depósitos del proceso: ripios, tranques, desmontes</li> </ul>	Rango de Producción	Am , AF <sub>1-2</sub> , F <sub>1-2</sub> , Lx, S <sub>2</sub>

Humano	Salud de la Población	Polvo	✓ Tránsito de camiones en caminos de tierra	Número de camiones/Rango de producción. Máximo 25 por día.	F <sub>2</sub> , S <sub>2</sub>
			✓ Trituración en seco al descubierto con chancadores	Rango de Producción	F <sub>2</sub>
			✓ Remoción de polvo desde tranque o ripios secos		No se detectó impacto potencial
	Ruidos	✓ Trituración con chancadores, trapiches, molinos	Rango de Producción/ distancia a centros poblados	Am, AF <sub>1-2</sub> , F <sub>1-2</sub> , Lx, S <sub>2</sub>	
			✓ Funcionamiento de equipos	Rango de Producción	Am, AF <sub>1-2</sub> , F <sub>1-2</sub> , Lx, S <sub>2</sub>
	Vibraciones	✓ Funcionamiento de equipos pesados		No se detectó impacto potencial	
	Nivel de Empleo			Rango de Producción	Am, AF <sub>1-2</sub> , F <sub>1-2</sub> , Lx, S <sub>1-2</sub>

Fuente: Ministerio de Minería (1996)

En función de la información precedente, cabe mencionar los siguientes resultados sobre los efectos ambientales generados por la PM:

- Del análisis de suelos realizado por el Ministerio de Minería, no se evidencia una acción contaminante en la actividad del segmento pequeño minero.
- El impacto identificado como de mayor importancia tanto actual como potencial es el que se deriva de las descargas de residuos líquidos de las plantas. Según las mediciones del Ministerio de Minería, los siguientes son los contenidos:
  - \* Residuos líquidos en Amalgamación y Flotación: En las muestras obtenidas en los tranques de relaves revelan contenidos de mercurio y cobre superiores a la norma. Si aguas de descarte contaminadas con niveles de mercurio sobre la norma son arrastradas a cauces naturales, pueden significar un riesgo para el hombre si consume especies provenientes de esas aguas (peces y otras especies tienen la propiedad de concentrar mercurio en su sistema nervioso). Igualmente si agua contaminada con cobre se destina al riego, el consumo humano de éstos cultivos o de animales que se alimenten de ellos, implican un riesgo para la salud: hepáticos, neurológicos, dermatológicos, etc.
  - \* Residuos líquidos en Lixiviación. Hierro (derivado del uso de chatarra en la precipitación), cobre (que no se precipita en el proceso), sulfatos, arsénico y pH presentaron concentraciones superiores a la norma en este tipo de relaves. Aguas contaminadas con hierro, cobre, arsénico y pH, conllevan riesgos para la salud humana.
- En base de los resultados de las mediciones, el trabajo del Ministerio de Minería estima que el 40% de las plantas pequeñas no se ubican cerca de las minas, sino que están ubicadas ya sea en una zona urbana o en las cercanías de un cauce natural, donde tienen mayor acceso a los recursos y a un menor costo. Para el resto de plantas se estima que alrededor del 50% de los depósitos de relaves están copados o en mal estado y un 40% en regular estado.<sup>41</sup> Cabe mencionar que esta extrapolación se hace a partir de la información de las 12 faenas visitadas, por lo que son valores que incorporan desviaciones estadísticas importantes.
- No se detecta efectos que correspondan a situaciones no consideradas en los reglamentos ambientales existentes o en estudio. Sin embargo, existen serios problemas de fiscalización y seguimiento que llevan a la no observancia e incumplimiento de la mayor parte de estos.
- Haciendo la misma aproximación realizada para la Mediana Minería, en relación a la cuantificación de los relaves generados por la Pequeña Minería y considerando que ésta aporta el 20% del total del

abastecimiento de ENAMI, se estima que este segmento genera alrededor de 3 millones de toneladas de relaves. Este volumen corresponde aproximadamente el 40% del total generado por la Mediana Minería y sin embargo, las condiciones en que se maneja son poco adecuadas y los riesgos asociados son mayores en particular para aquellas plantas localizadas cerca de ríos, mares y centros poblados.

- El catastro de tranques de relaves y depósitos realizado en 1990, indica que más del 80% de los depósitos de relaves corresponden a tranques de relaves, de los cuales el 9% están en condiciones inaceptables. Aproximadamente la mitad de los depósitos existentes presentan condiciones inferiores a aceptable, ya sea por inestabilidad de los muros, filtraciones hacia la superficie, ubicación peligrosa, etc. No existe una información resumida con respecto a la distribución de estos tranques en minería, tampoco se cuenta con datos más recientes, ni con información adicional con respecto al área que cubren los tranques ni al uso alternativo del suelo en la zona donde se ubican. Sin embargo, se observa que la mayor concentración de depósitos y tranques de relaves y depósitos de ripios de lixiviación se produce en las regiones III y IV, lo cual es consistente con la mayor actividad pequeño minera en estas regiones respecto al resto del país. Adicionalmente, en este sector se abandona faenas sin ninguna planificación ni control por lo que gran parte de la responsabilidad por la gran cantidad de tranques abandonados le corresponde a la Pequeña Minería.
- Un problema particular lo presentan los pequeños mineros que operan con procesos tradicionales ineficientes en la recuperación de agua, lo que hace suponer un consumo relativo más elevado por volumen de mineral tratado que en plantas de mayor escala, aunque su consumo efectivo resulte mucho menor.
- De otra parte, el manejo del mercurio constituye un riesgo claro para los mineros que operan con él sin protección y sin conocimiento de los riesgos en que incurren. Los efectos adicionalmente pueden transmitirse en las localidades donde operan, a través de los gases que se despiden en la destilación del oro y de las aguas contaminadas con mercurio y metales que en algunos casos se utilizan para regar.

En base de estos resultados, se puede concluir que la Pequeña Minería dados sus bajos niveles de producción, amplia dispersión y las condiciones geográficas y climáticas de las áreas donde la actividad se concentra en mayor medida, no constituye un factor relevante de contaminación ambiental en Chile. Sin embargo, sí presenta riesgos locales asociados a las plantas de beneficio, en razón de los efectos asociados a sus actividades y en particular a su disposición de relaves, y riesgos directos para los mineros que operan en contacto con mercurio. Son de particular importancia aquellas faenas ubicadas en zonas urbanas, cuya mayor concentración se observa en las comunas de Diego de Almagro (III Región) y Andacollo (IV Región). Y por otro, en las faenas que se ubican a lo largo de las riberas de los Ríos Copiapó e Ilapel

---

<sup>41</sup> Ver Cuadros Anexos.

## **VI. CONCLUSIONES Y ESTRATEGIA.**

Por los antecedentes entregados en los capítulos precedentes y por la discusión contenida en ellos, las estrategias y conclusiones que se presentan respecto al tema ambiental son distintas para cada sector considerado. Es necesario tener en cuenta que, en general, el impacto ambiental de la MM y la PM no son muy significativos y probablemente el principal problema son las emisiones gaseosas de las fundiciones, problema que, tal como argumentamos más abajo, está relacionado con los segmentos analizados por el rol que cumple ENAMI en la actualidad. Sin embargo, lo anterior no quiere decir que no existan impactos actuales y potenciales que puedan evitarse. A continuación se detallan los puntos básicos de la estrategia en cada caso para los impactos ambientales identificados. En el corto plazo, la estrategia utiliza la institucionalidad existente para la cual se proponen pequeñas variaciones. Se hacen recomendaciones en relación a la política de fomento del Estado que incluyen algunos lineamientos generales que abarcan a ambos segmentos, y finalmente, se mencionan aspectos legales e institucionales a ser tomados en cuenta.

### **1. Estrategia en Relación a los Impactos ambientales Identificados.**

- **Mediana Minería.**

La Mediana Minería en Chile ha venido mostrando un proceso sostenido de crecimiento. Este sector agrupa apenas 18 firmas, cuya fiscalización no se presenta complicada, ni requiere de mecanismos distintos a los que se han venido utilizando para la Gran Minería.

Más aún si se considera que muchas de éstas empresas han venido incorporando tecnologías más limpias en el proceso de beneficio y presentan condiciones ambientales adecuadas. El desempeño ambiental de las firmas de Mediana Minería está asociado con su antigüedad en la actividad. Las empresas más nuevas en general han venido adoptando tecnologías nuevas y limpias y su gestión ambiental es similar al de aquellas de mayor escala.

Se requiere únicamente normalizar los procedimientos y generalizar el control, concentrando la labor fiscalizadora en el SERNAGEOMIN, para asegurar que las empresas cuyo manejo ambiental no es apropiado no escapen al control ambiental que se aplica en empresas de mayor tamaño. En todo caso, este sector no requiere de mecanismos distintos a los que se han venido utilizando para la Gran Minería.

Los siguientes puntos fundamentales asociados a los problemas ambientales identificados en la Mediana Minería, forman parte de la estrategia a ser desarrollada en este segmento:

1. Con respecto a las plantas que depositan relaves directamente en cauces de agua y en particular en el mar. En este caso no existe una sola institución con facultades para fiscalizar. Si bien el SERNAGEOMIN es el encargado en materia de tranques, una vez que los relaves alcanzan aguas marinas, pasa a ser responsabilidad del DIRECTEMAR regular la contaminación generada. Por este motivo y aún cuando se trata de faenas plenamente identificadas, no se ha logrado que estas modifiquen su comportamiento. En estos casos es apropiado que el SERNAGEOMIN se encargue de fiscalizar las faenas y regularizar sus procesos. Este Servicio cuenta con toda la información necesaria y tiene un equipo de técnicos capacitados para realizar inspecciones y seguimiento. Por su parte, sería recomendable no solo para el Sector de la Minería sino en general, que el DIRECTEMAR realice monitoreos sobre el contenido de las aguas en zonas de actividades industriales que pudieran estar contaminando. Una vez identificado la fuente de los residuos industriales, el SERNAGEOMIN sería el encargado de fiscalizar y realizar seguimientos.

De igual manera para el caso de las faenas que depositen residuos directamente en las cuencas de los ríos, la labor de la DGA debería concentrarse en el monitoreo y el SERNAGEOMIN ser el ente fiscalizador.

2. Con respecto a los tranques fuera de uso o abandonados. Por el momento no existe ninguna ley que obligue a tomar medidas correctivas con carácter retroactivo, por lo que la labor realizada en reforestación y manejo de tranques ha sido voluntaria en los casos en los que se ha dado. En este segmento resulta fácil establecer la responsabilidad sobre los depósitos saturados y por lo tanto el SERNAGEOMIN debería encargarse de que las distintas empresas tomen las medidas necesarias para evitar ya sea las emisiones de polvo que despiden los tranques secos (zonas áridas) o el colapso de tranques húmedos (zonas con mayor nivel de precipitaciones) que en general son antiguos y fueron construidos de forma poco adecuada.

3. En cuanto a las nuevas tecnologías. En la medida en que se difunden los procesos de lixiviación y cianuración en pilas, será muy importante que frente a los nuevos proyectos, el SERNAGEOMIN verifique las condiciones de impermeabilización del suelo, que evite filtraciones de las soluciones ácidas que se constituyan en un problema hacia el futuro.

4. Con respecto al uso del agua. Los problemas de escasez agua han sido tradicionalmente mayores en la zona norte, considerando no solo su mayor escasez relativa sino también la gran cantidad de nuevos proyectos mineros de la zona. Sin embargo, la misma escasez del agua ha incentivado el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías, que no ha evitado una alta competencia por el recurso en particular al interior del Sector Minero. Si bien la presión por parte de la minería es menor, la zona Centro-Norte no estará exenta de problemas de escasez dados el aumento de la demanda y los cambios en el régimen de precipitaciones. En particular los cambios climáticos pueden derivar en escasez de los cursos superficiales, sin embargo la existencia de agua subterránea permitiría suplir la oferta. (Lefort, 1996)

Dadas estas condiciones es de esperar que se den incentivos para el ahorro de agua en esta zona no solo a nivel de la minería sino en todos los otros segmentos consumidores.

Los cálculos más recientes de la DGA sobre demanda y oferta de recursos de agua consuntivos, indican que únicamente el 4,2% del total de la demanda a nivel nacional corresponde a la Minería y se estima que se incrementen hasta alrededor del 5% (si se analizan promedios de consumo en los 20 años próximos). La situación sin embargo, es muy distinta si se analiza por Regiones. Entre la I y la VI Región la demanda de agua por parte de la Minería alcanza porcentajes importantes en la II (68%) y en la III Región (60%). Los estudios determinan que existen actualmente y existirán en el futuro, problemas importantes de exceso de demanda de aguas superficiales en la I, y en la Región Metropolitana, y en ninguna de estas Regiones la minería alcanza porcentajes importantes en el consumo. En menor escala también se presentan problemas en la II y III Región, en las cuales la minería es importante consumidor del recurso. En particular en la II Región, donde se concentra la actividad de Gran Minería, si bien actualmente no se identifican mayores problemas, las estimaciones hacia el futuro indican la posibilidad de excesos de demanda graves hasta en los escenarios más optimistas sobre los caudales superficiales. La situación entre la III y la VI Región, donde se desarrollan las actividades de Pequeña y Mediana Minería, no presentan mayor problema si se compara las demandas con escenarios optimistas sobre las precipitaciones y los caudales presentes y futuros. Sin embargo, es en estas regiones en donde los análisis de sensibilidad sobre el caudal de las cuencas afectan seriamente los resultados. En particular en la III y en la IV Región, si se consideran escenarios de escasas precipitaciones, podrían producirse serios problemas de abastecimiento de agua en cuencas superficiales. Esta situación es de particular preocupación en lo que respecta a los segmentos analizados, ya que parte importante de la Pequeña y Mediana Minería se ubican en ella. (DGA, 1996)

Aunque se prevé una alta competencia por el recurso y en particular entre la I y la III Región y una vez realizadas las reformas que actualmente se analizan, es de esperar que el funcionamiento del mercado de derechos de aguas superficiales se encargue de garantizar su uso eficiente y sirva de mecanismo para solucionar conflictos no solo al interior de los distintos segmentos del sector minero, sino también en relación a las otras actividades con las que éste compite por el recurso y en particular con la agricultura.

Sin embargo, un punto trascendental y en particular para las regiones con mayor escasez de agua, está en la recuperación del agua de los tranques de Mediana y Gran Minería. Aún cuando los incentivos están dados, por la existencia de un mercado por derechos de agua, la recuperación puede asegurarse a través de las instituciones existentes. Dado que la DGA tiene todas las facultades en la asignación de derechos, podría encargarse de que cada proyecto nuevo cuente con un respectivo estudio técnico de recuperación y el SERNAGEOMIN encargarse de verificar su aplicación.

La recuperación del agua también tendrá un efecto adicional. Al reducirse la humedad de los relaves se estará garantizando paralelamente una mayor estabilidad en los tranques y por tanto reduciendo el riesgo de derrames y filtraciones a partir de los mismos. Es fundamental evitar que en cualquier caso que se agudicen los problemas de escasez a partir de problemas de contaminación de cauces, generada por la disposición de relaves y desechos.

5. La mayoría de las 18 empresas identificadas como MM están operando con tranques que han pasado por la supervisión del SERNAGEOMIN. Resulta fundamental el control periódico de las condiciones de operación de los tranques de relaves, las inspecciones sin anuncio previo así como también la coordinación de los planes de abandono de plantas y de tranques que salen de funcionamiento. En todo caso, todos estos puntos podrán ser mejor abordados una vez que esté aprobado el reglamento de la Ley de Medio Ambiente.

- **Pequeña Minería.**

La información recopilada ha permitido identificar los problemas fundamentales en relación a la PM. En términos globales, el sector presenta un bajo nivel de impacto ambiental y dadas las condiciones del medio en el que se producen, en los casos en los que resulta significativo es de corto alcance.

De otra parte, la dispersión y atomización de las actividades, el hecho de que muchos de los mineros no sean propietarios de los lugares y más aún su movilidad y estacionalidad en algunos casos, determinan la dificultad de establecer responsabilidades. Si se suman la falta de conocimientos y recursos que limitan la incorporación de nociones de control ambiental en estos mineros, la fiscalización se presenta sumamente complicada y costosa. Los siguientes puntos se consideran fundamentales al plantear una estrategia para el sector:

1. La minería de pequeña escala tiene especial responsabilidad en relación a los problemas generados por la disposición de relaves. Mientras más artesanal la faena y por lo tanto el tranque, mayor la posibilidad de generar impactos negativos, y si bien las mediciones realizadas por la Unidad Ambiental del Ministerio de Minería, no registraron riesgos elevados en relación al contenido de las aguas de descarte, no dejan de constituir una fuente de riesgo potencial y en particular aquellos ubicados en zonas de mayor riesgo relativo: ubicados dentro o próximos a centros poblados, cerca de cauces de agua, laderas y quebradas y en zonas donde la lluvia se constituya en un mecanismo de propagación del impacto.

Debe ponerse especial cuidado en aquellas faenas que depositan sus residuos directamente en los cauces y de igual manera en los depósitos de relaves que se construyen rudimentariamente, haciendo altamente probable que las aguas residuales y el mercurio utilizado en los procesos de amalgamación y flotación penetren el terreno y lleguen a los ríos.

Aún cuando el SERNAGEOMIN es el encargado del control de los procedimientos de construcción y localización de tranques de relaves, la atomización de las faenas no ha permitido generalizar su control. En función de los resultados de las inspecciones en zonas de riesgo, y más que a fijar correctivos que tendrían poco o ningún efecto, la estrategia se debe dirigir a identificar faenas y/o tranques con problemas a las cuales se brinde asistencia técnica para un mejor manejo.

Una opción para plantas cercanas ubicadas en zonas de riesgo y donde la densidad y cercanía entre las faenas lo permita, la constituyen los tranques compartidos. Depósitos bien construidos en los que varias plantas depositen sus relaves. Esto permitiría que estos productores accedan a ventajas de economías a escala que su nivel de operación aislado no les permite<sup>42</sup>.

La alta estacionalidad que registra la pequeña minería y en particular la minería artesanal, hace que los problemas asociados al cierre o abandono de mina sean frecuentes. Una vez que la ley se agota o que se le presenta alguna mejor alternativa, el minero simplemente deja la mina. No hay ninguna señalización, no desmantela sus campamentos ni se lleva sus desechos. Los tranques abandonados correspondientes a la Pequeña Minería no permiten fijar la responsabilidad como en el caso de la Mediana Minería. La responsabilidad de evitar colapsos en aquellos ubicados en zonas de mayor riesgo deberá ser tomada por el SERNAGEOMIN. A este servicio le resultará de mayor facilidad la identificación de las instalaciones y deberá encargarse de iniciar un proceso de recuperación o clausura adecuada de los tranques abandonados de mayor riesgo, así como de evitar posteriores abandonos que extiendan este problema hacia el futuro.

2. En las plantas amalgamadoras y trapiches, el manejo de relaves con contenido de mercurio se puede constituir en un problema serio. En la Minería Artesanal, el proceso de amalgamación con mercurio constituye el principal riesgo y en particular para el minero y su familia. La cuantificación en este grupo en particular, presenta dificultades dado que no se dispone de antecedentes respecto al consumo de Mercurio en la Minería Artesanal. Como se mencionó con anterioridad es fácil encontrar que los mineros que manipulan mercurio lo hagan sin medidas de seguridad. Muchos de los operadores de los trapiches, manipulan el mercurio sin ningún accesorio de seguridad y se exponen directamente a los vapores y al contacto de la piel con el mercurio.

Por lo tanto, especial atención merecen los efectos sobre el medio causados por los procesos de amalgamación en particular sobre los mineros que los realizan y que en la mayor parte de los casos desconocen los efectos de estos métodos. Esta situación se potencia en la medida que quienes se incorporan a la actividad aprenden de estos métodos antiguos ya que no hay control alguno ni se ha trabajado educando a los mineros sobre los efectos que sobre ellos puede tener la operación del mercurio.

---

<sup>42</sup> Recomendación realizada por Alberto Pasco-Font para el caso del Perú.

En este aspecto cabe un papel importante para la labor de los proyectos del Ministerio de Minería (PAMMA, PRAPEM y PRACH) en lo que se refiere a la difusión de información. Por otra parte, la minería del oro y en particular para el grupo artesanal requiere de una asistencia técnica directa en el manejo de los procesos, que puede ser brindada por el personal técnico del PAMMA, que cuenta con amplio conocimiento sobre las faenas.

En este tema, se debiera estudiar la difusión de algunas soluciones tecnológicas tales como el uso de retortas que ha dado buenos resultados en Perú y Bolivia para tratar el problema de la operación inadecuada del mercurio en el proceso de amalgamación.

3. En lo que respecta al manejo de aguas, ésta no se utiliza prácticamente en las labores de mina, sólo pequeñas cantidades en aseo personal. Donde existe un mayor impacto sobre las aguas es en las plantas de tratamiento, consumidoras activo de este recurso. La inestabilidad física de los relaves en zonas de mayor nivel de precipitaciones, hace de esta actividad una amenaza importante sobre los cursos de agua cuando los volúmenes de relaves son considerables.

## **2. La Política de Fomento del Estado.**

La labor de ENAMI se ha concentrado en las relaciones comerciales con los segmentos analizados y ha dejado totalmente de lado la variable ambiental. Dada la importancia que el sistema de abastecimiento de ENAMI ha tenido en la Pequeña y Mediana Minería chilenas, la evolución futura de la política de fomento será fundamental en el desempeño de estos sectores. A continuación se plantean observaciones sobre la situación actual y recomendaciones con respecto a una política futura que incorpore la variable ambiental en el esquema de fomento.

1. La relación comercial con ENAMI no ha introducido mayores distorsiones en el comportamiento de la Mediana Minería. Esta ha venido operando cada vez más en condiciones de mercado y al momento el sistema implica ventajas para ambas partes. Sin embargo, las fundiciones presentan un problema ambiental serio en cuanto a contaminación atmosférica que ya está siendo abordado tanto por el sector privado como el público. (Ver Sánchez y Moraga, 1996) Los sectores mediano y pequeño analizados no son independientes del proceso de fundición, dado que son abastecedores importantes de la estructura del Estado, y cualquier regulación en relación a las fundiciones afectará también a estos sectores. Las restricciones ambientales internacionales apuntan a mayores exigencias en la calidad de los procesos y por lo tanto se constituyen en un fuerte incentivo para la constante mejora de la gestión ambiental.

2. La racionalidad detrás de la política de Fomento que puede llevar a cabo una empresa como ENAMI debe estar orientada a sustentar en el largo plazo a la Pequeña Minería como una actividad que permita explotar recursos mineros que no pueden ser explotados a una mayor escala. De esta forma además se constituye en una fuente de empleo e ingresos en zonas con pocas alternativas. Sin embargo, su finalidad no debiera ser dar un subsidio a un sector pobre de la población.

Una política de subsidios mal orientada puede agravar un problema en vez de solucionarlo, introduciendo incentivos no adecuados en el funcionamiento de los mercados. Si bien el comportamiento de la Pequeña Minería que abastece a ENAMI ha sido estacional y sin una tendencia clara, se puede afirmar que la existencia del subsidio ha incentivado la entrada a la actividad y en particular en zonas sin mayores alternativas. En materia ambiental el subsidio ha contribuido a fomentar una actividad que no ha desempeñado gestión ambiental alguna y que reviste un riesgo dada la falta de control.

3. Se pueden mencionar diversas distorsiones introducidas por la existencia del subsidio, fundamentalmente en relación a los incentivos que generan en el minero. El nivel de producción de tope fijado para acceder al subsidio se ha transformado en un desincentivo al crecimiento y modernización de los mineros, ya que aumentar las operaciones conduciría eventualmente a perder el derecho al subsidio. Cuando se supera el tope, los mineros hacen entregas parciales a distintos nombres (miembros de la familia), haciéndose acreedores a un subsidio que en rigor no les corresponde. Así en cierta medida el sistema tarifario en cierta medida se ha transformado en una traba en la movilidad de la industria, que se hace evidente en la falta de movilidad hacia la Mediana Minería que se observa en la Pequeña Minería.

Se trata de un sector en el que muchos propietarios, ya sea por falta de interés o de recursos, arriendan sus minas y prefieren las regalías que reciben frente a asumir el riesgo de explotar las minas directamente. Esto genera otro problema, en cierta medida los beneficios del subsidio caen en estos propietarios, los cuales no son el sujeto del programa de fomento.

El subsidio ha permitido mantener actividades fundamentalmente primarias sin que los mineros se vean incentivados a iniciar procesos independientes de beneficio. En realidad un complejo mina planta con mejor tecnología podría contrarrestar cualquier tratamiento preferencial, aprovechando las ventajas de operar a una mayor escala. Por otra parte, la gran cantidad de mineros que operan con arrendamientos de corto plazo no solo eliminan las opciones de crédito sino que implican que los mineros no tengan incentivos para invertir en la mina. Esto se evidencia cuando uno observa que el porcentaje de propietarios de mina es mucho mayor para aquellos mineros que entregan mineral beneficiado.

El hecho de que ENAMI elimine el sistema de subsidios no implica que abandone su rol de fomento, solo que abandone un sistema de fomento que no ha logrado su objetivo. Hay clientes del sistema que tienen

20 años participando de él y que no han logrado constituirse en un negocio autosustentable. Hay un rol para ENAMI en lo que es capacitación, desarrollo, transferencia de tecnología y difusión de gestión ambiental. Sin embargo, al redefinir las políticas se deberán considerar presiones del un sector acostumbrado a la protección. Por lo que el trabajo realizado por ENAMI para concientizar a sus proveedores pequeños sobre la reducción y posterior eliminación de los subsidios, resultará de fundamental utilidad para implementar reformas orientadas a operar con el segmento más viable. Se pueden dirigir los fondos hacia el fomento técnico, que incorpore consideraciones ambientales en los procesos y hacia el desarrollo de negocios. Sin embargo, la estructura de fomento canalizada por la capacitación y asistencia técnica se puede aprovechar para inducir tecnologías limpias y paralelamente más eficientes en los mineros más atrasados.

4. Por otra parte, dado el gran número de mineros marginales, es de esperar que la eliminación del subsidio produzca la desaparición de buena parte de los pequeños mineros. Sin embargo, es muy importante separar la misión de fomento de un papel asistencial a grupos muy pobres. Para aquellos mineros que no son autosustentables se deben considerar alternativas enfocándolo como un problema de pobreza y no de minería, como pueden ser la reconversión y/o ayuda asistencial.

De la información obtenida con relación a los indicadores socio-económicos de comunas mineras cabe resaltar varios aspectos. El propósito de los trabajos realizados ha sido caracterizar un sector en crisis que estaría en condiciones de ser sujeto de un proyecto de reinserción laboral (COCHILCO; 1996). Con respecto al aspecto social vinculado a estos segmentos y a la pertinencia de un Programa de Reinserción, es de particular importancia el análisis de dos variables: 1) la movilidad de la fuerza de trabajo y 2) la especificidad de la mano de obra. (Paredes, 1995) Si bien los resultados indican que los trabajadores mineros artesanales tienen muy bajos niveles de calificación, dados los requerimientos propios de su actividad, también resaltan una clara disposición a migrar que además es mayor para el grupo de hogares que sobreviven de la actividad minera.

Extrapolando estos resultados para otras comunas mineras, no se puede considerar éstos como datos definitivos para constatar una situación de crisis asociada a la minería en particular. El desempleo en Chile es un fenómeno localizado geográficamente y asociado particularmente a la minería en las zonas donde esta ha sido mas activa.

Por otra parte y aunque esta situación fuera efectivamente cierta, no se dispone de datos de evolución de los indicadores que permitan concluir que exista un problema de movilidad laboral, que combinada con la baja capacitación del minero permita justificar un programa de reconversión o reinserción, en particular para el sector minero.

El Ministerio de Minería maneja el PAMMA, este programa cuenta con personal con amplio conocimiento del sector de mineros pequeños y artesanales. Probablemente esta forma de enfrentar el problema no sea la más adecuada, la acción de este programa no ha contribuido en gran medida a reducir la inestabilidad en la actividad. En períodos de precios bajos los mineros abandonan las faenas inclusive con todo el equipo que les es entregado o financiado como parte de los proyectos. Por otra parte no se han incorporado directamente consideraciones ambientales en los proyectos.

El futuro de este tipo de planes deberá depender de una identificación clara de la naturaleza del problema, y si es un asunto de pobreza no particularmente vinculada a la Minería, se debería redefinir acciones. En tanto siga funcionando será muy importante que se aproveche la infraestructura del PAMMA para educar al minero de los riesgos vinculados al descarte inadecuado de residuos y al manejo de mercurio en los procesos. Coordinando acciones con la labor que la SONAMI realiza en el segmento de pequeños mineros a través de su programa de difusión de prácticas ambientalmente limpias.

5. Finalmente, la composición del mineral que abastece ENAMI afecta los resultados ambientales de los procesos posteriores y en particular de la fundición. En particular, los recortes en la producción de las dos fundiciones de ENAMI afectarán primero a la Gran Minería dado que los otros dos sectores tienen prioridad por ley. Esto último puede estar generando distorsiones ya que dada la gestión ambiental de la GM, se estaría dejando de lado los insumos que se producen con un mayor control ambiental relativo. Finalmente esto no necesariamente podrá ser consistente con las nuevas regulaciones internacionales (ISO 14.000) que estarían exigiendo un correcto manejo ambiental a lo largo del proceso completo.

### **3. Marco Legal e Institucional.**

La legislación chilena, aunque dispersa cuenta con los medios para asegurar la fiscalización del manejo ambiental. En general, las normativas legales presentan limitaciones a la hora de ser aplicadas en los sectores mineros de menor escala, aunque existe legislación disponible. Hay dos problemas a ser superados, la debilidad de los procesos de regulación y fiscalización y la duplicación de funciones. Esto implica distintos conjuntos de información, distintos procedimientos y distintos criterios al aplicar las normas ambientales, es una fuente potencial de conflictos y afecta la capacidad del sistema para proteger efectivamente el medio ambiente.

1. Agua. En lo que se refiere al marco legal vinculado a los recursos de agua hay que distinguir, la asignación de derechos y la disposición de efluentes líquidos. En lo que se refiere a la asignación del recurso la regulación se encuentra centrada en el Código de Aguas como único cuerpo legal y el ente fiscalizador es la Dirección General de Aguas. Esta ley sin embargo presenta algunos vacíos que han generado la preparación de un proyecto de Reforma, actualmente en curso. No existen prioridades en el

uso del agua (ni por actividad, ni por región) y aunque según lo establecido en el Código de Minería las concesiones mineras incluyen los recursos de agua que se destinen al proceso minero, en la práctica en la mayoría de los casos el Código de Aguas es el que establece los procedimientos.

Un aspecto de particular importancia lo constituye lo referente a las aguas subterráneas, que se constituyen en una fuente muy importante dada la escasez de aguas superficiales y cuyo descubrimiento, asignación y manejo serán fundamentales para la competencia por el recurso en el futuro. Será muy importante a la hora de reformar el Código de Aguas, considerar las asimetrías que el Código de Minería introduce a favor de la Minería en relación al recurso subterráneo. Dado que el agua es un recurso escaso sobre el que rige un sistema de derechos transables, la nueva legislación debería al menos contemplar que estos derechos puedan negociarse independientemente de las concesiones de manera que en zonas de escasez, las otras actividades puedan acceder a las aguas subterráneas de las que disponen las mineras.

Una vez que se habla de efluentes (a suelos y aguas), se multiplica el número de instituciones con autoridad para controlar y fiscalizar. En cuanto al componente ambiental no existe un marco legal claro y concentrado para la protección de cuencas en forma global, y en particular la regulación sobre contaminación está dispersa. El reglamento (aún no aprobado) de la Ley de Base, es el mayor esfuerzo de unificación de la legislación ambiental no solo en minería sino en todos los sectores. En particular no se cuenta con normas claras para proteger los cauces naturales, salvo que la salud o la agricultura se vean afectadas.

La duplicación de responsabilidades se hace evidente en la regulación de la calidad del agua, para la que están facultados la Dirección General de Aguas, el Servicio Agrícola, el DIRECTEMAR, el Ministerio de Salud, la Superintendencia de Servicios Sanitarios del MOP y aún más organismos vinculados.

2. En lo que respecta a proyectos de ley, es de fundamental importancia la aprobación del Reglamento de Ley de Base de Medio Ambiente, que regularizará el sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en Chile, que hasta hoy se ha llevado a cabo de forma voluntaria.

De ser aprobado el reglamento propuesto por la CONAMA<sup>43</sup>, la ley requerirá una Evaluación de Impacto Ambiental para aquellos proyectos nuevos cuya producción sea superior a las 300 Ton por día. Por debajo de ese umbral los proyectos nuevos deberán presentar una Declaración de Impacto, que consiste en un pequeño reporte con las actividades de la empresa. Es importante que en el reglamento se asegure que el umbral que marca los requerimientos de la evaluación de impacto de una faena minera

---

<sup>43</sup> En octubre de 1996, el proyecto de ley fue detenido por la Contraloría y para seguir con el proceso deberá ser modificado.

3. Los problemas ambientales generados por la Pequeña y Mediana Minería asociados al proceso de beneficio en plantas y al manejo de los descartes que generan demandan regulación . En particular en lo que se refiere a la operación de plantas y tranques, el SERNAGEOMIN cuenta con la estructura necesaria y el personal técnico y es el encargado natural para centralizar estos procesos, con el apoyo y en coordinación con los distintos Servicios y los SEREMIS de Minería.

4. Finalmente, para un correcto monitoreo de la industria en general y no de la minería específicamente, se requiere elaborar un reglamento sobre el manejo de residuos industriales tóxicos y aprobar el reglamento en relación a la calidad de las aguas con respecto a la disposición de residuos líquidos en cauces de agua sigue en estudio. Junto con acciones de monitoreo que se asignen a los Servicios de Salud, la DGA y el DIRECTEMAR, esta legislación permitirá regularizar el control de la contaminación generada.

## REFERENCIAS.

### 1. Libros y Publicaciones.

Araya, V. (1995). "Seminario Educación y Análisis del Uso de los Recursos Hídricos". Dirección General de Aguas II Región. Santiago, Chile.

Bustos, S. Montealegre, R (1992). "Bacterial thin layer leaching of copper sulphide ores". Hidrometallurgy and Electrometallurgy of Copper. Santiago, Chile.

Comisión Chilena del Cobre COCHILCO, Dirección de Estudios (1996)<sup>1</sup>. "Mecanismos de Estabilización del Precio del Cobre Observado por la Pequeña Minería". Documento preparado por Eduardo Engel, Felipe Azócar y Jorge Scherman. Junio. Santiago, Chile.

Comisión Chilena del Cobre COCHILCO, Dirección de Estudios (1996)<sup>2</sup>. "Diagnóstico Regional de la Minería". Documento preparado por Aldo Picozzi y Vicente Pérez. Mayo. Santiago, Chile.

Comisión Chilena del Cobre COCHILCO, Dirección de Estudios (1996)<sup>3</sup>. "Informe sobre Gestión Ambiental y Regulaciones en la Minería Chilena". Documento preparado por Regina Masai. Marzo. Santiago, Chile.

Comisión Chilena del Cobre COCHILCO, Dirección de Estudios (1995)<sup>1</sup>. "Pequeña Minería Artesanal en Chile: Una Evaluación del Apoyo del Estado 1992-1994". Noviembre. Exposición preparada por Jorge Scherman Filer. Noviembre. Santiago, Chile.

Comisión Chilena del Cobre COCHILCO (1995)<sup>2</sup>. "Programa de Ampliación del Horizonte Laboral PROLAB para los Trabajadores Desocupados de la Minería: Comunas de Tal-tal y Chañaral". Noviembre. Santiago, Chile.

CEPAL: Comisión Económica para América Latina (1994). "El Desarrollo de la Pequeña Minería en América Latina y el Caribe". Conclusiones y Síntesis del Taller de Trabajo sobre Desarrollo de la Pequeña Minería (1993). Chile. Santiago, Chile.

Del Favero, G. Katz, G. Sánchez, J. Saez, B. Urquidi, J (1993). "Antecedentes para la Elaboración de una Política de Manejo del Recurso Agua". Centro de Estudios Públicos. Santiago, Chile.

Dirección General de Aguas DGA (1995). "Balance Hídrico". Santiago, Chile.

European Commission. Science, Research, Development (1995). "EXTERNE: Externalities of Energy". Volume 1: Summary, Volume 2: Methodology. Bruselas, Bélgica.

Fuentes, Gerardo. Girardi, Silvio (1984). "Cianuración de Minerales de Oro y Plata". Facultad de Ciencias Físicas. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

García, Humberto (1978). "Oro: Técnicas de Producción". Ministerio de Minería, Servicio de Minas del Estado. Santiago, Chile.

GRADE (1996). "Minería Informal y Medio Ambiente en el Perú". Documento preparado para la División de Industria y Minería del Banco Mundial en el marco del Proyecto "Environmental Study of Artisanal, Small and Medium Mining in Bolivia, Chile and Perú", patrocinado por el Banco Mundial e IDRC. Lima. Perú.

Huepe, Claudio. Sánchez, José Miguel (1995). "Minería y Medioambiente en Chile: Situación Ambiental y Legal". Documento preparado como parte del Proyecto "Growth, the Environment and Fiscal Policy in the Chilean Mining Sector", financiado por IDRC. Santiago, Chile.

Ingeniería & Geotecnia Ltda. (1989,1990). "Levantamiento Catastral de los Tranques de Relevés en Chile". Informes preparados para el Servicio Nacional de Geología y Minería. Santiago, Chile.

Lagos, Gustavo (1993). "Instrumentos Regulatorios y Económicos para la Gestión Ambiental de los Recursos Mineros: el Caso de la Pequeña y Mediana Minería". Diciembre. Santiago, Chile.

Lagos, Gustavo (1994). "Developing National Policies in Chile". Mining and the Environment. International Perspectives on Public Policy". Editado por Rederick G. Eggert. Washington, USA.

Lagos, G.; C. Noder & J.A. Solari, (1991). "La Situación Jurídica Institucional en el Area Minería y Medio Ambiente". Documentos de Trabajo del Ministerio de Minería, N°1. Santiago, Chile.

Ministerio de Minería. Subterra Ingenieros. CONAMA (1996)<sup>1</sup>. Desarrollo de un Patrón de Análisis Ambiental de la Pequeña Minería: Informes Preliminares y Anexos Estadísticos. Santiago, Chile.

Ministerio de Minería. Subterra Ingenieros. CONAMA (1996)<sup>2</sup>. Desarrollo de un Patrón de Análisis Ambiental de la Pequeña Minería: Pre-Informe Final. Santiago, Chile.

Ministerio de Minería (1996)<sup>3</sup>. "Historia de la Minería Chilena". Santiago, Chile.

Moraga, Enrique. Sánchez José Miguel (1996). "El Uso de Instrumentos Económicos para la Regulación de la Contaminación Atmosférica en el Sector de la Minería en Chile". Documento de Trabajo N. 141, Departamento de Economía, Universidad de Chile. Documento preparado como parte del Proyecto "Growth, the Environment and Fiscal Policy in the Chilean Mining Sector", financiado por IDRC.

Ostro, Bart. Sánchez, José Miguel. Aranda, Carlos. Eskeland, Gunnar (1995). "Air Pollution and Mortality: Results from Santiago, Chile". Journal Of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology.

Pagani, J. Huepe, C.A. Ibacache, A.M. Solari, J. (1993). "Minería y Medio Ambiente". Reporte para la Comisión Nacional de Medioambiente (CONAMA). Marzo. Santiago, Chile.

Paredes, Ricardo (1995). Determinación de Criterios para la Selección de Sectores o Zonas Prioritarias para Políticas de Reinserción. Documento preparado para el SENCE. Santiago, Chile.

Servicio Nacional de Geología y Minería SERNAGEOMIN (1994)<sup>2</sup>. "Diagnóstico Socioeconómico y Productivo de la Pequeña Minería Artesanal. Documento preparado por Verónica Concha. Julio. Santiago, Chile.

Sociedad Nacional de Minería SONAMI (1996). "Balance Social de la Minería Privada Chilena". Santiago, Chile.

Subterra Ingenieros Ltda. SERNAGEOMIN (1994). "Levantamiento Catastral Condiciones de Seguridad en Faenas Mineras: Informe Final". Marzo. Santiago, Chile.

## **2. Revistas y Anuarios.**

Comisión Chilena del Cobre COCHILCO<sup>3</sup> (1995). "Informe de Gestión 1995".

ENAMI (1996). "Anuario 1995". Junio y Agosto. Santiago, Chile.

ENAMI (1995). *Revista Mundo ENAMI*. Junio y Agosto. Santiago, Chile.

Instituto de Ingenieros Mineros de Chile (1995). "La Pequeña y Mediana Minería y el Rol de ENAMI". *Revista Minerales*. Vol 49, N° 208. Santiago, Chile.

Galaz, J (1993)<sup>1</sup>. "El SERNAGEOMIN y la Gestión Ambiental". *Revista Minerales*. Vol. 48, N° 201. Santiago, Chile.

Servicio Nacional de Geología y Minería SERNAGEOMIN (1992, 1993, 1994)<sup>1</sup>. Anuario de la Minería de Chile. Santiago, Chile.

## **3. Tesis y Otros.**

Le-Fort, Luis Alonso (1996). "Uso del Agua en la Minería del Cobre en Chile" Memoria de Titulación en la Facultad de Ingeniería Civil Industrial Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

Galaz, J (1993)<sup>2</sup>. "Uso del Mercurio en la Pequeña Minería". Manuscrito no publicado preparado para el Seminario "Pequeña Minería" realizado por el CIMM. Santiago, Chile.