

# **Producción limpia en el sector minero**

## **1. La evolución de la contaminación ambiental**

El problema de la contaminación ambiental no es un fenómeno de la sociedad contemporánea como muchos sostienen. Ya desde los tiempos del Imperio Romano se tienen claros indicios de alteraciones al medio ambiente. En realidad cualquier actividad del tipo antropogénica necesariamente conlleva la mayoría de las veces un impacto negativo o positivo sobre el entorno, lo que importa sin duda es su significancia y magnitud.

Sin embargo, es importante destacar un hito significativo desde la perspectiva ambiental y de desarrollo productivo es el período comúnmente denominado “Revolución Industrial”. Este período está marcado por el desarrollo e implementación de procesos de producción en serie, que promueven la elaboración de productos en grandes cantidades, a través de la industrialización e implementación de sistemas de producción masivos a fin de reducir costos por unidad de producción. Además, se puede postular que este período cambió la estructura de la sociedad, generando “polos de desarrollo”, donde confluía un gran número de personas a fin de encontrar fuentes de trabajo, las cuales se insertaban en una nueva forma de trabajo que alteraría ostensiblemente el comportamiento de la sociedad moderna.

Este tipo de desarrollo, que sólo introducía la necesidad de producir más y más económicamente, no incorporaba la introducción de la variable ambiental dentro de la gestión de las compañías, generando principalmente en un comienzo, en países desarrollados, severos problemas ambientales, ya sea por causas puntuales de ciertas empresas o por la sinergia de diversos problemas de contaminación.

Ya en 1852 se levantaron voces de advertencia como la de Lyel, que advierte sobre “las transformaciones peligrosas que está experimentando la capa terrestre”. Sin embargo estas y otras advertencias cayeron en el silencio absoluto, al ser consideradas pertenecientes al mundo del debate académico.

El mundo siguió su camino sin escuchar las voces de advertencias, hasta el momento en que empezaron a producirse nefastos episodios de contaminación, que señalaron al mundo la importancia de cambiar la forma de desarrollo en función de tener un futuro mejor. Existen diversos ejemplos que conmocionaron a la humanidad. Por ejemplo los episodios de contaminación atmosférica de Londres (1942) en que cerca de 40 personas murieron en un episodio crítico de contaminación.

En este contexto, las faenas mineras o metalúrgicas no estuvieron alejados a nefastos episodios de contaminación durante el período de desarrollo industrial, lo cual contribuyó a su desprestigio ante la comunidad internacional desde la perspectiva ambiental. Es así, como sólo hace tres décadas atrás, el humo de las

chimeneas era considerado como símbolo del desarrollo productivo en Chile. Por ejemplo, el escudo de la Ilustre Municipalidad de Ventanas muestra la chimenea de la fundición Ventanas de la Empresa Nacional de Minería como símbolo de desarrollo de la comuna, sin embargo actualmente ante el paradigma ambiental moderno las chimeneas han pasado a ser símbolos de contaminación y no de desarrollo. Por lo cual, gran parte de las empresas mineras han debido introducir la variable ambiental como un importante tema de su gestión.

Además, es importante recalcar que actualmente el sector minero ha incorporado tecnologías limpias y una administración limpia en su gestión, lo que ha contribuido de manera importante en el cambio de percepción de la comunidad respecto a la actividad minera en lo que se refiere a la protección del medio ambiente.

## **2. El sector minero nacional**

Para nadie es un misterio que la industria minera constituye uno de los ejes fundamentales de nuestra sociedad, aportando gran parte de las materias primas relevantes para su desarrollo económico e industrial. En este ámbito Chile ocupa un lugar relevante al ser el primer productor de cobre en el ámbito mundial y un importante productor de otros minerales. Es así, como el sector minero nacional representó aproximadamente el 8,6% del PIB durante 1998 y cerca del 50% de las exportaciones del país. Por otra parte, el Estado es el propietario de las empresas CODELCO Chile y ENAMI que representan aproximadamente el 37% de la producción de cobre del país, generando importantes recursos monetarios que en gran parte se dirigen hacia el presupuesto fiscal anualmente distribuido de acuerdo a las necesidades de la nación.

Por otra parte, es importante señalar el crecimiento que ha tenido el sector minero dentro del desarrollo nacional, principalmente, a través de empresas que se han instalado en Chile, acogándose a la Ley de inversiones extranjeras. Esta situación está cambiando la forma de hacer minería actualmente en el país, dado que estas compañías multinacionales han incorporado dentro de sus proyectos la última tecnología disponible, que a la vez es una tecnología ambientalmente limpia, lo que les ha permitido reducir sus costos de producción.

Puede señalarse entonces que la minería se ha visto enfrentada en los últimos treinta años a un cambio fundamental con respecto a la protección del medio ambiente, principalmente, por el auge de la conciencia ambiental en el mundo contemporáneo.

En Chile una mayor exigencia de la población en materias ambientales, que ve a la actividad minera como altamente contaminante, lo que unido a la amenaza por parte de países desarrollados de restricciones comerciales a los productos mineros amparados en argumentos de carácter ambiental, han hecho de la preocupación por el medio ambiente, una realidad ineludible en el país para la industria minera. De tal modo que, una adecuada gestión del tema ambiental es

de enorme relevancia para el futuro desarrollo sustentable del sector y por consecuencia para el bienestar del país.

En este ámbito, justo es señalar que numerosas empresas han logrado importantes avances en la protección ambiental, previniendo desde sus orígenes la contaminación ambiental mediante la elaboración de estudios de impacto ambiental, incentivando así la capacidad de innovación tecnológica y de gestión ambiental de estas compañías. Sin embargo, es deber del Estado el patrocinar e implementar una gestión ambiental integral, desde la etapa de planificación hasta el cierre de las faenas mineras, promoviendo una producción limpia en el sector minero que permita a la vez mejorar la eficiencia productiva y operacional de estas compañías, así como también, mejorar su desempeño ambiental.

Se debe recalcar la importancia de introducir la variable ambiental en la gestión estratégica de las compañías mineras desde la etapa de diseño hasta el cierre de la faena de una forma integral, resultando no tan sólo beneficioso para el medio ambiente sino que para la gestión global de la empresa minera.

### **3. El concepto de desarrollo sustentable**

La noción de calidad de vida contemporánea no se limita al acceso de bienes de consumo y servicios, o al acceso a educación, vivienda y salud, sino que incorpora el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación, ratificado explícitamente en la Constitución de la República. Esta situación, en conjunto con el problema de la contaminación ambiental, ha contribuido a introducir en la sociedad moderna el concepto de desarrollo sustentable.

El concepto de desarrollo sustentable fue bautizado y desarrollado por el informe Brundtland de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo, el cual define como el “desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las futuras generaciones para satisfacer sus correspondientes necesidades”.

No obstante las múltiples definiciones existentes de desarrollo sustentable, lo que importa es exponer ciertos principios básicos que envuelve este concepto:

- Crecimiento económico
- Protección del Medio Ambiente
- Equidad Social

La importancia de cada uno de estos principios, dentro de una política que promueve el desarrollo sustentable, dependerá de las características particulares de cada país y sector en que se desea implementar. Por ejemplo, aquellos países con ingresos per cápita altos tienen una definición de desarrollo sustentable radicalmente distinta a aquellos países con ingresos bajos. Además, es importante recalcar que el concepto de desarrollo sustentable no es estático, por el contrario, es dinámico y debe ir evolucionando de acuerdo a las condiciones cambiantes del escenario donde se pretende implementar.

En el caso chileno es una orientación estratégica fundamental que tiene alcance de política de Estado. Es así, que en lo que se refiere a protección ambiental en 1994 se promulgó la Ley de Bases Generales del Medio Ambiente, y otras regulaciones específicas para controlar la contaminación en diversos componentes ambientales. En el ámbito minero cabe resaltar el D.S. N°185 del Ministerio de Minería que establece por primera vez en Chile normas de calidad de aire, en el ámbito nacional. En el ámbito institucional se creó la Comisión Nacional del Medio Ambiente, y Unidades Ambientales en las diversas Secretarías de Estado. Por ejemplo, el Ministerio de Minería creó su Unidad Ambiental ya en 1991, y actualmente se encuentra trabajando activamente en diversas materias en el ámbito nacional e internacional.

#### **4. La producción limpia en la industria minera**

Desde la década de los sesenta en diversos países desarrollados se adoptaron políticas y regulaciones específicas para controlar tempranamente la contaminación. El tipo de política y regulaciones adoptado por estos países es denominado en la literatura especializada del tipo “command & control” que enfatiza el desarrollo de estándares ambientales y posterior fiscalización y penalización en el caso de incumplimiento. La implementación de este tipo de regulaciones incentivó el desarrollo de tecnologías “fin de tubo”. Estas son las comúnmente conocidas planta de tratamiento de gases, aguas, residuos, etc.

Lamentablemente la experiencia práctica internacional demostró que la implementación de este tipo de política de control de la contaminación no fue exitosa por sí sola. Por lo cual ya en la década de los noventa fue complementada por políticas y regulaciones del tipo “producción limpia” que introducían el concepto de incentivos a las compañías para cumplir con la regulación ambiental y el desarrollo de tecnologías que evitarán la contaminación desde sus orígenes. Este tipo de políticas permite a las empresas mejorar su eficiencia productiva (utilizar mejor sus materias primas y residuos) y a la vez mejorar sus gestión ambiental.

En este ámbito recientemente se reconoció la importancia de evitar la contaminación en sus orígenes desde una perspectiva costo efectividad para las empresas, por lo cual fue promulgada una política de producción limpia bajo el alero del Ministerio de Economía a objeto de incentivar el desarrollo productivo y la protección del medio ambiente.

En este contexto, el Ministerio de Minería de Chile se encuentra patrocinando una política que incentiva la producción limpia en el sector minero, entendiendo por producción limpia la permanente aplicación de una estrategia ambiental preventiva, aplicada a los procesos, productos y servicios relacionados al sector minero, con el fin de aumentar la eficiencia y competitividad de las empresas, prevenir la generación de residuos en la fuente y reducir el riesgo sobre la población y el medio ambiente.

La meta de la producción limpia es evitar la generación de desechos (reducción de desechos en el origen, reciclamiento y reutilización), lo cual frecuentemente reduce costos y riesgos, y a la vez, permite identificar nuevas oportunidades. Sin embargo la producción limpia no abarca únicamente lo relativo a un proceso en particular, sino que necesariamente debe incorporar, en forma integral, la gestión global de la empresa minera a través de todo el ciclo de vida de un proyecto. Es así como, especial atención debe darse a generar un cambio de actitud de la empresa minera respecto al tema ambiental, enfocándolo desde una perspectiva de oportunidad de negocios, reducción de costos de operación y riesgo ambiental.

Desde esta perspectiva, desarrollar una política que fomente la producción limpia representa un gran reto al sector minero de forma de lograr actividades mineras que sean efectivas, tanto productiva como ambientalmente.

El tema de la producción limpia debe necesariamente reconocer las diferencias entre grandes, medianas y pequeñas empresas mineras. Las grandes empresas poseen los recursos económicos y humanos para implementar políticas de producción limpia, sin embargo, las pequeñas mineras no están en condiciones de hacerlo, es aquí donde el Estado juega un Rol relevante para difundir y apoyar a estas empresas.

Una política minera que patrocine la producción limpia en el sector minero debe incluir los siguientes aspectos:

- Prevenir la contaminación en el origen.
- Reutilizar y reciclar el recurso residuo
- Generar mecanismos de Transferencia Tecnológica (aplicación de Tecnologías Limpias).
- Incorporar en la gestión global de las empresas el concepto de producción limpia
- Generar de mecanismos de incentivo

Los lineamientos generales de esta política propenden a:

- Establecimiento de una gestión proactiva con respecto al tema ambiental, en donde el concepto de ecoeficiencia involucre la utilización eficiente de insumos y procesos de forma que disminuyan costos de operación y mejoren el desempeño ambiental.
- Inserción de la variable ambiental en la planificación estratégica de la empresa.
- Transferencia de Tecnologías Limpias desde países desarrollados, así como también, promover el desarrollo de Tecnologías Limpias nacionales. Se deberá contemplar la oportunidad de promover la transferencia tecnológica en el ámbito de la minería, fundición y refinación, a través de tecnologías tanto pirometalúrgicas como hidrometalúrgicas. En este contexto, se coordinarán

actividades con Universidades y Centros de Investigación en el ámbito nacional e internacional.

- Desarrollo de Centros que promueva la producción limpia y la transferencia tecnológica en el sector minero en el país. Este Centro debería coordinar acciones con empresas mineras, universidades, organizaciones públicas, organismos internacionales y otros actores relevantes de forma de promover una producción limpia minera en el país.
- Reforzamiento de la capacidad institucional del estado en materia mineras y ambientales.

La variable ambiental en el desarrollo de la empresa minera es una componente fundamental. Así sólo aquellas empresas que introduzcan la variable ambiental dentro de su gestión podrán seguir en el negocio minero en el largo plazo. Luego, la introducción de esta variable ambiental dentro de la empresa se debe realizar de una forma eficiente, en que pueda representar una oportunidad de mejorar la competitividad de la empresa minera nacional.

Una importante parte de las grandes empresas mineras han introducido el concepto de producción limpia en su gestión, sin embargo, es necesario traspasarlo a la mediana y pequeña empresa minera lo cual necesitará un tiempo en su introducción en el cual todos tendrán que poner de su parte, Gobierno, Empresarios, Universidades, Comunidad, etc.

##### **5. Rol del Ministerio de Minería y la producción limpia**

El Ministerio de Minería actualmente se encuentra patrocinando una política que patrocina la producción limpia en el sector minero, entendiéndose por producción limpia la permanente aplicación de una estrategia ambiental preventiva, aplicada a los procesos, productos y servicios relacionados al sector minero, con el fin de aumentar la eficiencia y competitividad de las empresas, prevenir la generación de residuos en la fuente y reducir el riesgo sobre la población y el medio ambiente.

El concepto de producción limpia se enmarca dentro de dos de los principales ejes de desarrollo del Ministerio de Minería con respecto a la temática ambiental, y que son los siguientes:

- Introducir en forma racional y realista las singularidades de la actividad minera en el marco regulatorio ambiental emergente. *EJE DE COORDINACION Y PRESERVACION DEL MEDIO AMBIENTE.*
- Inculcar en la empresa minera el concepto de gestión ambiental como una oportunidad de mejorar su competitividad e introducir innovación tecnológica, abriendo espacios a su crecimiento en condiciones de sustentabilidad. *EJE DE MODERNIZACION E INTERNALIZACION AMBIENTAL.*

La meta de la producción limpia es evitar la generación de desechos, lo cual frecuentemente reduce costos y riesgos, y a la vez, permite identificar nuevas oportunidades. Sin embargo la producción limpia no abarca únicamente lo relativo a un proceso en particular, sino que necesariamente debe incorporar, en forma integral la gestión global de la empresa minera a través de todo el ciclo de vida de

un proyecto minero. Es así como especial atención debe darse a generar un cambio de actitud de la empresa minera respecto al tema ambiental, enfocándolo desde una perspectiva de oportunidad de negocios, reducción de costos de operación y riesgo ambiental.

El tema de la producción limpia debe necesariamente dividirse entre grandes, medianas y pequeñas empresas mineras. Una producción limpia debe abordar eficientemente estas tres categorías.

Una política minera que patrocine la producción limpia en el sector minero debe incluir los siguientes aspectos:

- Prevención de la contaminación.
- Transferencia Tecnológica (aplicación de Tecnologías Limpias).
- Generación de mecanismos de incentivo.
- Centro de Producción Limpia para la Minería.
- Patrocinar la aplicación de Estudios de Impacto Ambiental y la implementación de Sistemas de Gestión Ambiental.
- Abandono ambientalmente sustentable de faenas mineras.

En este contexto, el Ministerio de Minería a través del proyecto "Tecnologías Limpias en la Industria del Cobre" ha orientado sus esfuerzos, en estrecha coordinación con otras instituciones, como la Empresa Nacional de Minería (ENAMI), a trabajar en la zona aledaña a la Fundición y Refinería de Ventanas, especialmente en la Comuna de Puchuncaví, poblado fuertemente impactado por la operación del complejo industrial. El complejo industrial Ventanas está constituido por la fundición de cobre de propiedad de la Empresa Nacional de Minería (ENAMI) y la planta termoeléctrica de Chilgener y ha sido la mayor fuente de contaminación atmosférica dentro de la V Región y es una de las principales causas de la disminución en la productividad agrícola y de la degradación de los ecosistemas del área. Esta estrategia global se enmarca dentro de lo que se ha denominado incorporación de nuevas tecnologías ambientalmente "limpias", la aplicación de instrumentos de gestión ambiental, de modo de obtener, como consecuencia, la recuperación de otras actividades productivas afectadas.

El objetivo general de esta política es: *Fomentar la aplicación de Tecnologías Limpias en todos los procesos involucrados en la industria del cobre, como una manera de responder a las demandas ambientales existentes y anticiparse a la futura normativa ambiental que se establecerá en el país.*

Los lineamientos generales de esta política propenden a:

- Establecimiento de una gestión pro-activa con respecto al tema ambiental, en donde el concepto de ecoeficiencia involucro la utilización eficiente de insumos y procesos de forma que disminuyan costos de operación y mejoren el desempeño ambiental.
- Inserción de la variable ambiental en la planificación estratégica de la empresa. Actualmente, la gestión ambiental en ENAMI es ya un tema estratégico a nivel corporativo.
- Transferencia de Tecnologías Limpias desde países desarrollados, así como también, promover el desarrollo de Tecnologías Limpias nacionales.

Se deberá contemplar la oportunidad de promover la transferencia tecnológica en el ámbito de la minería, fundición y refinación, a través de tecnologías tanto pirometalúrgicas como hidrometalúrgicas. En este contexto, se coordinarán actividades con Universidades y Centros de Investigación a nivel nacional e internacional.

- Creación, a futuro, de un Centro que promueva la producción limpia y la transferencia tecnológica en el sector minero en el país. Este, Centro debería coordinar acciones con empresas mineras, universidades, organizaciones públicas, organismos internacionales y otros actores relevantes de forma de promover una producción limpia minera en el país.
- Reforzamiento de la capacidad institucional de los distintos servicios regionales dependientes del Ministerio de Minería, y del personal de CODELCO y ENAMI, en tecnologías no contaminantes aplicadas a los procesos de fundición y refinación de cobre.

En este mismo orden de ideas, el Ministerio de Minería, a través de su Unidad Ambiental, desarrolló el estudio denominado: *"Revegetación y Fitorremediación potencial de suelos contaminados con metales en Chile.- El Valle de Puchuncaví como un caso de estudio"*, en el marco de acción del proyecto "Análisis Tecnologías Limpias en la Industria del Cobre", a través del Depto. de Ecología de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

El objetivo de este estudio fue desarrollar una estrategia de revegetación y de estabilización de las áreas perturbadas y contaminadas con metales generadas por la minería del cobre y las actividades de fundición en Chile, que considere las características locales de los suelos y que utilice las especies vegetales nativas adecuadas.

El estudio fue realizado a través de una colaboración conjunta entre científicos de la Environmental Consultancy Sheffield University (ECUS), Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC) e Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). El producto final consistió en un plan de acción de revegetación/fitorremediación el cual muestra las formas en las que las actividades de revegetación podrían ser consideradas en futuros planes de mitigación.

Este trabajo será de mucha utilidad para las empresas mineras interesadas en desarrollar planes de revegetación como un medio efectivo de mitigación del impacto adverso producido por la actividad minera, principalmente, en los tranques de relaves abandonados y en las áreas afectadas por las fundiciones de minerales metálicos.