

## Programa de entrada a la minería.

### **Cuaderno del participante**

**Módulo 3: Aplicar buenas prácticas  
Medioambientales**

**PFPEM-1-01/v.1-IPE01-M03/v.11**



Una iniciativa de



Con la colaboración de

**Innovum** | **FCH**  
FUNDACIÓN CHILE

#### **Equipo Consejo Minero:**

**Carlos Urenda A.**

Gerente General

**Christian Schnettler R.**

Gerente del Consejo de Competencias Mineras

**José Tomás Morel L.**

Gerente de Estudios

**María Teresa Bravo de G.**

Gerente de Comunicaciones

**Sofía Moreno C.**

Gerente de Comisiones y Asuntos Internacionales

#### **Comité Técnico - Consejo de Competencias Mineras:**

**Benjamín Galdames Ch.**

Gerente de Relaciones Laborales, AngloAmerican

**Edwin Ugarte R.**

Gerente Planificación y Reclutamiento Anglo Cobre, AngloAmerican

**Gerda Bianchini M.**

Gerente Desarrollo Organizacional, Antofagasta Minerals

**Raffaella Greco S.**

Lead Learning and development, Base Metals, BHP Billiton

**Jorge Seura S.**

Jefe Regional Desarrollo, Liderazgo y Entrenamiento, Barrick Sudamérica

**Claudia Vargas E.**

Directora Gestión Planificación Dotaciones y Organización, Codelco

**Jaime Davis R.**

Asesor Competencias y Entrenamiento, Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi

**Gonzalo Olmos F.**

Analista de Recursos Humanos Reclutamiento y Entrenamiento, Freeport McMoRan

**Edwin Contreras J.**

Gerente de Recursos Humanos, Lumina

**Luis Aylwin G.**

Analista Sénior de Gestión de Talentos, Teck

#### **Equipo Innovum - Fundación Chile:**

**Hernán Araneda D.**

Gerente del Centro de Innovación en Capital Humano

**Diego Richard M.**

Director Programa Fuerza Laboral Minera

**Pabla Ávila F.**

Directora de Formación

**Rafael Pizarro G.**

Especialista Formación

**María Montserrat Callis R.**

Especialista Formación

Consejo Minero  
Apoquindo 3500, Piso 7,  
Las Condes, Santiago.  
Teléfono: (562) 2347 2200  
[www.consejominero.cl](http://www.consejominero.cl)

## **Propiedad del Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero**

Este material ha sido realizado por el Centro de Innovación en Capital Humano de Fundación Chile para el Consejo de Competencias Mineras (CCM) del Consejo Minero -del cual pasa a ser propiedad-, a partir de la traducción y adaptación del material proporcionado por el centro de formación SkillsTech. En el proceso de adaptación se utilizó material pedagógico del Programa PREPARADO, propiedad de Fundación Chile. Ambas fuentes han autorizado el uso de este material. Todas las fuentes citadas han autorizado el uso de este material.

Disponible para instituciones que imparten formación en el ámbito minero en Chile, a las que se autoriza la reproducción total o parcial de los contenidos de este material para fines de formación, citando siempre al Consejo de Competencias Mineras del Consejo Minero y pudiendo incluso adaptarlo para satisfacer los requerimientos de los participantes. Se prohíbe la reproducción o adaptación con fines comerciales.

El uso del género masculino en esta publicación no constituye discriminación; tiene el solo propósito de aligerar el texto cuando la redacción así lo exige.

## ÍNDICE:

<b>I. DESCRIPCIÓN DE LA COMPETENCIA .....</b>	<b>5</b>
<b>II. LA ACTIVIDAD MINERA EN CHILE Y EL MEDIO AMBIENTE .....</b>	<b>6</b>
<b>III. PRINCIPALES EFECTOS AMBIENTALES DE LAS OPERACIONES MINERAS .....</b>	<b>16</b>
<b>IV. MARCO LEGAL AMBIENTAL DE LAS ACTIVIDADES MINERAS.....</b>	<b>29</b>



# I. DESCRIPCIÓN DE LA COMPETENCIA

Este módulo tratará temáticas relacionadas con buenas prácticas medioambientales, cuyas competencias serán desarrolladas a través de la adquisición de conocimientos generales sobre el medio

ambiente, normas y políticas nacionales vigentes aplicadas a la gestión ambiental de las empresas mineras, el proceso de producción del cobre y su impacto sobre el entorno natural.

APRENDIZAJES ESPERADOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
Identificar la Incidencia de la Acción Humana sobre el Medio Ambiente.	Reconoce los componentes físicos, biológicos, económicos y socio-culturales del medio ambiente.
	Diferencia contaminación de agentes contaminantes.
	Identifica recursos renovables de no renovables.
	Reconoce los efectos de la acción del hombre sobre su entorno.
Distinguir las Operaciones Mineras y sus Efectos Ambientales.	Distingue las diferentes etapas del proceso minero y su impacto en el medio ambiente.
	Identifica los posibles efectos de la Minería en el entorno natural y social.
Reconocer el Marco Legal Vigente Medioambiental de la Actividad Minera.	Identifica criterios, normativas y el rol de agencias nacionales que aseguran la protección del medio ambiente.
	Identifica las diversas medidas de mitigación de la contaminación minera.
	Distingue la relación entre políticas ambientales y desarrollo social.

## II. LA ACTIVIDAD MINERA EN CHILE Y EL MEDIO AMBIENTE

La humanidad necesita de minerales para su desarrollo y como cualquier actividad productiva, la minería, puede causar importantes impactos en el medio físico y social de su entorno. Se puede decir que la actividad minera es una actividad del sector primario que genera impactos evidentes y diversos sobre su entorno.

Muy frecuentemente, las explotaciones mineras tienen en sus proximidades, instalaciones industriales que permiten el lavado, primer procesamiento y transformación de las materias primas que se extraen. Además, muchas explotaciones de minerales metálicos están cerca de una fundición para evitar el encarecimiento de los productos derivados por el transporte. Todas estas instalaciones aumentan el impacto ambiental de las explotaciones mineras<sup>1</sup>.

En Chile la actividad minera del cobre ha estado presente desde tiempos pre-hispánicos, constituye la actividad económica más importante y es la base del modelo económico de nuestro país. Considerando sólo los proyectos declarados y que actualmente están en etapa de factibilidad, la inversión minera en Chile

aumentará cercano a 23% en la producción nacional de cobre, la que debiera pasar de 5,9 millones de toneladas en el 2012 a más de 7,28 millones en el 2020. Éste es el segundo gran ciclo expansivo de la gran minería en Chile, siendo el primero aquel ocurrido entre 1989 y 1998, cuando la producción chilena de cobre aumentó de 1,6 millones a 3,6 millones de toneladas<sup>2</sup>.

La producción de cobre va en aumento y la realidad es que la actividad minera no es una actividad insípida, ya que genera impactos ambientales que deben ser mitigados, compensados y/o reparados. En este sentido, el concepto de impacto ambiental se refiere a la diferencia existente en el medio natural entre el momento en que la actividad comienza, el momento en que la actividad se desarrolla, y, sobre todo, el momento en que cesa. Por tanto, se puede afirmar que no existen los proyectos mineros sin impactos medioambientales. La clave está en la capacidad de incorporar la **Variable Ambiental** en los Proyectos Mineros de forma que el impacto que éstos producen sea mínimo, y su desarrollo sea, consecuentemente sustentable.

---

1 Guía Didáctica de Teledetección y Medio Ambiente en <http://snitchile.blogspot.com/2010/04/descarga-gratis-la-guia-didactica-de.html>

---

2 Fuerza laboral en la Gran Minería Chilena. Diagnóstico y Recomendaciones 2011-2020. Fundación Chile.

### ¿Significan lo mismo “impacto ambiental” y “problema ambiental”?

No es lo mismo. Cualquier modificación del medio ambiente provocada por la actividad humana se denomina impacto ambiental, independientemente de si son acciones que producen un daño sobre el medio (impacto negativo), como tirar residuos en el bosque, o de si son acciones beneficiosas (impactos positivos), como replantar un área forestal quemada.

## 1. Componentes del Medio Ambiente



### Motivación

El instructor invitará a los participantes a ver el siguiente video del National Geographic y les pedirá que comenten cómo ven las condiciones en que vivimos hoy y cómo éstas impactan el medio ambiente en comparación a cómo vivían los padres de nuestros abuelos. Se dará la palabra a la máxima cantidad de participantes posibles, preguntando: ¿a qué podemos atribuir los cambios en nuestro estilo de vida y cómo impacta a nuestro medio ambiente?

### Impacto Ambiental del Hombre



<http://www.youtube.com/watch?v=9DMUT9LOtD0>

El artículo 2 de la Ley N° 19.300 sobre bases generales del Medio Ambiente en Chile, establece que el medio ambiente es el sistema global constituido por elementos naturales y artificiales de naturaleza física, química o biológica, socioculturales y sus interacciones, en permanente modificación por la acción humana o natural y que rige y condiciona la existencia y desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones.



Como componentes básicos del medio ambiente se definen los componentes del ambiente natural y los componentes del ambiente construido. El medio ambiente **natural** está constituido por las plantas, los animales, el agua, el aire, la atmósfera, la tierra, el suelo, el subsuelo, la flora terrestre y acuática, la fauna, los yacimientos de sustancias minerales metálica.

Entre los componentes del ambiente **construido**, encontramos infraestructura de transporte, comunicaciones, abasteci-

miento energético y de agua de regadío. Asentamientos metropolitanos, urbanos y rurales. Vivienda y lugares de residencia, el equipamiento administrativo, comercial, educacional, de salud, recreativos incluye parques y áreas libres, deportivas y culturales. Centros y edificaciones que acogen la producción industrial y artesanal, el suelo urbanizado, las explotaciones mineras, agrícolas, forestales y marinas. El paisaje urbano y rural, el patrimonio histórico y cultural del pasado y del presente, los hitos urbanos, arquitectónicos y artísticos. Comprende el lugar donde se vive, lo que se tiene dentro de ella, el lugar de trabajo y los sitios de recreación. Lo son los pueblos o las ciudades porque son el resultado de la sociedad humana, la cultura de los pueblos, sus costumbres y creencias, todos estos elementos constituyen el medio ambiente.





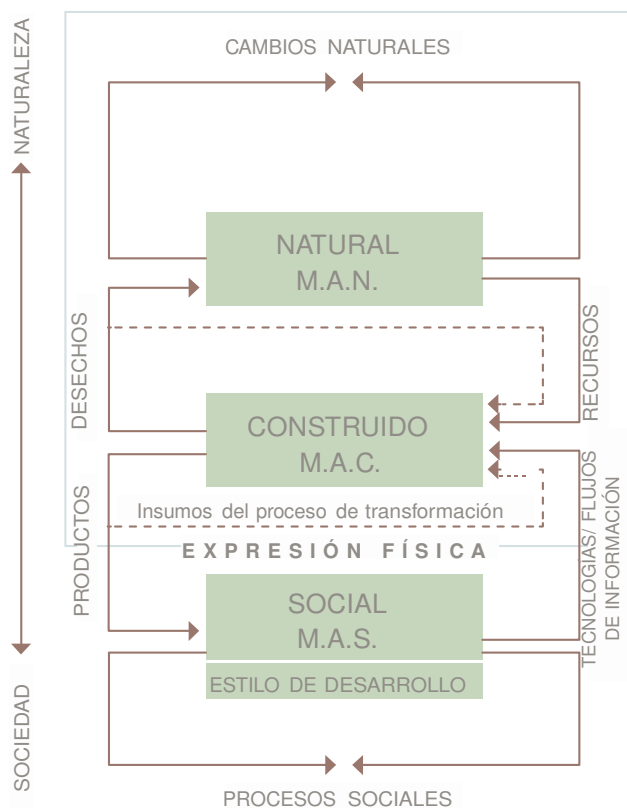


Figura 1. Componentes del medio ambiente y sus interacciones

Se tiende a pensar equivocadamente que el medio ambiente se limita a la naturaleza, pero el hombre es una parte muy importante de éste, ya que su influencia tiene el poder de transformarlo.

Por lo tanto, recae sobre él la responsabilidad de dar un buen uso a todos los componentes del medio ambiente, ya sean los naturales o artificiales, porque está en sus manos el cuidarlo o destruirlo.

Es importante aclarar que de manera na-

tural el ambiente también se transforma, lo hacen las lluvias, el mar, el frío o el calor, ellos contribuyen a que existan cambios en el entorno.

Todos estos elementos se interrelacionan, hacen parte de un sistema que está diseñado para que funcione de la manera correcta y el ser humano debe contribuir a este buen manejo. El Medio Ambiente nos entrega los elementos necesarios para sobrevivir.

#### CONSIDERACIONES IMPORTANTES

**El medio ambiente es un sistema, que implica un tratamiento como tal.**

**Está formado por elementos naturales y artificiales, influencias e interacciones.**

**Está en permanente cambio o modificación.**

**La vida en sus múltiples manifestaciones depende de él.**

Fuente: ECOLYMA

#### a. Los Recursos Naturales

Este concepto es sumamente dinámico, ya que lo que se entiende por interde-

pendencia entre medio natural y el desarrollo de la humanidad también varía constantemente. Se dice, entonces, que recursos naturales son todos aquellos materiales o elementos proporcionados por la naturaleza que son de utilidad o necesarios para el mantenimiento de la vida (minerales, agua, vegetales etc.).

RECURSOS RENOVABLES
Material de origen natural que tiene una capacidad cíclica, relativamente corta, para renovarse.
RECURSOS NO RENOVABLE
Materiales de origen natural que son considerados finitos, o agotables debido a su escasez, o al largo período de tiempo que requiere su formación, o debido a su rápido agotamiento. (Minerales, petróleo, suelo).

## 2. ¿Qué es la Contaminación?

Cuando se introducen nuevos elementos al ambiente, o cuando varía la concentración de los compuestos normales en el ambiente, hablamos de contaminación. En otras palabras **la contaminación** es la introducción de un agente **contaminante** que se añade **al aire, al**

**agua, al suelo** (o a los alimentos) y que amenaza la salud, la supervivencia, o las actividades de los seres humanos o de otros organismos vivos.

La Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente en su artículo 2, define **la contaminación y contaminante** como:

*“la presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones y permanencia superiores o inferiores, según corresponda, a las establecidas en la legislación vigente”*

Por otra parte contaminante es:

*“todo elemento, compuesto, sustancia, derivado químico o biológico, energía, radiación, vibración, ruido, o una combinación de ellos, cuya presencia en el ambiente, en ciertos niveles, concentraciones o períodos de tiempo, pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, a la calidad de vida de la población, a la preservación de la naturaleza o a la conservación del patrimonio ambiental”*

La mayoría de los contaminantes corresponden a subproductos o residuos sólidos, líquidos o gaseosos, que se ori-

ginan al extraer, procesar, convertir en productos, o utilizar un recurso natural.

- **Los agentes sólidos:** se les llama basura en general. Provocan la contaminación del suelo, del aire y del agua.
- **Los agentes líquidos:** incluyen las aguas negras, los desechos industriales, los derrames de combustibles derivados del petróleo, y contaminan el agua de ríos, lagos, mares y océanos, pudiendo provocar un desbalance en el hábitat de los organismos que viven en ellos.
- **Los agentes gaseosos:** incluyen la combustión del petróleo (óxido de nitrógeno y azufre) y la quema de combustibles como la gasolina (que libera monóxido de carbono), la basura y los desechos de plantas y animales.

#### a. Contaminación del aire

*“Contaminación del aire puede definirse como cualquier condición atmosférica en que ciertas sustancias alcanzan concentraciones lo suficientemente elevadas sobre su nivel ambiental normal, lo que puede producir un efecto negativo en las personas, en los animales y en la vegetación.”*

La contaminación del aire puede producirse debido a fenómenos naturales como erupciones volcánicas o incendios forestales, pero principalmente debido a algunas actividades humanas, industriales y mineras, que además de alterar la composición de la atmósfera, pueden afectar la calidad del aire al incorporar nuevos gases que la contaminan y deterioran. Junto con esto, el hombre ha sido uno de los principales responsables de problemas derivados como el calentamiento global y el debilitamiento progresivo de la capa de ozono, los que se han convertido en objeto de preocupación mundial.

Existe una estrecha relación entre la contaminación atmosférica que provoca cada una de las fuentes móviles y fijas, con los patrones de uso de energía de las mismas, es decir, con los procesos de combustión del carbón, madera, gas metano y derivados del petróleo (bencina y parafina), donde se liberan gases y pequeñas partículas sólidas que se mezclan con los gases atmosféricos. La conjunción de todos estos elementos contaminantes provoca el smog (smoke= humo y fog= neblina), el cual causa gran impacto en el medio ambiente y en la calidad de vida de las personas. Según

el momento en que entran en acción en el aire por su composición química, los contaminantes se pueden clasificar en primarios (se emiten directamente a las atmósfera como resultado de eventos naturales) y secundarios (proviene de las reacciones químicas de contaminantes primarios existentes en la atmósfera).

La contaminación atmosférica provocada principalmente por las industrias, las combustiones domésticas, industriales, mineras y los vehículos automotores, ha afectado gravemente el aire que respiramos.

Las principales sustancias contaminantes son: Dióxido de Azufre, Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono, Óxido de Nitrógeno, Hidrocarburos gaseosos, Óxido de Plomo, Fluoruros, Polvo atmosférico producto de la trituración de materiales y pulverización de productos.

#### b. Contaminación del suelo <sup>3</sup>

El suelo es, por principio, el sitio donde van a parar gran parte de los desechos sólidos y líquidos de cualquier actividad humana. No obstante, los suelos son también el receptáculo de los desechos no deseables de origen geológico,

por ejemplo, de las aguas ácidas con metales pesados provenientes de mineralizaciones sulfuradas aflorantes.

Todo lo que no es de utilidad en los procesos industriales, mineros, urbanos, agrícolas, etc., se acumula en el suelo, en general sin mayores precauciones. Con ello, los desechos mineros (botaderos), y de muchos desechos líquidos, se han venido depositando sobre los suelos sin control alguno a lo largo de siglos.

Por otra parte, la actividad agrícola se ha enfrentado durante las últimas décadas a la necesidad de aumentar la producción, sobre dos bases principales: el abonado y el control de plagas. No tiene relación directa con el tema minero, pero lo cierto es que sus efectos sobre el suelo han sido cualitativa y cuantitativamente mucho más agresivos y devastadores que la actividad minera. A efectos de comparar la actividad agrícola y la minera basta con observar desde una carretera cualquiera el impacto de una y otra actividad: mientras es muy difícil ver una mina, los campos dedicados a la agricultura se encuentran por doquier. Recordar que en éstos se vierten anualmente toneladas de fertilizantes y plaguicidas.

---

<sup>3</sup> <http://www.uclm.es/users/higueras/mam/MMAM5.htm>

En definitiva, las actividades industriales y mineras por un lado, y las agrícolas por otro, han dado origen al problema de que muchos productos de origen humano, o formados gracias a las actividades humanas, han ido a parar a los suelos, generando a su vez otros problemas: la contaminación de aguas subterráneas, la bajada de productividad agrícola, la contaminación de cultivos, y el envenenamiento de ganado, afectando de forma directa, y en mayor o menor grado en cada caso, a la economía y a la salud humanas.



### c. Contaminación del agua

El agua es uno de los recursos naturales fundamentales y es uno de los cuatro recursos básicos en que se apoya el desarrollo, junto con el aire, la tierra y la energía.

El agua es el compuesto químico más abundante del planeta y resulta indispensable para el desarrollo de la vida. Está formado por un átomo de oxígeno y

dos de hidrógeno, y su fórmula química es  $H_2O$ . En la naturaleza se encuentra en estado sólido, líquido o gaseoso.

El agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea útil, sino nociva, de calidad deficiente.

La evaluación de la calidad del agua ha tenido un lento desarrollo. Hasta finales del siglo XIX no se reconoció el agua como origen de numerosas enfermedades infecciosas; sin embargo hoy en día, la importancia tanto de la cantidad como de la calidad del agua está fuera de toda duda.

La importancia que ha cobrado la calidad del agua ha permitido evidenciar que entre los factores o agentes que causan la contaminación de ella están: agentes patógenos, desechos que requieren oxígeno, sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, nutrientes vegetales que ocasionan crecimiento excesivo de plantas acuáticas, sedimentos o material suspendido, sustancias radioactivas y el calor.

La contaminación del agua es el grado de impurificación, que puede originar efectos adversos a la salud de un número representativo de personas durante períodos previsibles de tiempo. Se con-



sidera que el agua está contaminada, cuando ya no puede utilizarse para el uso que se le iba a dar, en su estado natural o cuando se ven alteradas sus propiedades químicas, físicas, biológicas y/o su composición. En líneas generales, el agua está contaminada cuando pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas, industriales o agrícolas. Para evitar las consecuencias del uso del agua contaminada se han ideado mecanismos de control temprano de la contaminación. Existen normas que establecen los rangos permisibles de contaminación, que buscan asegurar que el agua que se utiliza no sea dañina. Cada país debe tener una institución que se encargue de dicho control. En Estados Unidos<sup>4</sup> existen parámetros mencionados en la Farmacopea de los Estados Unidos (USP) que norman en relación a las especificaciones de todo tipo en el agua potable, en el área microbiológica se toman en cuenta niveles de alerta y niveles de acción.

A pesar del control y prevención que se persigue en muchos países, se reportan aguas contaminadas con coliformes lo que hace que la calidad del agua no sea

la deseada, si bien muchos países tienen agua en grandes cantidades, el aumento poblacional, la contaminación de las industrias, el uso excesivo de agroquímicos, la falta de tratamiento de aguas negras y la erosión de suelos por la deforestación hacen que ese recurso sea escaso. En Guatemala<sup>5</sup> cada año se producen 380 millones de metros cúbicos de aguas negras y de ellos, sólo 19 millones son tratados. El resto llega con toda su carga contaminante a los ríos y lagos.

La provisión de agua dulce está disminuyendo a nivel mundial, 1.200 millones de habitantes no tienen acceso a una fuente de agua potable segura. Las enfermedades por aguas contaminadas matan más de 4 millones de niños al año y 20% de todas las especies acuáticas de agua fresca están extintas o en peligro de desaparecer.

---

4 [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07\\_2121.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_2121.pdf)

---

5 [http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07\\_2121.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_2121.pdf)

## Actividad N°1

### “Creando una Ciudad”



#### Descripción de la actividad

Divididos en grupos, los participantes deberán imaginar una ciudad que se adapte al entorno geográfico natural, en este caso un lugar donde hay escasez de agua, suelos poco fértiles y donde habitarán 500 familias. Se realizará una exposición por grupo con un bosquejo de la ciudad imaginaria con el apoyo de un papelógrafo.

#### Sentido de la actividad

A través de esta actividad, los participantes podrán sensibilizarse con la importancia de cuidar el medio ambiente.

#### Instrucciones

Observe con detención la siguiente lámina. A continuación, reflexione sobre las siguientes preguntas:



- Caractericen el entorno, ¿qué le llama la atención? ¿Hay intervención humana visible?
- Expliquen posibles razones del estado del ambiente que se ve en la foto.
- ¿Es la leña un recurso de uso frecuente, azaroso, intenso, negativo o positivo?
- ¿Se usa leña en el área en que cada uno de ustedes vive? ¿De qué tipo y para qué?
- ¿Puede el uso de leña tener efectos secundarios? ¿Cuáles?
- ¿Qué actividades económicas posiblemente se realicen en el lugar? ¿De qué viven las familias?

### III. PRINCIPALES EFECTOS AMBIENTALES DE LAS OPERACIONES MINERAS

Los minerales son fundamentales para el desarrollo humano, ya que por sus características se pueden utilizar en las más diversas áreas. La minería se encarga de extraerlos y procesarlos.

La minería en su conjunto produce una serie de contaminantes gaseosos, líquidos y sólidos, que llegan al suelo. Esto sucede ya sea por depósito a partir de la atmósfera como partículas sedimentadas o traídas por las aguas de lluvia, por el vertido directo de los productos líquidos de la actividad minera y metalúrgica, o por la infiltración de productos de lixiviación del entorno minero: como las aguas provenientes de minas a cielo abierto, o por la disposición de elementos mineros sobre el suelo: botaderos, talleres de la mina u otras edificaciones más o menos contaminantes en cada caso, pero ¿cómo actúan éstas sobre el medio ambiente? ¿Qué interacciones originan?

Para poder contestar estas preguntas es importante recordar brevemente el proceso de producción de cobre en sus diferentes etapas.

#### 1. Principales etapas del proceso minero y su relación con el medio ambiente

El objetivo de la **extracción** es obtener la porción mineralizada con cobre de la mina para continuar el proceso de producción de cobre fino.

Luego en la etapa de **chancado**, grandes máquinas reducen las rocas a un tamaño uniforme de no más de 1,2 cm.

Durante la **molienda**: grandes molinos continúan reduciendo el material, hasta llegar a unos 0,18 mm, con el que se forma una pulpa con agua y reactivos que es llevada a flotación, donde se obtiene concentrado de cobre.

En esta parte, el proceso del cobre puede tomar dos caminos: el de la **fundición** y electrorrefinación (etapas mostradas en esta infografía), **o el de la lixiviación y electroobtención.**

**Fundición:** Para separar del concentrado de cobre otros minerales (hierro, azufre y sílice) e impurezas, este es tratado a elevadas temperaturas en hornos especiales. Aquí se obtiene cobre RAF, el que es moldeado en placas llamadas ánodos, que van a electrorrefinación, donde los ánodos provenientes de la fun-

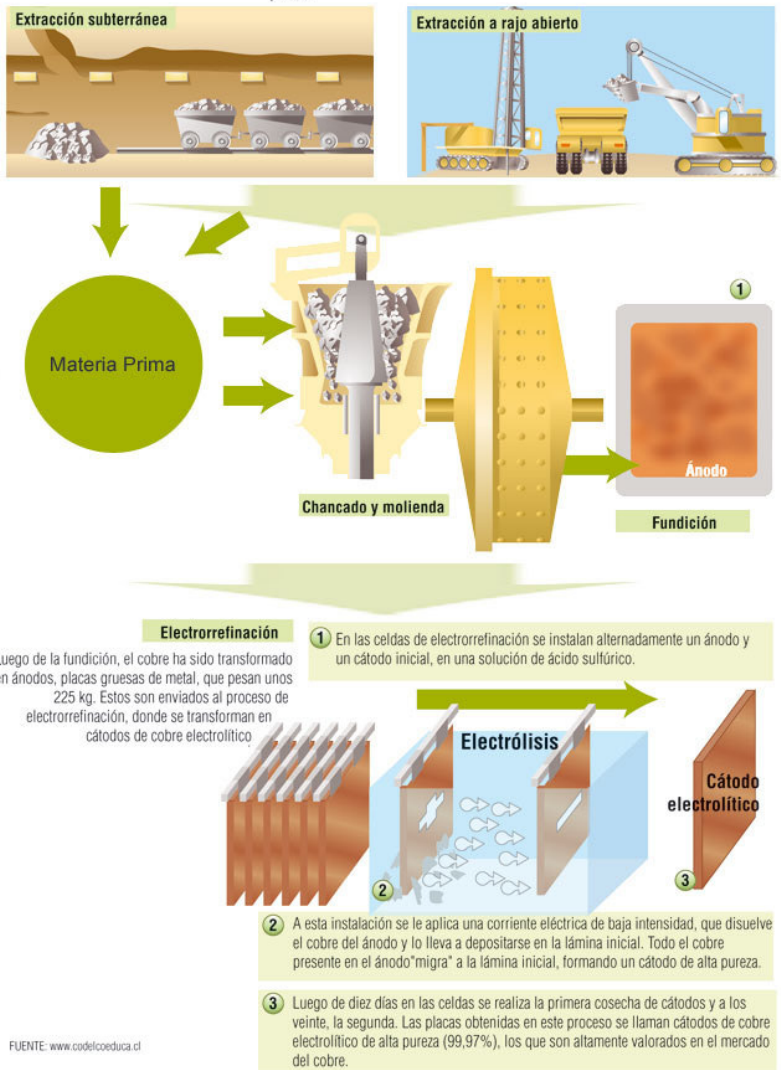
dición se llevan a celdas electro-líticas para su refinación. De este proceso se obtienen cátodos de alta pureza o cátodos electrolíticos, de 99,99% de cobre.

**Lixiviación:** Es un proceso hidro-metalúrgico, que permite obtener el cobre de los minerales oxidados que lo contienen, aplicando una mezcla de ácido sulfúrico y agua formando pasados 50 días, una mezcla homogénea llamada sulfato de cobre. Ésta es llevada a unos estanques donde son limpiadas y luego a una planta de extracción por solvente (mezcla de parafina y resina orgánica), donde se obtiene una solución concentrada de cobre que pasa a la etapa de electroobtención. Ésta consiste en una electrólisis mediante la cual se recupera el cobre de la solución proveniente de la lixiviación, obteniéndose cátodos de alta pureza.

Los cátodos obtenidos del proceso de electrorrefinación y de electroobtención, son sometidos a procesos de revisión de calidad y luego seleccionados, pesados y apilados. Luego los cátodos

#### Cómo se produce

Los minerales de cobre sulfurados luego del chancado y la molienda pasan a la fundición y a la electrorrefinación. El resultado de este proceso son cátodos de cobre de alta pureza.



son despachados en trenes o camiones hacia los puertos de embarque y desde ahí, a los principales mercados compradores. La mayor parte de las **minas** tienen una **planta de procesamiento del mineral** y muchas tienen una **fundición** cercana.

Para la evaluación **impacto ambiental** del desarrollo de una operación minera se deben considerar los **posibles efectos de la minería**.

Una **evaluación de impacto ambiental** es un conjunto de técnicas, metodologías y procedimientos tendientes a identificar (relaciones causa-efecto), predecir (cuantificar) y valorar (interpretar) el impacto ambiental de un proyecto o actividad. El Sistema de Impacto Ambiental, SEIA, es un instrumento preventivo, al cual deben someterse todos los proyectos de inversión, sean públicos o privados, previo a su ejecución. Por otra parte, un estudio de Impacto Ambiental es un documento que describe de manera detallada las características de un proyecto o actividad que se pretende realizar, o su modificación. Éste, debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación de los impactos ambientales potenciales y describir la o las acciones que se ejecutarán para impedir o minimizar los efectos adversos.



**Tabla 1: Etapas del Proceso Minero y su Impacto Medio Ambiental**

ETAPA 1: EXPLORACIÓN, PROSPECCIÓN	MEDIO AMBIENTE
<p><b>Exploración</b></p> <p>Es la etapa preliminar del proceso, y se realiza en áreas geológicamente seleccionadas, con potenciales posibilidades de ocurrencia de menas. Se lleva a cabo a través de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocimiento preliminar (foto aérea, satelital, otros) .</li> <li>• Elaboración de mapas geológicos del área y recolección de muestras.</li> </ul> <p>Esta etapa, puede llevarse a cabo a través de diferentes métodos que en conjunto constituyen lo que se conoce como: Prospección.</p> <p>Existen varios métodos de prospección, entre ellos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geofísicos.</li> <li>• Geoquímicos.</li> <li>• Excavaciones (trenching y shaft sinking) y Perforaciones (drilling).</li> </ul>	<p>El impacto al medio ambiente dependerá fundamentalmente de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Del tipo de ecosistema a intervenir.</li> <li>• Del método de prospección que se utilizará.</li> </ul> <p>En el primer caso, si estamos frente a un ecosistema frágil, deberán considerarse sus componentes de flora, fauna, suelo, aguas, entre otros, y determinar la fragilidad de cada uno de ellos. Una vez caracterizados estos componentes y su grado de fragilidad, se define el método de prospección a utilizar. Esta etapa deberá estimarse como caso especial y, por lo tanto, atenerse a consideraciones particulares (jurídicas y técnicas), cuando se desea desarrollar en áreas con estatus especial reconocido en la legislación vigente (parque nacional, reserva de la biosfera, monumento nacional u otro).</p>
ETAPA 2: DESARROLLO DEL PROYECTO	MEDIO AMBIENTE
<p><b>La etapa de desarrollo y planificación del proyecto se ha identificado con las siguientes etapas.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de la Ingeniería de detalle del proyecto, de la planta de tratamiento y de los servicios (infraestructura técnica).</li> <li>• Desarrollo de la explotación de la mina. Entre otras actividades pueden señalarse: <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Extracción de la roca que cubre el yacimiento (en el caso de operaciones a rajo abierto).</li> <li>b. Construcción de infraestructura subterránea de acceso a la mena.</li> <li>c. Construcción de la planta de tratamiento.</li> <li>d. Preparación de los residuos mineros y de los métodos de disposición de la planta de efluentes.</li> <li>e. Construcción de accesos (camino, ferrocarril, otros).</li> <li>f. Desarrollo del sistema de agua que abastecer la planta de tratamiento y las instalaciones.</li> <li>g. Preparación de la infraestructura social.</li> </ul> </li> </ul>	<p>En términos de la planificación de un proyecto, y de su relación con el medio ambiente, ésta es la etapa en que muchos de los impactos ambientales asociados a la minería podrían evitarse. Durante la etapa de “desarrollo de la ingeniería de detalle” debieran considerarse las variables ambientales, e incluir el concepto de la gestión ambiental como parte integrante de todo el proceso. Las actividades citadas tendrán diferentes impactos en el medio, dependiendo del lugar del emplazamiento, de las características de los medios (físicos, biológicos), la tecnología utilizada. No obstante, las que potencialmente generan un impacto mayor son la c, d, e, f. Cada uno de ellos es tratado en unidades de impactos asociados al recurso agua, suelo y aire.</p>

ETAPA 3: OPERACIÓN DE LA MINA	MEDIO AMBIENTE
<p><b>Dependiendo de la forma y de la localización de la mena, esta etapa se desarrolla en forma subterránea o a rajo abierto. En ambos casos las actividades básicas que involucra son:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Chancado del mineral.</li> <li>Cargado.</li> <li>Extracción y transporte al lugar de acopio.</li> <li>Transporte hacia la planta de tratamiento.</li> </ol>	<p>En esta etapa los potenciales problemas ambientales están relacionados con la producción de polvo, ruido y vibraciones.</p> <p>Actividad importante en esta etapa, en el caso de explotación a rajo abierto, es el dinamitaje (voladura) cuyos problemas ambientales se asocian al material particulado, especialmente al PM10 y a la contaminación acústica. Ambos problemas, dependiendo la cercanía de poblados o campamentos afectarán en mayor o menor grado a la población.</p> <p>Estos mismos problemas, relacionados con otros elementos del medio los afectarán según el tipo de componente (flora, fauna, agua), y de la extensión del área de influencia directa de estas actividades.</p> <p>Todas las actividades mencionadas (de a - d) tienen asociadas problemas de contaminación atmosférica y acústica.</p>

ETAPA 4: BENEFICIACIÓN	MEDIO AMBIENTE
<p><b>Esta etapa está relacionada con la concentración del mineral comerciable, y aunque el proceso tiene distintos métodos, dependiendo del mineral, el paso previo es la pulverización de la mena (roca). Métodos típicos de beneficiación son:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Por flotación. Es el más utilizado en los minerales que contienen sulfurados u oxidados, con excepción de los óxidos de níquel. Es un complejo proceso fisicoquímico el cual utiliza un gran volumen de agua y reactivos químicos.</li> <li>Por gravedad. Es un método por el cual se logra separar sólidos de diferentes densidades dentro de un líquido (o fluido), por ejemplo agua.</li> <li>Por lixiviación. Es tal vez el método más utilizado en la minería del cobre, el cual utiliza como agente reactivo el ácido sulfúrico.</li> </ol> <p>Otros métodos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Separación magnética.</li> <li>Selección eléctrica.</li> </ul>	<p>El impacto al medio ambiente de esta etapa está dado fundamentalmente por tres componentes del proceso.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Uso del agua. Los volúmenes de agua utilizados, pueden disminuir el flujo de agua de la población local, y/o la capacidad de recarga de las fuentes de abastecimiento, especialmente si estas son subterráneas y su recarga es lenta.</li> <li>El uso de reactivos químicos, y la falta de tratamiento de las aguas residuales, puede producir contaminación de suelos y cuerpos de aguas.</li> <li>Los residuos sólidos resultantes de la flotación contienen varios tipos de “metales pesados” que sin tratamiento y con grados de concentración diversos son, en general, tóxicos en el medio ambiente.</li> </ul>

ETAPA 5: TRANSPORTE	MEDIO AMBIENTE
<p><b>Los centros de acopio, normalmente se ubican delante del concentrador. Éstos pueden ser:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Silos, tolva o depósitos.</li> <li>• Pilas cónicas, rectangulares, tipo rampa.</li> </ul> <p>Desde los silos el material es extraído por medio de correas transportadoras, bandejas vibratorias; desde las pilas se puede transportar a través de túneles transportadores, por carros, palas mecánicas, otros.</p> <p>Una vez dentro del concentrador el material seco es tomado por correas transportadoras y la pulpa es bombeada a través de tuberías.</p>	<p>Problemas específicos ambientales de esta etapa son los relacionados con las “pilas” de acopio, que dependiendo de su ubicación y manejo pueden generar material particulado, sedimentación y drenaje ácido, produciendo contaminación atmosférica e hídrica respectivamente.</p>

FUENTE: Guía Didáctica de Educación Ambiental. Minería y Medio Ambiente, Mineduc 1999.

## 2. Posibles Efectos de la Minería en el Entorno

### a. Daño a la Tierra



Se ha estimado que el uso de tierra para uso minero entre 1976 y 2000 es de 37.000 km<sup>2</sup>; esto es cerca del 0,2% de toda la superficie terrestre. Los países desarrollados tienen una mayor proporción de terrenos perturbados por la actividad minera que los menos desarrollados. El grado de recuperación de esos terrenos es creciente y muchos hoyos antiguos se han utilizado para botar desperdicios de minas antiguas o domésticos. Otras áreas mineras han sido transformadas en reservas naturales o parques recreativos. En el futuro las minas producirán

menos desechos, ya que las labores son rellenadas con los mismos (corte y relleno). Esto encarece la explotación, pero es necesario ya que se estima que 27.000 Mt de minerales y sobrecarga se extraen de la corteza terrestre cada año.

En Chile la minería se concentra en la mitad norte del territorio, donde el daño a la tierra se minimiza debido a que existe una baja densidad de población, por las condiciones desérticas o semi-áridas. Sin embargo, las restricciones para el uso indiscriminado de terrenos para los procesos o desechos mineros están cada vez más regulada.

### b. Liberación de sustancias tóxicas



Los metales no sólo son importantes para el uso que hacemos de ellos, sino que también son parte integral de nues-

tra naturaleza y de otros organismos vivos. Sin embargo, así como hay elementos metálicos que son componentes esenciales para los organismos vivos, las **deficiencias** o **excesos** de ellos pueden ser muy **perjudiciales para la vida**. En el medio natural los excesos pueden generarse por drenajes de aguas de minas, de desmontes o de relaves mineros. Algunos metales, como cadmio y mercurio, y metaloides como antimonio o arsénico, los cuales son muy comunes en pequeñas cantidades en depósitos metálicos son altamente tóxicos, aun en pequeñas cantidades, particularmente en forma soluble, la cual puede ser absorbida por los organismos vivos. Lo mismo se aplica al plomo, pero afortunadamente este metal es bastante poco reactivo a menos que sea ingerido y la mayoría de los minerales naturales de **plomo** son muy insolubles en aguas subterráneas. El cianuro se ha utilizado desde hace mucho tiempo para recuperar oro en plantas de procesamiento. El **cianuro** mismo no es un problema ya que se descompone bajo la influencia de los rayos ultravioleta en las capas superficiales. No obstante, en los países desarrollados la legislación requiere el establecimiento de plantas de neutralización de cianuro en todos los usos industriales de este producto químico.

#### c. Polvo



El control de polvo debe ser importante en cualquier mina en la cual se genere polvo silíceo, puesto que este puede producir silicosis y enfermedades pulmonares asociadas. El polvo debe ser mantenido en un mínimo en las minas y áreas industriales asociadas para proteger a los mineros y habitantes locales.

La silicosis es la neumoconiosis producida por inhalación de partículas de sílice, entendiendo por neumoconiosis la enfermedad ocasionada por depósito de polvo en los pulmones con una reacción patológica frente al mismo, especialmente de tipo fibroso. Encabeza las listas de enfermedades respiratorias de origen laboral de la minería. La silicosis es una enfermedad fibrósica-pulmonar de carácter irreversible y considerada enfermedad profesional incapacitante en muchos países.



El óxido de silicio (IV) o dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) es un compuesto de silicio y oxígeno, llamado comúnmente sílice. Es uno de los componentes de la arena. Una de las formas en que aparece naturalmente es el cuarzo.

Además de la silicosis, se pueden generar otras enfermedades profesionales como por ejemplo la asbestosis, causada por la exposición del personal al asbesto (material prohibido en Chile) o la talcosis, causada por la exposición al talco.

La salud y seguridad de los trabajadores debe ser siempre una prioridad. Existe el riesgo de **exposición** de los trabajadores mineros a **materiales tóxicos** derivados de las operaciones en las minas, plantas y fundiciones (ej. Cd, Pb, Hg) y a los reactivos químicos utilizados en el procesamiento, para lo cual deben considerarse las medidas de protección adecuadas.

#### d. Ruido

Las operaciones mineras, plantas y fundiciones usualmente tienen altos niveles de ruido. Este es uno de los peligros ocupacionales más comunes y los trabajadores deben estar adecuadamente protegidos de ruidos peligrosos o niveles de ruido distractivos. El ruido tampoco debería afectar a los habitantes en las

comunidades de las actividades mineras.

La enfermedad profesional causada por el ruido es la Hipoacusia Profesional, que es la pérdida de la capacidad auditiva de las personas ocasionada por el ruido. La legislación chilena establece que en todo lugar de trabajo donde el nivel de ruido sea mayor a 85 de en una jornada de 8 horas, se debe proteger a los trabajadores de la exposición al ruido.

#### e. Desmontes y Relaves



La minería frecuentemente involucra mover mucho material estéril o de leyes no económicas y depositarlos en desmontes en las cercanías de las minas (debido a que el transporte es caro), asimismo el procesamiento del mineral produce relaves que deben almacenarse en condiciones que no afecten el drenaje local y no hayan escapes o infiltración de sustancias perjudiciales. Una manera de mi-

limpiar los desechos mineros es utilizar el método de corte y relleno, utilizar los desmontes para crear nuevas formas de relieve para ocultar las operaciones mineras y reducir la emisión de ruido o procesar los desmontes para usarlos en la industria de la construcción. Los relaves del procesamiento de mineral de cobre de la mina El Salvador fueron descargados por años en el río Salado y a través de este río al mar en la bahía de Chañaral. Esto ya no ocurre en la actualidad, los relaves actualmente se depositan en un tranque, pero la contaminación de la bahía de Chañaral persiste y persistirá por mucho tiempo más debido a los relaves allí depositados.

#### f. Fundiciones



Las fundiciones emiten  $\text{SO}_2$  (anhídrido sulfuroso), el cual junto con  $\text{NO}$  (monóxido de nitrógeno) y  $\text{CO}_2$  (monóxido de carbono) origina lluvia ácida. Esto también ocurre en plantas termoeléctricas que usan carbón.

#### g. Erosión y Sedimentación



El desarrollo minero perturba el suelo y las rocas en el transcurso de la construcción y mantenimiento de caminos, basureros y excavaciones a la intemperie. Por la ausencia de prevenciones adecuadas y estrategias de control, la erosión de la tierra expuesta puede transportar una gran cantidad de sedimentación a arroyos, ríos y lagos. La sedimentación excesiva puede obstruir riveras, la delicada vegetación de éstas y el hábitat para la fauna y organismos acuáticos.

#### h. Los Botaderos



Una vez que los minerales han sido procesados y recuperados, la roca sobrante se vuelve otra forma de desperdicio minero que se ubican en las escombreras. Las escombreras contienen los mismos metales pesados tóxicos y formaciones de ácido mineral que produce el desecho de roca. También pueden contener agentes químicos usados para el procesamiento del mineral en bruto, tales como cianuro o ácido sulfúrico. Las escombreras son usualmente colocadas en la superficie, en áreas de contención o en lagunas de oxidación, y en un número creciente de operaciones bajo tierra, donde el desecho es usado como relleno para las áreas que fueron excavadas. Si son asegurados inapropiadamente, los contaminantes de los desechos mineros

pueden lixiviar hacia la superficie o a los mantos de agua subterránea causando una contaminación seria que puede perdurar durante muchas generaciones.

#### i. Metales Pesados y Lixiviación

La contaminación por metales pesados es causada cuando algunos metales como el arsénico, el cobalto, el cobre, el cadmio, el plomo, la plata y el zinc, contenidos en las rocas excavadas o expuestos en vetas en una mina subterránea, entran en contacto con el agua. Los metales son extraídos y llevados río abajo, mientras el agua lava la superficie rocosa. Aunque los metales pueden ser movidos en condiciones de pH neutral, la lixiviación es particularmente acelerada en condiciones de pH bajo, tales como las creadas por el drenaje ácido de la minería.

#### j. Contaminación química

Este tipo de contaminación ocurre cuando algunos agentes químicos (tales como el cianuro y el ácido sulfúrico, utilizados por compañías mineras para la separación del material deseado, del mineral en bruto) se derraman, gotean, o se trasladan del sitio minero a un cuerpo de agua cercano. Estos químicos pue-

den ser también altamente tóxicos para los humanos y la fauna.

#### k. El Agua



*De las etapas del proceso productivo de cobre la contaminación del agua es el mayor problema.*

El Drenaje Ácido de la Minería (DAM) es el mayor problema ambiental provocado por la industria minera y es también su mayor pasivo, especialmente para nuestras corrientes de agua. Una mina generadora de ácido tiene el potencial para causar un impacto devastador a largo plazo en los ríos, arroyos y vida acuática, volviéndose en efecto, una “máquina de contaminación perpetua”.

Cuando las grandes cantidades de roca que contienen minerales sulfatados, son excavadas en tajo abierto o en vetas en

minas subterráneas, estos materiales reaccionan con el aire o con el agua para crear ácido sulfúrico.

El ácido lixiviará la roca mientras que la roca sigue estando expuesta al aire y al agua. Este proceso continuará hasta que los sulfatos sean extraídos completamente; este es un proceso que puede durar cientos, o quizás miles de años. El ácido es transportado desde la mina por el agua, las lluvias o por corrientes superficiales, y posteriormente depositado en los estanques de agua, arroyos, ríos, lagos y mantos acuíferos cercanos. El DAM degrada severamente la calidad del agua y puede aniquilar la vida acuática, así como volver el agua prácticamente inservible.

**A continuación, lo invitamos a completar la Actividad número 2.**



#### Descripción de la actividad

Los participantes, en parejas, leerán el caso “Explotación de Yacimiento de Litio en el Salar de los Piuquenes”. Luego deberán identificar los posibles problemas de impacto ambiental que pueden suscitarse de este proceso minero y registrar sus observaciones para presentarlas a todo el curso, dando sus razones para considerar el proyecto ambientalmente factible o no.

#### Sentido de la actividad

A través de esta actividad se espera que los participantes generen conciencia ecológica, identificando variados problemas de impacto ambiental y buscando sus soluciones.



## IV. MARCO LEGAL AMBIENTAL DE LAS ACTIVIDADES MINERAS

Uno de los desafíos que tiene nuestro país en materia de sustentabilidad dice relación con la necesidad de contar con una regulación que establezca reglas claras y que fije los estándares de protección ambiental que el país requiere para alcanzar un desarrollo sostenible.

### 1. Legislación Ambiental

El Ministerio del Medio Ambiente es una Secretaría de Estado de Chile encargada de colaborar con el Presidente de la República en el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, así como en la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos, promoviendo el desarrollo sustentable, la integridad de la política ambiental y su regulación normativa. Este ministerio fue creado en enero de 2010 para reemplazar a la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).

Desde diciembre de 1990 hasta marzo de 1994, la máxima autoridad ambiental era la Secretaría Técnica de la Comisión Nacional de Medio Ambiente del Ministerio de Bienes Nacionales, que posteriormente se transformaría en la Comisión Nacional del Medio Ambiente. En marzo de 1994 se crea la Comisión Nacional del

Medio Ambiente (CONAMA), mediante la **Ley de Bases Generales del Medio Ambiente, Ley Nº 19.300.**

En 2007 se crea el cargo de Presidente de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, otorgándole el rango de Ministro de Estado.

El 12 de enero de 2010 fue promulgada por la presidenta Michelle Bachelet la Ley Nº 20.4173 que crea el Ministerio del Medio Ambiente basado en la anterior CONAMA, y que además crea el **Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente.**

El Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) es un organismo público funcionalmente descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio. Su función central es tecnificar y administrar el instrumento de gestión ambiental denominado “Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental” (SEIA), cuya gestión se basa en la evaluación ambiental de proyectos ajustada a lo establecido en la norma vigente, fomentando y facilitando la participación ciudadana en la evaluación de los proyectos.

Este servicio cumple la función de uniformar los criterios, requisitos, condiciones, antecedentes, certificados, trámites

exigencias técnicas y procedimientos de carácter ambiental que establezcan los ministerios y demás organismos del Estado competentes, mediante el establecimiento de guías trámite. La tecnificación del sistema apunta a establecer criterios comunes para evaluar cada tipo de proyecto, lo que permite asegurar la protección del medio ambiente de manera eficiente y eficaz.

En el marco del SEIA, el concepto de normativa de carácter ambiental, o normativa ambiental aplicable, comprende aquellas normas cuyo objetivo es asegurar la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental, e imponen una obligación o exigencia cuyo cumplimiento debe ser acreditado por el titular del proyecto o actividad durante el proceso de evaluación.

Normativa general del Sistema Evaluación de Impacto Ambiental:

- Ley N° 19.300, Sobre Bases Generales del Medio Ambiente.
- Ley N° 20.417, que Crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación y la Superintendencia del Medio Ambiente.
- Ley N° 19.880, sobre Bases de los Procedimientos Administrativos que

rigen los Actos de los Órganos de la Administración del Estado.

- DFL N° 1-19.653, Fija Texto Refundido, Coordinado y Sistematizado de la Ley N° 18.575, Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado.
- D.S. N° 95, de 2001, de MINSEGPRES, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental.

Planes y normas dictados conforme a la Ley N° 19.300, Sobre Bases Generales del Medio Ambiente:

- Normas de Calidad.
- Normas de Emisión.
- Planes de Prevención y Descontaminación.

En la actualidad todos los proyectos mineros, realizan un análisis con toda la normativa legal vigente para el cumplimiento ambiental, describiendo las principales actividades utilizadas para ayudar a asegurar que todos los requisitos ambientales internos y externos sean cumplidos a cabalidad. Las regulaciones de normativa vigente abarcan:

- Arqueología.
- Flora y especies amenazadas y en peligro.

- Fauna.
- Normativa de aire.
- Normativa de ruido.
- Normativa de agua.
- Normativa de ozono.
- Normativa de manejo, traslado de sustancias peligrosas.

## 2. Declaraciones de Impacto Ambiental

Actualmente la legislación ambiental exige la realización de **estudios de impacto ambiental** para todas las operaciones mineras y declaraciones de impacto ambiental para las actividades de exploración minera. Los estudios ambientales deben incluir los efectos sobre la sociedad, vegetación, fauna, sitios de interés arqueológico, clima, calidad del aire, ruido, aguas superficiales y subterráneas, los métodos propuestos para la recuperación de los terrenos al término de la operación minera, etc. En algunos países se exige además una garantía para asegurar que la recuperación de los terrenos realmente ocurra al final de la minería. Los estudios debe incluir un registro de la condición del ambiente en el área minera potencial, cuando se hizo la solicitud respectiva (nivel base ambiental). Las compañías recogen esta información en la etapa de exploración, in-

cluyendo la descripción de la superficie y fotografías, análisis geoquímicos para mostrar los valores medios de metales y acidez y detalles de la flora y fauna locales previos a la operación. Esto es esencial dado que localmente puede existir contaminación natural.

### a. Estudio de Impacto Ambiental

Es un documento que describe de manera detallada las características de un proyecto o actividad que se pretende realizar, o su modificación. Éste, debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación de los impactos ambientales potenciales y describir la o las acciones que se ejecutarán para impedir o minimizar los efectos adversos. Es un documento descriptivo de un proyecto o actividad o sus modificaciones que se propone realizar, otorgado bajo juramento por el titular, cuyo contenido permite al organismo competente evaluar si su impacto ambiental se ajusta a la normativa ambiental vigente.

### b. Declaración de Impacto Ambiental

Es un documento descriptivo de un proyecto o actividad o sus modificaciones que se propone realizar, otorgado bajo

juramento por el titular, cuyo contenido permite al organismo competente evaluar si su impacto ambiental se ajusta a la normativa ambiental vigente.

### 3. Política Ambiental en Empresas Mineras

Las políticas ambientales son el conjunto de objetivos, principios, criterios y orientaciones generales para la protección del medio ambiente de una sociedad particular. Esas políticas se ponen en marcha mediante una amplia variedad de instrumentos y planes.

Las políticas pueden tener como objetivo la protección de un determinado **ecosistema** como por ejemplo: un sistema de arrecifes o los bosques naturales. También pueden estar dirigidas a incidir en factores del contexto como: el mejoramiento de las condiciones para la generación y apropiación social de la información (ej. el fortalecimiento de la educación ambiental en determinados niveles o de la investigación básica sobre un determinado campo del medio ambiente), la transformación de ciertas condiciones político-institucionales (ej. alcanzar una mayor coordinación e integración transectorial, o una mayor descentralización de la gestión a nivel local,

o incrementar la participación ciudadana en las decisiones que afectan el ambiente), las condiciones socioeconómicas (ej. la transformación de los patrones de uso de los recursos naturales, o los patrones de consumo, o la tenencia de la tierra) y las condiciones tecnológicas (ej. desarrollo de nuevas tecnologías limpias, e innovaciones de tecnológicas).

Las políticas con sus objetivos, principios, criterios y orientaciones generales impulsan nuevos procesos y tecnologías más beneficiosas con el ambiente y desarrollan nuevas formas de relación con la naturaleza. Las políticas deben reflejar las prioridades ambientales, y al ser expresadas mediante los instrumentos y planes se constituyen en verdaderas agendas de trabajo.

#### Ecosistema

**El ecosistema es un conjunto de elementos, estructuras, funciones e interacciones que se dan en un espacio físico determinado. Es un arreglo de componentes bióticos y abióticos que están relacionados de tal manera que actúan o constituyen una unidad o un todo. En este sentido el concepto de ecosistema es adimensional, no específica ni requiere un tamaño.**

#### 4. Medidas de Mitigación de la Contaminación

Se denomina medidas de mitigación de la contaminación, al conjunto de procedimientos a través de los cuales se busca bajar a niveles no tóxicos y/o aislar sustancias contaminantes en un ambiente dado. En términos generales, las estrategias de mitigación ambiental incluyen:

##### a. Eliminación de Residuos

Si se trata de contenedores con sustancias tóxicas, se dispondrá el retiro de los mismos, para esto existen procedimientos para la disposición de los residuos en minería. A continuación se muestran los tipos de contenedores y colores utilizados en minería para la disposición de residuos.



**Residuos Domésticos:** Son residuos sólidos generados en los domicilios, incluyendo los residuos de composición

similar a actividades comerciales, edificios de oficinas, instituciones e industrias.

**Residuo Industrial:** Residuo sólido o semisólido resultante de cualquier proceso u operación industrial que no vaya a ser reutilizado, recuperado o reciclado en el mismo establecimiento industrial. Incluye los residuos de descarte, líquidos o gaseosos (no ril).

**Residuo Peligroso:** Residuo o una mezcla de residuos se considerarán como peligrosos si presenta riesgo para la salud pública, provocando o contribuyendo al aumento de la mortalidad o a la incidencia de enfermedades y/o presentando efectos adversos al medio ambiente cuando es manejado o dispuesto en forma inadecuada.

##### b. Protección de Flora y Fauna.

Las medidas de mitigación para la protección de los hábitats donde se desarrollan operaciones mineras incluyen:

**Crear conciencia en los trabajadores de la importancia de la flora y la fauna de los lugares que son intervenidos.**

Desde el momento que el hombre entra en contacto con el lugar de trabajo, está interviniendo el hábitat de las especies



del lugar y, por tanto, se debe tratar de intervenir lo menos posible ese hábitat o causar el menor impacto posible, para asegurar la subsistencia de la flora y la fauna del lugar.

### **Prohibición de la caza de vida silvestre mediante reglamentaciones internas.**

Dada la ubicación de los proyectos mineros, existen muchas especies que están en peligro de extinción o que deben ser protegidas, por esta razón es de suma importancia definir normas internas de prohibición de caza, para proteger las especies que pudiesen ser amenazadas por el hombre y para proteger los ecosistemas y cadenas alimenticias que permiten la vida de las especies.



### **c. Prohibición de Alimentar los Animales**

Los animales a medida que se van familiarizado con la presencia del hombre, comienzan a perderle el miedo y por tanto se acercan a él, esto provoca que comiencen a ser alimentados de forma doméstica, lo que les provoca daño, ya que pierden la capacidad de cazar para sobrevivir de forma natural y pasan a ser dependientes del hombre, lo que altera sus sistemas de alimentación.

### **d. Medidas para reducir el acceso de la fauna a las piletas de solución de proceso**

Existen 2 peligros para la fauna del lugar asociados a este punto, por una parte, si los animales beben soluciones de los procesos morirán y, por otra parte, si se caen accidentalmente a estas soluciones no podrán sobrevivir.

### **e. Protección Arqueológica**

Es común encontrar sitios de interés arqueológico en la construcción de proyectos mineros, estos sitios se encuentran protegidos por las leyes chilenas, por lo cual, es responsabilidad de cada persona informar los casos en que se sospeche de sitios de interés arqueológico.

Un yacimiento arqueológico es un lugar

en el que existen evidencias de ocupación o actividad humana de una época pasada. Esta época pasada puede corresponder a los primeros habitantes de nuestro actual territorio, hace más de 10.000 años atrás, hasta las evidencias de la más reciente época republicana, como por ejemplo, las oficinas salitreras.

No sólo se incluyen los grandes y más evidentes restos pasados, como lugares de sepultación humana, poblados, geoglifos, petroglifos y edificios monumentales, sino que también constituyen yacimientos arqueológicos aquéllos menos evidentes y que contienen elementos fragmentados, como por ejemplo, basurales, conchales, pisos de antiguas habitaciones, campamentos de caza, campos de cultivo, caminos, entre otras muchas evidencias de actividad humana pasada. Los yacimientos arqueológicos nos entregan información sobre el pasado de nuestra región, que no es posible obtener de otra forma.

Por otro lado, es importante conservar la mayor parte de los yacimientos, ya que cada sitio es único y su pérdida dificulta entender lo que sucedió en el pasado y como se ha ido conformando nuestra identidad cultural. La investigación arqueológica muchas veces destruye par-

te de la evidencia, y se espera que los métodos de investigación sean cada vez más sofisticados y menos destructivos.

Los yacimientos arqueológicos están protegidos por la Ley 17.288 de Monumentos Nacionales y su Reglamento sobre excavaciones y/o Prospecciones Arqueológicas, Antropológicas y Paleontológicas (DS 484) de 1990 lo cual significa que:

- Todos los yacimientos arqueológicos, tanto los conocidos, como aquellos aún no conocidos ni registrados, son Monumentos Nacionales por el sólo ministerio de la Ley (Art. 21° Ley 17.288).
- Todos los yacimientos y objetos arqueológicos son de propiedad del Estado y la única institución que puede autorizar intervenciones o excavaciones es el Consejo de Monumentos Nacionales (CMN) (Art. 22° Ley 17.288).

La alteración o destrucción de un yacimiento arqueológico está sancionada con multas e incluso presidio (Art. 38° Ley 17.288). No importa si están en terrenos públicos o privados, todos son Monumentos Nacionales. Por otra parte, la venta y compra de objetos arqueológicos está igualmente sancionada con

multas e incluso presidio. Cabe destacar que por largo tiempo se ha practicado el saqueo de cementerios prehispánicos en busca de objetos con algún valor comercial, causando destrucción irremediable de patrimonio e información.

f. ¿Qué hacer si durante una obra aparecen restos arqueológicos?

Ante el hallazgo de un yacimiento arqueológico, es decir, evidencias que indican actividad u ocupación humana del pasado, toda persona está obligada a dar aviso inmediato a la Gobernación Provincial o a Carabineros, quienes informarán al Consejo de Monumentos Nacionales (CMN). El no cumplir con esta obligación legal será sancionado con multas (Art. 26° Ley 17.288).

## **5. Relaciones con la comunidad.**

Hoy no es concebible el desarrollo de un sector productivo con las características de la minería en el país, sin un intercambio permanente con las comunidades que rodean sus actividades. La industria presta cada vez más atención a los actores involucrados, pero también éstos de manera creciente están atentos del quehacer de las compañías con que se relacionan cotidianamente. Si se con-

sideran como principales intereses de las empresas y las comunidades, el generar riqueza por un lado y conseguir una mejor calidad de vida por otro, éstos aparecen como dos objetivos bastante compatibles, sin embargo, en las acciones para llevar a cabo cada uno surgen conflictos.

Desde la perspectiva del desarrollo sustentable la industria minera enfrenta el hecho que las operaciones producen impactos ambientales y sociales significativos y se centran en un recurso no renovable. Frente a esta realidad, cada comunidad tiene sus propios requerimientos e intereses.

El gran desafío entre minería y entorno es entender cuáles son los intereses y requerimientos de cada uno de los actores. Para las compañías mineras es primordial comunicar quiénes son, qué hacen y cuáles son los beneficios que genera para el país y para la comunidad donde están operando. Por otra parte dentro los principales intereses de las comunidades se encuentran:

- Conocer el desempeño ambiental de las operaciones.
- Trabajar junto a las compañías en los planes de desarrollo comunitario que se ponen en práctica.

Las grandes mineras poseen depar-

tamentos con profesionales especializados para una mejor relación con su entorno y a través de éstos se busca colaborar con las comunidades, a través de distintas estrategias, dando prioridad a las empresas locales como proveedoras ofreciendo servicios básicos, ofreciendo oportunidades laborales, asistencia técnica, capacitación en temas como agricultura, artesanía, instrumentos de financiamiento (microcrédito), transfiriendo conocimiento o desarrollando infraestructura como por ejemplo colegios, juntas de vecinos, remodelación de edificios de compañías de bomberos, entre otros.

Lo fundamental de las relaciones con la comunidad es potenciar relaciones confiables, transparentes y de largo plazo, basadas en una lógica de colaboración y beneficio mutuo, que permitan conocer su opinión sobre decisiones de la Corporación que afecten su desarrollo y condiciones de vida.

Existen escenarios complejos para las compañías, como son los procesos de evaluación ambiental. Un ejemplo de esto es Pascua Lama que finalmente logró la aprobación ambiental del proyecto con gran apoyo comunitario y de las autoridades locales. Las herramientas que

ofrece el mundo globalizado, como Internet han visibilizado estas situaciones por lo que las compañías se tiene que hacer cargo de comunicar más y mejor la importancia de la actividad minera para el mundo contemporáneo, así como los estándares y procedimientos con los que estas empresas desarrollan sus faenas. Para esto se deben considerar aspectos de transparencia e inclusión, es decir, informar a las comunidades ‘desde la a hasta la z’, qué tipo de actividad se pretende desarrollar en el lugar y, por otro, favorecer y facilitar que las comunidades participen efectivamente en el proceso de evaluación y aprobación de los proyectos. Esto se logra incorporarlas para elaborar programas de desarrollo social, realmente deseados y necesarios.

## V. SÍNTESIS

La actividad minera, como la mayor parte de las actividades productivas del hombre, crea alteraciones en el medio natural, desde las más imperceptibles hasta las que presentan claros impactos sobre el medio en que se desarrollan. En Chile la producción de cobre está en la base del modelo económico y se pronostica que la producción aumentará en los próximos 15 años.

En esta unidad hemos prestado especial atención a los principales efectos contaminantes de las operaciones mineras y las medidas de mitigación adoptables. Actualmente existen normativas y agencias de gobierno que controlan el impacto que puede producir una explotación minera y que fijan los estándares de protección ambiental que el país requiere para alcanzar un desarrollo sostenible.

Si bien existen escenarios complejos para las compañías mineras en relación a los procesos ambientales, estas reconocen que su mejor aliado es la responsabilidad, la transparencia y la inclusión. El informar y hacer partícipe a la comunidad en relación a lo que ocurre en términos ambientales, favorece el desarrollo en términos sociales.





Consejo de Competencias Mineras  
Apoquindo 3500, Piso 7,  
Las Condes, Santiago.  
Teléfono: (562) 2347 2200  
[www.ccmadero.cl](http://www.ccmadero.cl)

