

# Evaluación de Impactos Ambientales

**Jorge Oyarzún Muñoz (Geol. Dr. Sci.)**

*Director Progr. Diplomado en Gestión Ambiental Minera (GAM-ULS.)  
Coord. Acad. Progr. Diplomado en Sustentabilidad Ambiental Minera (ULS.)  
Prof. Titular Depto. Ingeniería de Minas Universidad de La Serena (Chile). Carreras de Ingeniería  
Civil Ambiental e Ingeniería Civil de Minas.*



*Pintura de la serie sobre incendios de pozos de petróleo en Kuwait durante la Guerra del Golfo  
Susan Crile 1991 - Austin Museum of Art - <http://www.tfaoi.com/newsm1/n1m283.htm>*

## **INDICE**

### **Capítulo 1:** Evaluación de Impacto Ambiental y Ordenación del Territorio

- 1.1 El Paradigma Ambiental
- 1.2 Las Leyes Ambientales
- 1.3 Surgimiento de la EIA
- 1.4 EIA y Ordenación del Territorio

### **Capítulo 2:** Proyectos, Aspectos e Impactos Ambientales

- 2.1 Los Proyectos y su Definición y Flexibilidad
- 2.2 El Medio Ambiente y su Dinámica y Complejidad
- 2.3 Impactos Ambientales: Factores Culturales e Ideológicos
- 2.4 Naturaleza y Gravedad de los Impactos Ambientales
- 2.5 Impactos de Operaciones Normales y de Emergencias Ambientales
- 2.6 La EIA, entre la Ciencia y el Arte Adivinatorio

### **Capítulo 3:** La EIA en la Legislación de Chile y el Extranjero

- 3.1 La EIA en Chile
- 3.2 La EIA en Argentina
- 3.3 La EIA en USA
- 3.4 La EIA en España y en el Reino Unido

### **Capítulo 4:** La EIA y las Normas Ambientales

- 4.1 Naturaleza y Utilidad de las Normas Ambientales
- 4.2 Criterios y Procedimientos en la dictación de Normas Ambientales
- 4.3 Algunas Normas. Las Zonas Saturadas o Latentes
- 4.4 Las Normas Ambientales y la EIA
- 4.5 La EIA y los Tratados Internacionales

## Capítulo 5: La Evaluación de Impacto Ambiental y la Participación Ciudadana.

- 5.1 Democracia, Comunidad y Participación
- 5.2 La Participación Ciudadana en Chile
- 5.3 Participación Ciudadana: Ambiente, NIMBY e Intereses Económicos

## Capítulo 6: Las Metodologías de Evaluación de Impactos Ambientales

- 6.1 Aplicación y Evaluación de las Metodologías
- 6.2 Las Listas de Chequeo y la Matriz de Grandes Presas
- 6.3 La Matriz de Leopold y el Método Delphi
- 6.4 El Método Batelle – Columbus
- 6.5 Los Diagramas de Redes
- 6.6 El Método de Superposiciones de Mc Harg y los SIG
- 6.7 La Matriz de Metas-Logros: Una Visión Comunitaria y de la Equidad Social
- 6.8 El Análisis de Decisiones: Una Visión Experta

## Capítulo 7: Los Modelos Físico-Matemáticos en la Evaluación de Impacto Ambiental

- 7.1 Naturaleza, Valor y Limitaciones de los Modelos.
- 7.2 Algunos Modelos Conceptuales Principales
- 7.3 La Elaboración de Modelos Físico-Matemáticos
- 7.4 Criterios para la Selección y Aplicación de Modelos
- 7.5 La EIA y el Peso de los Modelos

## Capítulo 8: Los Informes de Estudios de Impacto Ambiental

- 8.1 Objetivos y Contenidos del Informe de IA
- 8.2 Características de Fondo de un Buen Informe de IA
- 8.3 Características de Forma de un Buen Informe de IA
- 8.4 Cómo Leer un Informe de IA: Desafíos para los Evaluadores

## Capítulo 9: Estudios y Evaluaciones de Impacto Ambiental: Análisis Crítico

- 9.1 Los Estudios de Impacto Ambiental son también Evaluaciones
- 9.2 Factores Económico-Sociales en Estudios y Evaluaciones de Impacto Ambiental
- 9.3 Los Servicios del Estado en la EIA
- 9.4 La Percepción Pública del SEIA
- 9.5 ¿Conflictos Ambientales o Conflictos Económicos Intersectoriales?
- 9.6 ¿Existe en Chile una Efectiva Cultura Ambiental?

## Capítulo 10: La Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos Mineros

- 10.1 Complejidad Física de la EIA de Proyectos Mineros
- 10.2 Complejidad Tecnológica y Evolución de una Explotación Minera
- 10.3 Entorno Físico y Biológico del Proyecto e Impactos Ambientales
- 10.4 Entorno Social y Cultural e Impactos Ambientales
- 10.5 Planes de Cierre y la EIA de Proyectos Mineros

## Capítulo 1: **Evaluación de Impacto Ambiental y Ordenación del Territorio**

### 1.1: **El Paradigma Ambiental**

El ser humano no cuenta con un aprecio innato de los valores ambientales y el “tema ambiental” emergió recién en la segunda mitad del siglo 20 como una materia de interés científico, político y público. Sin embargo, algunos aspectos relacionados con el tema tienen un origen anterior. Entre ellos está el aprecio por el paisaje, que se debe principalmente a los pintores que, desde el Renacimiento en adelante, enseñaron a valorar la riqueza visual de la naturaleza, más allá de su utilidad económica. Desde el lado de la ciencia, la ecología (término introducido en 1878) mostró las complejas relaciones entre los seres vivos, y entre estos y su ambiente. Sin embargo, recién a partir de 1950, una serie de catástrofes llevó el tema ambiental a la preocupación pública. Entre ellas estuvo el envenenamiento por mercurio de Minamata (Japón, 1950-60), la muerte de unas cuatro mil personas en Londres por un episodio de contaminación atmosférica (1952) y la muerte masiva de aves por efecto del DDT y otros insecticidas en USA, relatada por Rachel Carson en su libro “La Primavera Silenciosa” (1962). A éstas se unieron varios accidentes de buques petroleros, con los respectivos derrames y sus efectos en la fauna marina y en la contaminación costera.

En 1972, científicos del MIT y otras universidades, unidos en el llamado “Club de Roma”, publicaron el informe “Los Límites del Crecimiento”, que planteó las dificultades del crecimiento poblacional y económico, en

términos de la limitada disponibilidad de materias primas y energía, así como de la contaminación generada. Ese mismo año, la Comunidad Europea decide adoptar una política medioambiental. Dos años antes (1970), USA había creado la Agencia de Protección Ambiental (USEPA).

En los años siguientes, se agregaron casos como el de Love Canal (USA, 1980), donde desechos tóxicos enterrados bajo una población fueron causa de enfermedades y muertes, el escape de isocianato de metilo de la planta de Bhopal, India, de Unión Carbide, responsable de 2000 muertes (1984), el desastre del reactor nuclear de Chernobyl, Ucrania (1986), el derrame del Exxon Valdez en 1989, etc.

Por otra parte, Gro Harlem publica en 1987 “Nuestro Futuro Común” y se va estableciendo el concepto del “Desarrollo Sostenible”, que implica el uso responsable de los recursos naturales, la equidad social del desarrollo y la prevención de la contaminación. Actualmente, este concepto se ha incorporado al “paradigma ambiental” y forma parte del discurso de los gobiernos y de las empresas. Estas últimas han incorporado también las normas de gestión ambiental, basadas en la norma británica BS-7750 (1992).

En tanto, el tema ambiental ha evolucionado Norte América y Europa en líneas diversas, y alcanzado en algunos casos posiciones extremas. Algunas de estas líneas conciernen a temas como los siguientes:

- Contaminación atmosférica.
- Contaminación de aguas superficiales y subterráneas.
- Residuos peligrosos y urbanos.
- Seguridad alimentaria (contaminación y transgénicos).
- Biodiversidad y especies en riesgo de extinción.
- Preservación de ambientes naturales valiosos (parques, etc.).
- “Derechos” de la flora y fauna silvestres.
- “Ecología” industrial (empresa y medio ambiente).
- Adelgazamiento de la capa de ozono.
- “Gases invernadero” y calentamiento global.

En el análisis y toma de posición respecto a los distintos temas, se identifican dos posiciones diferentes. Una, que enfoca los temas ambientales desde el punto de vista de los intereses humanos, vale decir, que entiende que cuidar el medio ambiente es necesario para el bienestar e incluso para la supervivencia de la humanidad. La otra, que postula que los valores ambientales deben ser resguardados incluso más allá de los intereses propios de los seres humanos. Esta posición, la de la llamada “ecología profunda” considera a la humanidad como un miembro más de la comunidad de los seres vivos, que en consecuencia tiene derechos y obligaciones hacia las demás especies con las que comparte la Tierra.

Finalmente, es importante considerar el hecho de que el tema ambiental aparece frecuentemente asociado a otros, como los derechos de los pueblos nativos a preservar su identidad cultural, al tema de la equidad

social, etc. y que incluso toma connotaciones filosóficas y religiosas. Desde luego, también pasa a ser un tema político y se mezcla con materias como la globalización. Ignorar lo anterior, puede llevar a serios errores, en algunos casos asociados a graves pérdidas económicas debidas a proyectos industriales fallidos (ello ha sido “oficializado” en Perú donde la “Licencia Social”, otorgada por las comunidades locales, es prácticamente obligatoria para los proyectos mineros).

## **1.2: Las Leyes Ambientales.**

Aunque existen antiguos y curiosos precedentes, como un decreto real del año 1285 que prohibía quemar carbón en Londres (ya afectado por el smog), la legislación ambiental es de fecha relativamente reciente. Así, en USA, las leyes de protección de la atmósfera y el agua datan de 1972 y la de protección de especies biológicas en peligro, de 1973. El mismo país, promulgó en 1977 una ley relativa a control y restauración de labores mineras a cielo abierto, y en 1986, la denominada ley del “superfondo”, destinada a proveer fondos y procedimientos para la limpieza de sitios contaminados. Un año antes (1985), se había promulgado una ley relativa a seguridad alimentaria, con el fin de proteger a la población de efectos de la contaminación a través de los alimentos.

En Chile se dictaron algunas disposiciones legales ya en la primera mitad del siglo 20, destinadas a la protección de las aguas de riego. A



ellas fueron agregándose otras disposiciones (leyes o decretos) de distintos ministerios, las cuales no fueron refundidas ni eliminadas al dictarse la ley sobre bases generales del medio ambiente (Ley 19.300, del 09/03/1994). En consecuencia, ellas coexisten con esta ley marco. En su Artículo 1º, la ley 19.300 alude al derecho constitucional a “vivir en un medio ambiente libre de contaminación” y señala que ella, regulará la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental, “sin perjuicio de lo que otras normas establezcan sobre la materia”.

La Ley 19.300 comprende cuatro materias. La primera está constituida por un conjunto de definiciones. Entre ellas, es interesante la diferencia de enfoque entre las definiciones de contaminación y contaminante. Ello, en cuanto la existencia de contaminación queda sujeta a disposiciones legales (y no a sus consecuencias en los posibles afectados). En cambio, al definir contaminante se alude a su carácter de riesgo para la salud de las personas, la calidad de vida de la población, la preservación de la naturaleza o la conservación del patrimonio ambiental.

La segunda materia tratada es el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), que nace con esta ley. Una tercera parte (Párrafos 4 a 7 del Título II y Párrafo 1 del Título III) reúne una serie de temas misceláneos, como los relativos a normas de calidad ambiental y de emisión, a planes de manejo y descontaminación y a la responsabilidad por daño ambiental. Finalmente, en su cuarta parte (Párrafo 2 del Título

III en adelante) concierne al estatuto de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), así como a las Comisiones Regionales del Medio Ambiente (COREMAS).

### **1.3: El Surgimiento de la Evaluación de Impacto Ambiental.**

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA; gramaticalmente podría ser más adecuado decir “del impacto ambiental” o “de impactos ambientales”) surge en USA en 1970, con la promulgación de la Ley Nacional de Política Ambiental (NEPA). En su sección 102, esta ley exige a todas las agencias federales utilizar un enfoque de EIA a todas sus intervenciones que puedan afectar el medio ambiente, establecer métodos y procedimientos con tal fin y elaborar los respectivos Estudios de Impacto Ambiental. Es interesante el hecho de que la Ley Nacional (NEPA) define como primer objetivo “cumplir las responsabilidades que cada generación tiene como un albacea del medio ambiente para las futuras generaciones” y como tercer objetivo “Conseguir el más amplio y beneficioso uso del medio ambiente, sin degradación, ni riesgo para la salud o la seguridad, ni cualquiera otras consecuencias no deseables ni pretendidas”.

En el estudio de impacto ambiental prescrito por la ley NEPA, las agencias federales deben considerar cinco áreas principales relativas a sus acciones y sus posibles efectos:

- El impacto ambiental de la actuación.
- Cualquier efecto ambiental adverso resultante de ella que no pueda ser evitado si la propuesta se ejecuta.
- Alternativas a la actuación propuesta.
- Relaciones entre los usos y beneficios a corto plazo y aquellos relativos a la productividad a largo plazo.
- Cualquier efecto irreversible e irrecuperable resultante de la actuación propuesta.

Las agencias federales de USA han desarrollado distintos procedimientos para evaluar los impactos directos. Sin embargo, reconocen que los impactos de mayor importancia (adversos o benéficos) suelen ser secundarios o incluso terciarios, los que son mucho más difíciles de evaluar.

A partir de 1970 varios estados de USA adoptaron legislaciones ambientales equivalentes a la NEPA, manteniendo el procedimiento para evaluación de proyectos de las agencias públicas. En los años 1980s, más de 75 países habían incorporado este proceso de EIA a su legislación, incluyendo también los proyectos presentados por privados. Actualmente, más de 100 países lo practican y constituye un procedimiento obligatorio para optar a créditos internacionales.

#### **1.4: EIA y Ordenación del Territorio.**

En principio, existen dos aproximaciones extremas al “uso sustentable” (sostenible) del territorio. La primera supone que no hay usos preferentes o prohibidos “a priori” y que cada proposición de uso debería ser analizada específicamente, considerando sus impactos ambientales positivos y negativos. Esta corresponde, con matices, a nuestro SEIA. Así, en Chile, aunque sujeto a ciertas restricciones (parques nacionales, zonas saturadas, planes reguladores comunales), es posible plantear el desarrollo de cualquier tipo de proyecto en cualquier lugar del País. Corresponde al SEIA decidir su aprobación o rechazo, así como las posibles condiciones en caso de aprobación. Esto, desde el punto de vista ambiental, dado que existen otros tipos de restricciones (p. ej., en materia de explotación de hidrocarburo).

El otro extremo corresponde al caso ideal de la “ordenación del territorio”. Esta supone que el territorio ha sido estudiado en detalle en sus aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, meteorológicos, etc. Las consecuencias ambientales del conocimiento obtenido se han llevado a mapas de adecuación de uso, que permiten establecer cuales son las ubicaciones posibles para determinado tipo de proyecto (una central termoeléctrica a carbón o petróleo, una refinería – fundición de cobre, una explotación de áridos, un aeropuerto, etc.). Por ejemplo, Polonia dispone de información geoquímica muy completa a distintas

escalas, que permiten también excluir suelos del uso agrícola, cuando su contaminación supera determinados niveles.

Desde luego, sería poco realista esperar que Chile cuente con tales niveles de información como para implementar un sistema de ese tipo. Sin embargo, se puede pensar en una incorporación progresiva de la ordenación del territorio de manera de facilitar la aplicación del SEIA. De esa manera, las empresas proponentes (y el mismo Gobierno) sabrían donde es razonable y donde no proponer determinados proyectos (p. ej., nuevos aeropuertos) dejando al SEIA el análisis detallado de los impactos ambientales específicos propios de las características particulares del proyecto propuesto. Al respecto, el SERNAGEOMIN ha iniciado algunos trabajos en esta materia.

## **Capítulo 2: Proyectos, Aspectos e Impactos Ambientales.**

### **2.1: Los Proyectos y su Definición y Flexibilidad.**

Una evaluación de impacto ambiental exitosa (cualquiera sea la resolución final) depende de dos o tres factores claves. El primero es una clara definición del proyecto, lo que incluye entender muy bien las consecuencias ambientales de sus tecnologías y de su magnitud. Si el proyecto posee un buen grado de flexibilidad, ello ayudado a incorporar recomendaciones que surjan de su evaluación ambiental. Por ejemplo, el

Proyecto Alumysa fracasó por falta de flexibilidad respecto a su ubicación.

El segundo factor de éxito radica en la buena comprensión del medio físico y biológico en el que se implantará el proyecto. Desde luego, las interrelaciones entre las actividades del proyecto, el medio físico y el medio biológico pueden llegar a ser complejísimas e involucrar aspectos desconocidos (caso del metil-mercurio en Minamata, Japón; caso de los cisnes negros y CELCO, en Valdivia, etc.). Sin embargo, es importante esforzarse por lograrlo en la medida necesaria, porque es el único modo de evitar futuras sorpresas desagradables.

Un tercer factor que puede tomar creciente importancia, es la genuina aceptación de la comunidad en la cual se implantarán las principales actividades del proyecto. Al respecto, los logros a corto plazo que no implican una aceptación efectiva pueden llevar a la larga a graves problemas. Esto, especialmente si el proyecto se sitúa en el extranjero y existen razones históricas, culturales o políticas que demandan cautela.

Se entiende por aspectos ambientales cada una de las intersecciones entre las acciones del proyecto y el ambiente físico, biológico y humano en el que se implantará. En el caso de un gran proyecto minero, por ejemplo, esas interacciones (más sus efectos indirectos y de retroalimentación) pueden llegar a ser casi infinitas. De ahí que sea imprescindible “filtrarlas”, basándose en los conocimientos disponibles, la

experiencia y el buen criterio (e intuición) de los evaluadores. Desde luego, ello no es sencillo.

Pongamos un ejemplo. Se instalará una planta petroquímica. Un componente menor es una instalación electrolítica que utiliza electrodos de mercurio. Los efluentes de la planta irán a un río (estamos en los años '50), que desemboca en una bahía. En el fondo de la bahía hay bacterias anaeróbicas que producen compuestos metílicos. ¿Qué podría tener que ver la planta petroquímica con esas bacterias? ¿Deberíamos incluirlas como un factor ambiental e “intersectarlas” con alguna acción de la planta?. Desde luego, no se nos ocurriría pensarlo, y efectivamente pasaron varios años antes que se las relacionara con los casos de parálisis, afecciones neurológicas y muertes de los aldeanos de la Bahía de Minamata, Japón, intoxicados con metil-mercurio, ingerido con los alimentos marinos que consumían.

Como señalamos antes, los aspectos se “filtran” al analizar la matriz de acciones del proyecto contra los factores ambientales. A ello sigue un segundo filtrado, al determinar qué aspectos serán considerados como impactos ambientales (ya sean negativos o positivos).

La selección de los impactos ambientales, realizada en la etapa del Estudio de Impacto Ambiental, implica que dicho estudio incluye ya una primera evaluación, la que será seguida en el mismo Estudio por una jerarquización, según los criterios que el mismo Estudio defina (aunque existen criterios generales que trataremos en la sección 2.3).

## **2.2: El Medio Ambiente y su Dinámica y Complejidad.**

La ciencia ha demostrado la extraordinaria complejidad de las interacciones en el medio físico, y algunas de ellas han sido ampliamente divulgadas por los medios, como el famoso “efecto mariposa” que limita las predicciones meteorológicas a largo plazo, planteado en 1961 por Edgard Lorenz (en la versión popular, el aleteo de una mariposa en Brasil podría causar un tornado en Texas). Si el medio físico es complejo y frecuentemente imprevisible (el volcán Chaitén como ejemplo), las complejidades y sorpresas de la red de interacciones biológicas lo superan. Desde luego, ello se multiplica al agregar las interacciones entre el mundo físico y el biológico así como las intervenciones humanas, a través de las acciones del proyecto.

De lo señalado se desprende la necesidad de extremar el uso del conocimiento, la investigación y la experiencia en aquellos proyectos que implican intervenciones a gran escala en el medio físico y biológico. Aún así, se deberá estar siempre dispuesto a “esperar lo inesperado”. Al respecto sobran ejemplos. Así, en una zona reconocida como “asísmica” en USA, se inició una serie de sismos, justo cuando se pensaba instalar en ella un reactor nuclear. Alguien notó que había un sismo por mes y lo más curioso, ocurrían el mismo día de cada mes. Dicho día coincidía con una inyección profunda de riles, que al parecer activaban una falla cortical. También son ejemplos de interacciones inesperadas los casos ya mencionados de Minamata, Japón y el de CELCO en Valdivia (caso de los cisnes de cuello negro).



### **2.3: Impactos Ambientales: Factores Culturales e Ideológicos.**

La EIA se sustenta sobre el concepto de que el ambiente por intervenir posee determinadas cualidades: físicas, biológicas, económicas o culturales, positivas o negativas, que le otorgan o le restan valor. Al evaluar un proyecto, procura predecir y juzgar las ganancias o pérdidas de valor, así como proponer medidas que mejoren el balance final, o rechazar el proyecto si sus costos ambientales son demasiado altos. En lo antes señalado hemos utilizado la palabra “valor” como “medida del bien asignado a algo”. Por ejemplo, es valioso disponer de agua pura, aire limpio, suelos no contaminados y productivos, etc.

Cuando valoramos, lo hacemos considerando tanto las cualidades intrínsecas o propias de las cosas como sus cualidades extrínsecas o utilitarias. Por ejemplo, defendemos las ballenas por lo que son, otros prefieren cazarlas por su “valor económico”. Aquí llegamos a una complicación: es normal, que ambas cualidades se superpongan y no sea fácil separarlas. Por ejemplo, el valor intrínseco del agua pura y cristalina se une a su valor para la salud, la actividad turística, etc.

Una segunda complicación surge de lo que denominamos “valores”, en el sentido de creencias religiosas, éticas, estéticas, etc. que informan nuestra visión del mundo. Ello implica que cuando “valoramos” un bien ambiental, nuestros propios valores juegan un rol principal. De ahí la gran importancia de separar hechos de valores (no siempre fácil) al realizar la evaluación de impactos ambientales.

Al respecto, uno de los paradigmas que afloran a menudo en los planteamientos de los grupos ambientalistas se refiere a la oposición entre lo natural (supuestamente bueno) y lo artificial, considerado como malo o peligroso. En consecuencia se contempla un lago como algo bueno, mientras un embalse es malo o peligroso. Igual ocurre respecto a los vegetales transgénicos, al uso de fertilizantes y plaguicidas, etc. Desde luego, este rechazo tiene razones objetivas, como los casos de graves enfermedades y muertes por contaminantes tóxicos o cancerígenos en el agua, el aire o los alimentos, pero también tiene una raíz que se conecta con creencias religiosas o antiguos mitos.

En esa visión, el pasado aparece como una edad dorada, cercana a la versión del paraíso. El ser humano es visto como “naturalmente bueno” y su vida en pleno acuerdo con la naturaleza. Entonces, una caída (el “progreso”, la propiedad, la desobediencia) lo expulsa de ese mundo y lo lleva a un camino de creciente extravío (la Torre de Babel, etc.). La naturaleza a su vez castiga su proceder (diluvios, sequías, terremotos, etc.), de manera que comprenda su error y retorne al buen camino.

La realidad está muy lejos de ese sueño. La vida primitiva era y es miserable. Enfermedades, muerte temprana, hambre, supersticiones, etc. Pero el sueño es permanente y no cambia. Si la humanidad regresara al estado primitivo, no solamente su calidad de vida se perdería, sino que también perecería en un elevado porcentaje, porque justamente son esos “factores artificiales” (agua tratada, antibióticos,

vacunas, fertilizantes inorgánicos, agricultura mecanizada, etc.) los que han permitido elevar la supervivencia y por lo tanto aumentar la población y alimentarla. Ello implica el uso intensivo de energías convencionales así como de la química y de la minería y se demuestra fácilmente con números, pero la mayoría de las personas no están dispuestas a cambiar sus creencias por cifras o por razones científicas (que tampoco comprende).

En resumen: es normal que los cambios asociados a un proyecto tiendan a aparecer como impactos negativos (el lago es bueno, el embalse malo), así como el hecho de que los factores culturales e ideológicos jueguen un rol abierto u oculto al definir el carácter y gravedad de los impactos ambientales. Cincuenta años atrás una mina a cielo abierto abandonada en el desierto era un atractivo turístico. Hoy constituye un impacto ambiental... salvo que sea antiguo, como las ruinas de explotaciones mineras romanas en España o de las salitreras del norte de Chile, cuando se convierte en un “patrimonio histórico minero”. Por otra parte, si la misma cavidad fuera producto de una caldera volcánica o de la caída de un asteroide constituiría un valioso componente del patrimonio geológico. A este respecto, la minería está en una posición desventajosa, frente a la verde o más familiar agricultura (cuyos pesticidas son invisibles, a diferencia de los depósitos de relaves). Es un hecho que a la minería le conviene aceptar, concentrando sus esfuerzos en no agregar más razones objetivas al rechazo que recibe por causas subjetivas o ideológicas.

## **2.4: Naturaleza y Gravedad de los Impactos Ambientales.**

Más allá de los aspectos relativos o ideológicos recién discutidos, existe una amplia variedad en la naturaleza de los impactos ambientales, y un igualmente amplio rango en su magnitud y variedad.

En primer lugar tenemos su clasificación en impactos ambientales positivos y negativos. Desde luego existen impactos positivos, pero es frecuente que se citen como tales otros de naturaleza económica o social, que deberían ser considerados aparte, por importantes que sean. Algunos ejemplos de impactos ambientales positivos serían: a) El retiro de desechos sólidos mineros, producto de un proyecto de recuperación de sus contenidos metálicos. b) El retiro de chatarra de hierro para su conversión en acero, así como el ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> que implica este proceso siderúrgico respecto al tradicional, ambos impactos positivos, producto de la instalación de una planta de reciclaje. c) La sustitución de celulosa obtenida de explotaciones forestales por papel usado recolectado (disminuyendo así la tala de árboles, que fijan CO<sub>2</sub> atmosférico y protegen el suelo de la erosión). Adicionalmente, ello implica un tratamiento tecnológico menos agresivo en términos ambientales, alarga la vida de los vertederos y entrega un medio de subsistencia a sectores sociales desfavorecidos.

La naturaleza de los impactos ambientales es muy variada e incluye, entre otras:

- Contaminación del aire, aguas superficiales y subterráneas y de los suelos.
- Destrucción del hábitat, pérdida de biodiversidad y de especies en riesgo de extinción.
- Degradación del medio físico (erosión, remoción en masa y excavaciones). Alteraciones del paisaje.
- Degradación de recursos hídricos, pérdida de vías navegables, etc.
- Daños a sitios de interés arqueológico, histórico o cultural.
- Pérdida de formas culturales.
- Etc.

Naturalmente, la escala de los impactos en términos de magnitud presenta también un amplio rango. En tal sentido las grandes operaciones mineras, agrícolas, forestales y de explotación de recursos pesqueros se sitúan en el extremo superior de la escala, junto con los proyectos hidroeléctricos mayores. No es extraño, por lo tanto, que reciban la atención principal de la opinión pública y los media (aunque por lo general la agricultura escapa a ella por razones históricas y por su menor visibilidad).

La evaluación de la gravedad de los impactos ambientales combina aspectos objetivos y subjetivos. Dicha evaluación es realizada primero durante el Estudio de Impacto Ambiental y luego revisada durante el proceso formal de Evaluación de Impacto Ambiental, etapa en la cual existe la oportunidad de participación de la comunidad afectada. Desde luego, es esperable que surjan controversias entre los grados de

gravedad que cada una de las tres instancias asigna a un impacto específico.

En todo caso, existen ciertos criterios generales, como los señalados a continuación, para considerar que un impacto ambiental es grave:

- El impacto afecta la salud o la seguridad pública.
- El impacto implica superar una norma o disposición legal.
- El impacto afecta ámbitos naturales o humanos intrínsecamente valiosos (parques naturales, sitios históricos, etc.).
- Es irreversible, extenso o intenso.
- Afecta a especies en peligro de extinción.
- El componente afectado es reconocido por su importancia funcional para el medio ambiente.
- El componente afectado es reconocido pública o políticamente como importante.
- El impacto tiene potencialidad para generar conflictos sociales.

Por otra parte, durante el Estudio de Impacto Ambiental, se suele evaluar la gravedad de los impactos mediante la asignación de puntos (p. ej., de 1 a 3) según factores como su naturaleza, intensidad, magnitud y grado de reversibilidad. Puede ser práctico utilizarlos, siempre que no confundamos las cosas y lleguemos a creer que esos números representan efectivamente un método cuantitativo.

En el caso de nuestro país, donde aún no existe una verdadera “cultura ambiental” (o está restringida a sectores muy escasos de la población), los impactos ambientales que reciben mayor atención son los que generan conflictos entre sectores productivos importantes. Al respecto, tanto la agricultura como la pesca-acuicultura se han opuesto con éxito a proyectos mineros y metalúrgicos, obteniendo su modificación o bien importantes indemnizaciones económicas. Parodiando a Neruda (Alturas de Machu Picchu) se podría preguntar: “Piedra en la piedra, ¿el ambiente donde estuvo?”.

## **2.5: Impactos de Operaciones Normales y de Emergencias Ambientales.**

Las operaciones normales de un proyecto pueden ser causa de impactos desde una etapa temprana. En efecto, basta el anuncio de la posible instalación de un proyecto importante para producir cambios en las relaciones y decisiones económicas al interior del ámbito afectado, y por lo tanto en la calidad de vida de su población.

Lo mismo ocurre con los cambios de uso del suelo. Así, la desafectación del aeropuerto Los Cerrillos decidida bajo el Gobierno del Presidente Lagos, no solamente complicó las cosas para la aviación civil y permitió el desarrollo de importantes proyectos inmobiliarios en su superficie. También posibilitó el desarrollo de edificaciones en altura en el corredor de aproximación y despegue de los aviones, antes restringido por

razones de seguridad. Naturalmente, ello repercutirá, a su vez, en la densidad poblacional, la congestión del tránsito, la contaminación del aire y la evacuación de aguas lluvias (por el mayor flujo de los conductos de desagüe) en la ya complicada ciudad de Santiago.

En el caso de un proyecto minero, ciertos efectos menores anteceden al descubrimiento mismo del depósito en la etapa de exploración, la que implica intervenir el hábitat natural, instalar campamentos, construir caminos de montaña, etc. Si la operación es exitosa, dará lugar a una implantación mayor previa a la decisión final de explotación, la cual puede durar varios años (caso Pascua – Lama), en el curso de los cuales es imposible no perturbar el ambiente original. Al mismo tiempo, la perspectiva del proyecto puede cambiar las relaciones económicas y productivas en el área de influencia. Por ejemplo, las ventas de derechos de agua de riego a la empresa minera y por lo tanto disminución de la actividad agrícola.

La etapa de construcción del proyecto puede implicar riesgos de impactos ambientales mayores, dependiendo de su magnitud y lugar de emplazamiento. Cientos o miles de trabajadores pertenecientes a distintas empresas llegan al área del proyecto, e interactúan con la comunidad local. Se producen grandes movimientos de tierras, utilizando explosivos y maquinaria pesada. La alteración de la superficie puede afectar al drenaje superficial y subterráneo y existe un mayor riesgo de accidentes dada la diversidad de pertenencias y las descoordinaciones



entre grupos de trabajadores de distintas empresas. Esto puede ser causa de serios impactos ambientales.

Durante la operación de un proyecto minero es esperable que se registren grandes cambios en su magnitud y características (p. ej., de cielo abierto a subterráneo o viceversa; de lixiviación de oxidados a concentración de minerales sulfurados, etc.). También puede cambiar la escala de la operación y otros factores. Sin embargo, en principio, la empresa debería tener un buen control de sus impactos ambientales, puesto que cuenta con sistemas de gestión y personal entrenado, que le permiten normalmente mantenerlos dentro de los límites autorizados.

Con posterioridad al cierre de la operación minera la situación puede, en algunos casos, causar impactos graves y permanentes. Es el caso de la generación de drenaje ácido bajo condiciones de clima templado lluvioso y con relieve montañoso, situación que existe, por ejemplo, en las antiguas operaciones de minería polimetálica en el Estado de Montana (NW USA). En esas condiciones, la oxidación de minerales sulfurados generará drenaje ácido rico en metales pesados “por siempre” (a la escala humana) lo que obligará a un permanente trabajo de limpieza de las aguas contaminadas. Algo parecido, pero de menor gravedad debido al clima semiárido de la Región, puede ocurrir con las operaciones cerradas de la mina El Indio. Al respecto, es ilustrativo el hecho de que ese distrito ya generaba drenaje ácido hace 10 mil años (un fenómeno natural), al que se sumó el efecto de su explotación, con cerca de 100 km de labores interiores en un macizo rocoso altamente

fracturado, lo que favorece las reacciones roca-agua-aire y la contaminación del drenaje subterráneo que lo atraviesa.

Por otra parte, es normal que los mayores impactos ambientales de las operaciones mineras o industriales en general se asocien a situaciones de emergencia, previstas o imprevistas. En su ocurrencia influyen distintos factores, que incluyen el desorden, producto de desorganización social general del Estado (caso Chernobil, Ucrania, ex URSS) o al interior de la empresa, por efecto de conflictos laborales, así como los de carácter económico.

Cuando por alguna razón la situación económica de una empresa se deteriora, se registra una serie de efectos creadores de sinergias negativas: alejamiento del personal más calificado, rotación (y en parte no reemplazo) del personal, fallas de mantención y reposición de equipos, pérdida de la cultura organizacional, etc. Ejemplos sobran, pero uno de los más impresionantes es el caso Bhopal (India) que afectó a una subsidiaria de la importante empresa norteamericana Union Carbide, la cual elaboraba un pesticida cuya fabricación utilizaba el compuesto altamente tóxico isocianato de metilo. Su fuga en 1984 produjo unas dos mil muertes y otros miles de graves intoxicaciones. Desde hacía varios años, la demanda del pesticida había bajado mucho, y la empresa estaba en serios problemas económicos.

Sin embargo, también una bonanza de precios puede generar indirectamente daños ambientales. Es el caso ejemplificado por la

fundición de Bunker Hill, Idaho (Distrito Coeur d'Alene). En 1973 el sistema de filtros de su chimenea dejó de funcionar durante un período de gran bonanza de precios. Los ejecutivos de la empresa prefirieron continuar las operaciones contaminando gravemente la atmósfera con plomo y causando un fuerte daño neurológico a la población, en particular a los niños, más susceptibles a este tóxico. Según se señaló posteriormente, un cálculo económico había mostrado que las ganancias permitirían pagar fácilmente las posibles multas ambientales.

Es importante que los estudios, y en especial las evaluaciones de impacto ambiental, presten particular atención a los riesgos mayores de emergencias ambientales, dado que éstas pueden constituir las mayores fuentes de impacto de cualquier proyecto.

## **2.5: La EIA, entre la Ciencia y el Arte Adivinatorio.**

Cuando se presentó en 1996 el estudio de impacto ambiental de '102 kg' sobre el Proyecto Alumysa, de la empresa canadiense Noranda, dicho proyecto llevaba ya unos 10 años de preparación y análisis. Concebido para aprovechar la riqueza en recursos hidráulicos de Aysén, el proyecto incluía la construcción de tres centrales hidroeléctricas, para una generación de 758 MW en total, que proveerían la energía necesaria para producir 440 Mt de aluminio por año, con una inversión de US\$ 2750 millones. La planta de Alumysa se ubicaría 5 km al sur de Puerto Chacabuco, en el Fiordo Aysén, mientras que las centrales en torno a

ella, se localizarían a 30 km y 20 km. La oposición del sector salmonero y del sector turístico impidió que el proyecto fuera aprobado, proponiéndose a la empresa cambiar su ubicación a la cuenca del Río Baker, lo que ésta no aceptó.

Once años después (Abril 2007) una serie de sismos, con epicentro justamente en el Fiordo Aysén, en el área del proyecto, que causaron deslizamientos con fenómenos tipo tsunami y pérdida de vidas, produjeron alarma nacional y obligaron a trasladar las operaciones salmoneras. El origen de esos sismos permanece desconocido, si bien la zona afectada se sitúa en la intersección de una gran falla norte-sur: La Falla Liquiñe – Olqui, con una estructura transversal importante. Desde luego no se sabe si la sismicidad se reiniciará ni cuándo ni cuál será su posible magnitud.

No conocemos los '102 kg' de información de ese Estudio de Impacto Ambiental. Sin embargo, no leímos ni escuchamos que las discusiones en torno al Proyecto incluyeran ni menos se centraran en el riesgo sísmico. Al igual que la reactivación del Volcán Chaitén, los sismos del Fiordo Aysén fueron una sorpresa. En cuanto a Noranda, fue afortunada por la no aprobación de su proyecto, que desde luego se situaba, sin saberlo, en el área más equivocada.

Aunque el caso Alumysa puede ser un ejemplo extremo, todo proyecto complejo y de gran magnitud está expuesto a esta clase de sorpresas. En consecuencia es mejor reconocer que el estudio y evaluación de

impacto ambiental constituye, en el mejor de los casos, lo que en inglés se denomina una “educated guess”, vale decir una conjetura o suposición que hace el mejor uso posible de la información científica y tecnológica disponible. Como señalaron un competente evaluador económico de proyectos (N. Sapag) y un gran geólogo de exploraciones (D. Lowell) refiriéndose a sus también complejos campos de competencia “Hay que acostumbrarse al hecho de que la mayoría de las veces estaremos equivocados”. Lo peligroso es no reconocerlo.

Ello implica, si se asume con honestidad profesional, la necesidad de utilizar al máximo el conocimiento científico y tecnológico, junto con mucha imaginación, humildad y apertura de mente, tratando permanentemente de aprender de la experiencia de otros. Ello implica también la necesidad de constante estudio, lo que en este tiempo de permanentes apuros no es siempre fácil. También requiere utilizar el “principio de precaución” así como estar abiertos a “esperar lo inesperado”.

Los redactores de los Estudios de Impacto Ambiental tienden, consciente o inconscientemente, a actuar como abogados del proponente, en lugar de hacerlo como investigadores imparciales. Seguramente entregan al proponente información relevante que no siempre se incluye en el Estudio. Ello puede ser negativo en cuanto el EIA debería ser una guía permanente para el buen manejo de la operación del proyecto, y lo que no está en él no podrá ser tenido en cuenta. A la manera de los cursos de la Universidad, cuyo objetivo es entregar “herramientas de trabajo” (y

no están para ser “pasados”, como simples vallas en una carrera de obstáculos), el EIA debería ser la base conceptual sobre la cual operara el sistema de gestión ambiental (y no pasar al olvido una vez recibida la calificación de impacto ambiental favorable).

En suma: pese a todo el conocimiento y la experiencia utilizado, así como las herramientas de modelación físico-matemática, los SIG y otros instrumentos, siempre persistirá una zona de incertidumbre dentro de la cual debemos confiar en conjeturas o “adivinar” de la mejor manera posible. El aceptar su existencia nos permitirá actuar con más realismo y precaución, y estar atentos a señales débiles pero importantes de los riesgos subyacentes al proyecto.

### **Capítulo 3: La EIA en la Legislación de Chile y el Extranjero.**

#### **3.1: La EIA en Chile.**

La EIA se aplica tanto a los proyectos de carácter privado como público, aunque ha habido cierta renuencia del sector público a evaluar efectivamente sus propios proyectos (p. ej., asumiendo que algunas autopistas del sistema Santiago no son tales para este efecto).

La ley determina los proyectos que obligatoriamente deben someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) cuyo listado se encuentra en el Artículo 10 de la Ley de Bases del Medio Ambiente

(LBMA) 19.300. Esta Ley se complementa con el DS N° 95/02: “Reglamento del SEIA”, con las Normas de Calidad, Normas de Emisión y las modificaciones posteriores de los textos legales y reglamentarios.

Se entiende que el SEIA es un instrumento de gestión pública al servicio de la toma de decisiones respecto a la aceptabilidad ambiental de los proyectos, pero no un instrumento de decisión propiamente tal, puesto que la decisión final será de orden político. Para el caso de los proyectos que sean aprobados, se espera que el proceso evite o reduzca sus efectos negativos y potencie aquellos de carácter positivo.

Los proyectos pueden ingresar al SEIA ya sea bajo la forma de una Declaración de Impacto Ambiental (DIA) o de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). La DIA es suficiente para proyectos cuya naturaleza y envergadura no implican en principio riesgos mayores. Dichos riesgos mayores corresponden a categorías como:

- Salud de la población.
- Efectos adversos sobre recursos naturales renovables (en calidad o cantidad).
- Reasentamiento de comunidades humanas o alteración de su vida.
- Localización próxima a poblaciones, recursos o áreas protegidas.
- Alteración significativa de valores paisajísticos o turísticos.
- Alteraciones a monumentos, sitios con valor antropológico, cultural, etc.

El proponente de un proyecto o actividad puede ingresar obligada (si se encuentra incluido en el Artículo 10) o voluntariamente al SEIA. En el primer caso se verifica si los riesgos que implica son de carácter mayor, como los antes mencionados. Si así es, debe presentar un EIA; si no, una DIA es suficiente. Dicho documento debe exponer el tipo de proyecto o actividad, describirlo, señalar sus aspectos legales y los compromisos ambientales voluntarios asumidos, así como adjuntar documentos de respaldo.

Si el ingreso es voluntario, se verifica si el proyecto o actividad implica algún riesgo mayor. Si es así, es analizado para requerirle una DIA o un EIA según sea el resultado del análisis. En caso contrario, pasa directamente al Procedimiento Sectorial, para el otorgamiento de los respectivos permisos.

Los EIA, a diferencia de las DIA pasan por un proceso complejo de evaluación, dentro del cual la Dirección Regional de CONAMA (o CONAMA central, si el proyecto afecta a dos o más regiones) desempeña el rol de organismo técnico de coordinación. La evaluación del proyecto está a cargo de la Comisión Regional del Medio Ambiente (COREMA), presidida por el Intendente Regional e integrada por los Gobernadores, por los SEREMIS de los Ministerios con ingerencia ambiental y por los consejeros regionales. Dicha evaluación se realiza sobre la base del Estudio de Impacto Ambiental presentado por el proponente, normalmente realizado por una firma consultora especializada.



Entre los aspectos principales que debe incluir el EIA está la descripción pormenorizada del proyecto o actividad, la legislación aplicable al mismo, el estudio de línea de base (vale decir la descripción del ambiente físico, biológico y humano previo a la implantación del proyecto), la predicción y evaluación de los impactos ambientales asociados al proyecto, el plan de medidas de mitigación, reparación o compensación y el plan de seguimiento de las variables ambientales.

También en esta etapa de evaluación se verifica la Participación de la Comunidad, para la cual ésta cuenta con un extracto del Proyecto, incluidos sus efectos ambientales y las medidas de mitigación propuestas. Las organizaciones ciudadanas con personería jurídica y las personas naturales directamente afectadas disponen de sesenta días, contados desde la publicación del extracto, para formular sus observaciones al EIA

Completado el proceso de evaluación, en el cual los servicios públicos como DGA, SERNAGEOMIN, SAG, etc. desempeñan un rol principal, y después de verificar CONAMA que se dispone de información suficiente para la calificación ambiental del proyecto, COREMA adopta una decisión definitiva. Esta puede ser de Aprobación, Aprobación Condicional o Rechazo. En caso favorable, los distintos servicios públicos deben entregar los respectivos permisos sectoriales requeridos para la implementación del proyecto (sistema de “Ventanilla Unica”).

### **3.2: La EIA en Argentina.**

Hay dos diferencias principales entre el SEIA de Chile y el sistema implementado en Argentina. La primera es de forma: se denomina “Informe de Impacto Ambiental” al “Estudio de Impacto Ambiental” de nuestro SEIA. Por otra parte, el proceso chileno de Evaluación de Impacto Ambiental se denomina en Argentina “Declaración de Impacto Ambiental”, que es emitida después de evaluar el respectivo Informe (Ley 24.585).

En materias de fondo, es importante señalar que existe un sistema separado para la evaluación del impacto ambiental de la minería, que incluye todas las actividades comprendidas entre la exploración, explotación, beneficio y elaboración de minerales y rocas.

### **3.3: La EIA en USA**

El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental de USA está definido en la Sección 102 de la Nacional Environmental Policy Act (NEPA) que incluye tres apartados sobre este tema. El primer apartado señala la obligatoriedad del procedimiento a todas las agencias federales. El segundo obliga a dichas agencias a desarrollar metodologías para incorporar la EIA a la toma de sus decisiones. Finalmente, el tercer apartado expone la obligación de preparar Estudios de Impacto

Ambiental en determinados casos, e identifica sus elementos básicos. Al respecto, existe un Consejo de Calidad Ambiental que genera directrices sobre los EIA.

El sistema define como “Evaluación Ambiental” al proceso realizado para evaluar la necesidad de realizar un “Estudio de Impacto Ambiental” para un determinado proyecto o actuación. Cada año se efectúan algunas decenas de miles de evaluaciones ambientales

La EIA describe las consecuencias ambientales del proyecto o actuación que puedan afectar seriamente el medio ambiente natural o humano. Son seguidos por la respectiva Evaluación, que considera los impactos sobre los componentes físico-químicos, bióticos, culturales y socioeconómicos del entorno. Ellas pueden ser realizadas por Agencias Federales o Estados, para evaluar tanto proyectos públicos como privados.

Las actuaciones federales consideran en primer lugar si existe una exclusión categórica que las exima del proceso evaluativo. Si no es así, el proyecto puede pasar directamente a la etapa de Estudio de Impacto Ambiental o bien a una Evaluación Ambiental. Esta última determina si el proyecto o actuación implica o no riesgos de impactos significativos. En el primer caso, debe pasar a la ejecución de un Estudio de Impacto Ambiental.

### **3.4: La EIA en España y en el Reino Unido.**

En España, una ley de 1986 define los proyectos o actuaciones sometidos o exceptuados del proceso de EIA. Como en Chile, la ley define como Estudio de Impacto Ambiental aquel estudio técnico con base científica que sirve de base a la EIA. Los aspectos a considerar en el estudio son definidos por la Administración (en Chile, ello tenía su equivalente en los “Términos de Referencia”, que posteriormente dejaron de aplicarse). Después de evaluado el Estudio, la Administración emite una Declaración de Impacto Ambiental. Dicha Declaración da a conocer los principales efectos ambientales del Proyecto, la conveniencia o no de realizarlo y, en caso favorable, las condiciones bajo las cuales éste debe efectuarse.

En Gran Bretaña (Reino Unido), los Estudios de Impacto Ambiental y su evaluación son realizados bajo la tutela de los gobiernos locales. Sin embargo, si un proyecto no es aprobado, el proponente puede recurrir al respectivo ministerio (según la actividad económica correspondiente). El ministerio puede otorgarle la autorización, sujeta al cumplimiento de determinados requisitos o compromisos.

## Capítulo 4: **La EIA y las Normas Ambientales.**

### 4.1: **Naturaleza y Utilidad de las Normas Ambientales.**

Las normas ambientales tienen una relación directa de propósito con el Artículo 19, N° 8 de la Constitución Política de Chile, que declara “el derecho de todas las personas a vivir en un ambiente libre de contaminación”, así como el deber del Estado de “velar porque este derecho no sea afectado” y “tutelar la preservación de la naturaleza, protegiendo el medio ambiente”. Las normas ambientales permiten concretar dichos propósitos, fijando niveles mínimos o máximos para los distintos parámetros de importancia ambiental, e idealmente obligando a su cumplimiento por medio de la fiscalización apoyada por la ley.

Conforme a su objetivo de velar por la vida y la salud humana, o bien por la protección o conservación del medio ambiente o la preservación de la naturaleza, las normas se clasifican en Primarias y Secundarias. Las primeras son de aplicación nacional mientras las segundas pueden serlo igualmente o bien tener validez para zonas específicas del país.

Una segunda clasificación se refiere al carácter de lo normado, que puede ser la Calidad Ambiental o las Emisiones. Naturalmente, el objetivo último de la normativa será el resguardo de la calidad ambiental. En consecuencia, las normas de Calidad Ambiental tienen mayor importancia. Sin embargo, desde el punto de vista de la gestión ambiental pública, las Normas de Emisión tienen la ventaja de permitir

una efectiva intervención de la Autoridad, tanto en la planificación como en la fiscalización del cumplimiento de lo normado.

Existe, por lo tanto, una complementariedad entre ambos tipos de normas. El cumplimiento de las normas de calidad define las metas a alcanzar (o aquellos niveles que no deben ser sobrepasados). La fijación y vigilancia de las normas de emisión permite (o debe permitir) que se logre el cumplimiento de las normas de calidad.

La fijación de normas considera la posibilidad de sobrepasar los niveles fijados. Sin embargo, se establecen límites absolutos a esas desviaciones, así como períodos de tiempo tolerables para ellas y valores medios que deben cumplirse. Todo lo anterior supone que existen sistemas de monitoreo que cuentan con la cobertura, sensibilidad, precisión y exactitud necesarias, con el personal requerido para analizar los registros de monitoreo y con los fiscalizadores dotados de efectiva autoridad e instrumentos coercitivos (multas, cierres temporales, etc.). Ello está lejos de la realidad chilena actual, pero puede llegar a ocurrir en el futuro, al menos en áreas especialmente delicadas.

#### **4.2: Criterios y Procedimientos en la Dictación de Normas Primarias.**

En esta materia es esencial evaluar cuales son los niveles ya sea de exceso o de defecto a partir de los cuales un parámetro ambiental puede

causar daño a la salud humana. Naturalmente, tales determinaciones son de naturaleza probabilística y están basadas tanto en evidencias directas como indirectas (p. ej., pruebas de laboratorio con animales sometidos a condiciones de exceso o defecto del parámetro y corregidas según su peso corporal). En términos probabilísticas se procura analizar el efecto que han tenido dichas condiciones sobre salud humana, pero es difícil separarlas de otros efectos diferenciadores. Existe, por lo tanto, un gran campo de incertidumbre. Un ejemplo de ella es el del analgésico Talidomida, que a mediados del siglo 20 fue causa de numerosos casos de malformación fetal debidos a su consumo por madres embarazadas. La talidomida, había sido probada en mamíferos menores, sin mostrar efectos negativos, que en cambio, se manifiestan en el ser humano.

Sin embargo, pese a todas las dificultades, se llega a proponer números después de largos estudios en países desarrollados. Normalmente, se acepta como norma aquella cifra que, si es sobrepasada (en un sentido o el otro), tiene una probabilidad de 1 en un millón de afectar gravemente la salud de una persona, pudiendo ser causa de muerte si ello ocurre a lo largo de un extenso período.

Sin embargo, ese no es el único criterio a considerar al fijar una norma de calidad ambiental. También es necesario analizar las dificultades que implica lograr su efectivo cumplimiento. Al respecto, existen dos problemas principales. El primero está dado por factores naturales o antrópicos que son responsables de valores anormales del parámetro a normar. Es el caso del arsénico en aguas del norte de Chile, producto de

factores naturales (volcanismo, presencia de yacimientos minerales y áreas de alteración hidrotermal) pero también incrementado por actividad minero-metalúrgica. El segundo, el costo que representa para el país y su industria el cumplimiento de la norma a adoptar.

En el fondo, en ambos casos se trata de factores de incidencia económica y social. Si un parámetro es naturalmente alto en un territorio, la necesidad de cumplir la norma implicará inversiones en plantas de purificación, capaces de rebajarlo a niveles aceptables (p. ej., caso del As en aguas de la Región de Antofagasta). En algunos casos, la misma situación puede obligar a prescindir del uso de recursos como suelos o aguas de regadío que sobrepasan la norma, con los naturales costos sociales (pérdida de oportunidades laborales) y económicos.

Igualmente, la necesidad de cumplir una norma de calidad puede obligar a cerrar aquellas industrias incapaces de cumplir con las normas de emisión necesarias para no sobrepasar la primera. Ello implica un serio problema para los países subdesarrollados, cuyas industrias carecen de tecnologías de punta y no cuentan con suficientes ingresos para adquirirlas competitivamente.

Por supuesto existe una alternativa de uso común: fijar normas exigentes y luego no cumplirlas. Ello da una apariencia de rigurosidad ambiental, pero se traduce en un desprestigio de los textos legales que daña gravemente al país.



En consecuencia, es mejor ser realista al fijar las normas de calidad y luego esforzarse en lograr un efectivo cumplimiento, esperando que el progreso del país pueda hacerlas paulatinamente más exigentes.

Con relación a las normas de emisión, es importante considerar dos factores. El primero es su carácter instrumental respecto al cumplimiento de las normas de calidad, que son las que realmente importan. El segundo, la necesidad de considerar las características del medio receptor. La intensidad, temporalidad y dirección de los vientos, el caudal, estacionalidad de flujo y capacidad de dilución de los ríos, no deberían ser ignorados. En consecuencia, idealmente las normas de emisión deberían ser, más que normas, límites específicos establecidos para una cuenca (p. ej., la Cuenca de Santiago), un río, un proyecto, etc.

La dictación de una nueva norma ambiente parte de una decisión de CONAMA, la que es seguida de un proceso de discusión, que incluye consultas a los organismos públicos (60 días), así como la participación ciudadana (donde las empresas tienen desde luego un rol principal). De ahí surge la generación de un anteproyecto de norma, en el que la referencia a las normas existentes en países de Europa y Norte América tiene la debida consideración. Igualmente se consideran aspectos técnicos y científicos específicos de nuestro país. En una siguiente etapa se evalúan los impactos económicos de la proposición de norma (30 días), que da lugar a un Primer Proyecto, elaborado en otros 30 días, que es propuesto a discusión pública.

El proyecto en discusión incluye los fundamentos de la proposición, las metodologías de control y los procedimientos de fiscalización. La discusión también incluye una nueva instancia de participación ciudadana. Para ello se dispone de otros 60 días. Finalmente, luego de otros 30 días se elabora un Segundo Proyecto, que incluye valores de concentración, períodos permitidos, organismos públicos competentes para su fiscalización y metodologías ad-hoc a utilizar. Este nuevo proyecto pasa de la Dirección Ejecutiva de CONAMA, a su Consejo Directivo, y de él al Presidente de la República, que dicta el respectivo Decreto Supremo de la Norma. Es un largo proceso, que desde luego se beneficia de los estudios y experiencias de los países extranjeros, cuyas normas de calidad son utilizadas como referencia.

#### **4.3: Algunas Normas. Las Zonas Saturadas o Latentes.**

Algunos ejemplos de normas ambientales de calidad y de emisión son los siguientes:

- Norma de calidad primaria (NCP) para material particulado respirable PM 10.
- Norma de calidad secundaria (NCS) para material particulado sedimentable en la cuenca del Río Huasco.
- NCP para PM 2,5 (proceso iniciado en 1999).
- NCP para plomo en el aire.
- Norma de Emisión (NE) para As emitido al aire.

- NE de material particulado para la cuenca del Río Huasco.
- NE de riles a aguas superficiales.
- NE a aguas subterráneas.
- NE de riles a aguas marinas y continentales superficiales.

En su Párrafo 6º, la Ley 19.300 considera (Artículo 43) la declaración de zonas del territorio como saturadas o latentes, a través de un decreto supremo que define con precisión el área geográfica que afectan. También se indica (Artículo 44) que otro decreto supremo del Ministerio Secretaría General de la Presidencia establecerá planes de prevención o de descontaminación, cuyo cumplimiento será obligatorio en las zonas latentes o saturadas respectivas. Tanto la elaboración como la proposición de estos planes corresponde a CONAMA, previo informe del correspondiente COREMA.

La Declaración de Zona Saturada o Latente sigue un proceso más técnico que el de las normas primarias de calidad o de emisión, en cuanto incluye programas de monitoreo de la calidad ambiental de la zona respectiva y un menor grado de participación pública. En cambio, participan los organismos públicos con tuición ambiental sobre el área analizada. Entre los factores a considerar están los costos económicos y sociales de la medida así como los mecanismos de compensación de emisiones, cuando ello sea posible, y el plazo en el que se espera alcanzar la reducción de emisiones propuesta por el plan.

#### **4.4: Las Normas y la Evaluación de Impacto Ambiental.**

Algunos años antes de la dictación de la ley 19.300, un consultor ambiental de empresas mineras señalaba que la situación ambiental en Chile se parecía a jugar un partido de fútbol en una cancha sin demarcar y sin reglas claras. Desde luego esa ley y muchos decretos han contribuido a cambiar esa situación y la dictación de normas ayuda también a facilitar las decisiones.

Sin embargo, dos factores hacen que la EIA sea mucho más que la simple constatación de cumplimientos o incumplimientos de normas por un nuevo proyecto o actividad. Desde luego está el hecho de que el número de normas dictadas es aún muy pequeño respecto al que se requeriría con ese fin. Adicionalmente, debemos recordar que la complejidad de relaciones ambientales implica mucho más que la suma de los numerosos parámetros que nos permiten analizarlas. Ello, debido a sus múltiples interacciones, retroalimentaciones, efectos indirectos y sinergias. Así, un proyecto podría satisfacer todas las normas y, aún suponiendo que todas ellas fueran las adecuadas, presentar serios problemas debido a los efectos citados. Por otra parte, no todo se puede normar y el buen criterio basado en conocimiento y experiencia seguirá siendo necesario, aunque se produzca un importante crecimiento de las normativas disponibles.

Finalmente, con relación a las normas secundarias, es lógico que ellas deban adaptarse a las situaciones existentes. En consecuencia su mayor

valor consiste en la preservación de un determinado nivel de calidad ambiental, producto de factores naturales así como de anteriores intervenciones antrópicas. También pueden ser útiles para establecer posibilidades de uso, como la realización de actividades de acuicultura en aguas naturales.

#### **4.5: La EIA y los Tratados Internacionales.**

El tema ambiental es abordado a nivel global por muchas instituciones, incluidas 21 diferentes agencias de las Naciones Unidas. En materia de

tratados, mas de 150 tratados ambientales globales se ha negociado desde principios del Siglo 20. Además existen unos 500 acuerdos bilaterales transfronterizos, como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (1992), la Convención sobre el Comercio de Especies Silvestres en Peligro (1973), la Convención de 1979 sobre Contaminación Transfronteriza del Aire y la de 1999, según la cual los países en vías de desarrollo pusieron fin a la producción y consumo de CFCs, con meta en su eliminación en 2010.

Este tema fue discutido con ocasión del caso CELCO (Valdivia), cuando se decidió la construcción de un ducto para el vertido de riles al mar. Según los oponentes a dicho procedimiento, el mismo violaría acuerdos sobre la materia suscritos por Chile.

Es importante tomar en cuenta que los tratados y convenciones suscritos y refrendados por Chile tienen la fuerza de leyes y por lo tanto deben ser considerados como tales durante el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.

## **Capítulo 5: La EIA y la Participación Ciudadana.**

### **5.1. Democracia, Comunidad y Participación.**

El concepto de participación tiene raíces históricas diferentes en los países latinoamericanos respecto a la que tiene en USA. La “fundación” de los USA fue emprendida por colonos que buscaban libertades civiles y religiosas que los reinos de Europa no les garantizaban. Cuando los colonos se asentaron y expandieron los nuevos territorios a expensas de los pueblos nativos, lo hicieron en buena parte por su propia cuenta y su declaración y guerra de independencia surgió de comunidades que ya actuaban como pueblos libres.

La situación fue diferente en Latinoamérica, donde los conquistadores actuaron con un poder delegado de los reyes de España y Portugal. Sus Virreinos y Capitanías Generales reproducían localmente el gobierno central y sus ciudadanos libres eran orgullosos súbditos del Rey, quien premiaba su fidelidad con títulos nobiliarios (nuestra Primera Junta de Gobierno fue presidida por don Mateo Toro y Zambrano, Conde de la Conquista).

Cuando se produjo la independencia, no se registró un cambio mayor en la actitud de los ciudadanos incorporados a la cultura europea implantada. Mas bien se produjo una asimilación de roles, y sus Directores Supremos o Presidentes asumieron el papel del antiguo Virrey, Capitán General o Gobernador.

En cierto grado, aún en las democracias relativamente funcionales de Latinoamérica la actitud del ciudadano es normalmente la de esperar de la autoridad el que resuelva sus problemas y luego responsabilizarla por no hacerlo. En cambio, al menos al nivel de las pequeñas comunidades, es normal que en USA las personas entiendan que es su derecho el decidir en las materias que los afectan. Por otra parte, ven a la autoridad electa mas bien como a un funcionario pagado por ellos (el derecho del "taxpayer"), que en consecuencia debe responder con su trabajo por el sueldo que recibe y las atribuciones que se le han delegado. En esas comunidades se procura que la mayor parte de las decisiones sean discutidas y decididas por los ciudadanos y éstos dedican tiempo y energía a esa labor participativa.

Es importante entender esta diferencia, porque la idea de participación ciudadana en el proceso de EIA viene del procedimiento utilizado en los USA, y por lo tanto se contrapone con nuestras tradiciones o no logra los frutos que en principio se esperan de ella. Al respecto es interesante considerar el hecho de que varias metodologías de evaluación de

impacto ambiental desarrolladas en USA están precisamente diseñadas para posibilitar el máximo de participación ciudadana en ese proceso.

## **5.2: La Participación Ciudadana en Chile.**

Como se indicó en la Sección 3.1, la participación ciudadana en el SEIA se verifica durante la etapa de evaluación, sobre la base de un extracto del proyecto. Dicho extracto debe contener, al menos, los siguientes antecedentes (Párrafo 3º, Artículo 27 de la Ley 19.300).

- Nombre de la persona natural o jurídica responsable del proyecto o actividad.
- Ubicación del lugar o zona donde el proyecto o actividad se ejecutará.
- Indicación del tipo de proyecto o actividad de que se trata.
- Monto de la inversión estimada.
- Principales efectos ambientales y medidas mitigatorias que se proponen.

En cambio, la COREMA mantendrá en reserva los antecedentes técnicos, financieros y otros que el interesado solicite sustraer al conocimiento público. Esto puede representar un serio problema si se trata de un procedimiento que juega un rol principal en los posibles efectos ambientales. De hecho, una de las razones que la comunidad de Esquel, Argentina, esgrimió al rechazar un proyecto aurífero de la



empresa Meridian Gold, fue el secreto del mecanismo propuesto para descomponer el cianuro, justificado por la empresa sobre la base de una posible futura patente.

Tanto las organizaciones ciudadanas con personalidad jurídica como las personas naturales directamente afectadas, tienen 60 días para exponer sus observaciones al Proyecto. El problema serio que se presenta al respecto es la capacidad científico-técnica de esas personas naturales para comprender efectivamente los efectos ambientales que pueden llegar a afectarlas, así como la adecuación de las medidas mitigatorias propuestas.

Considerando las diferencias en materia de educación científico-técnica y recursos entre la empresa proponente y los posibles afectados, es razonable suponer que solamente aquellos que cuentan con suficientes recursos (p. ej., propietarios de tierras y de derechos de aguas, empresarios exitosos) o bien aquellos grupos que disponen de fuerza gremial (como los pescadores), pueden efectivamente ejercer ese derecho. En tales condiciones, la participación comunitaria puede fácilmente tomar el rumbo de las compensaciones económicas o la lucha intersectorial. No es probable que el ambiente sea el mejor resguardado en dicha pugna. Tampoco es probable que lo sean aquellos no involucrados en la pugna entre los intereses sectoriales.

### **5.3: Participación Ciudadana: Ambiente, NIMBY e Intereses Económicos.**

Cuando se habla de proteger el ambiente (o medio ambiente) entendemos que se alude en parte a ciertas características que poseen valor intrínseco, más allá de su valor utilitario (p. ej., su biodiversidad), las que también pueden contribuir a nuestra calidad de vida: belleza, silencio, placidez, y que igualmente pueden ser aprovechadas con fines utilitarios (turismo, acuicultura, etc.). Por ello es penoso observar con que frecuencia la llamada participación ciudadana termina centrada en algún tipo de compensación económica o laboral (legítima, pero que no debería ser central, porque no todo es reducible a dinero).

Otro aspecto de la participación que es legítimo pero no necesariamente constructivo, es el que se refiere a rechazar por principio todo emplazamiento de instalaciones necesarias, pero que la gente querría tener tan lejos de su vista como fuera posible. Ello se refiere al “síndrome NIMBY” (sigla en inglés de “no en mi patio trasero”). Al respecto, da la impresión de que ciertos sectores fueran seleccionados para recibir las instalaciones que otros quieren ver lejos (Peñalolén se queja amargamente al respecto). Es natural suponer que los sectores más acomodados de la población (que también cuentan con más poder de decisión) conseguirán siempre imponer sus intereses. En el caso de Santiago y otras ciudades, los barrios populares tienden a recibir más contaminación atmosférica, más inundación durante los temporales de lluvia, etc. que el barrio alto. Sin embargo, son los que menos protección

médica tienen para enfrentar esos y otros efectos de la pobreza. Al respecto, una de las metodologías participativas de EIA desarrolladas en USA justamente busca balancear, con compensaciones, la distribución de instalaciones necesarias pero indeseables como vecina. Tal vez sea una buena idea imitar ese procedimiento, especialmente mientras no contemos con un sistema de ordenamiento del territorio que permita tomar decisiones sobre bases objetivas de adecuación física del terreno (p. ej., para la construcción de un nuevo aeropuerto para la aviación civil de Santiago).

## **Capítulo 6: Las Metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental.**

### **6.1: Aplicación y Evaluación de las Metodologías de EIA**

Las metodologías de EIA están destinadas a sistematizar y potenciar el proceso de evaluación. Cómo en el caso del uso de modelos físico-matemáticos, el simple uso de una metodología, por buena que sea, no garantiza nada. Por el contrario, si es inadecuada, puede contribuir a cometer serios errores al facilitar el que se excluyan actividades y criterios necesarios para detectar posibles fuentes de impactos ambientales. En consecuencia, al igual que respecto a los modelos, es necesario elegir una metodología adecuada a los fines, conocer sus posibilidades y limitaciones y utilizarla para hacer mejor el trabajo, entendiendo que en el mejor de los casos será una guía útil, pero no

hará el trabajo por nosotros (materia en la que ciertos programas computacionales han introducido malos hábitos).

Las diferentes metodologías de EIA propuestas, pueden ser evaluadas ya sea en términos de su enfoque de las relaciones Causa - Efecto o desde el punto de vista de su contribución a los procesos de planificación y toma de decisiones conforme a las siguientes interrogantes:

Enfoque de las Relaciones Causa – Efecto:

- ¿Están analizados los posibles efectos de las acciones del proyecto sobre una base probabilística o solamente determinística?
- ¿Se consideran solamente los efectos directos o se incluyen aquellos de carácter indirecto y los de retroalimentación?
- ¿Se analizan los efectos sólo en términos estáticos o se considera también la dinámica (cambios) de las relaciones?.

Enfoque en Términos de su Contribución a Planificación-Decisión:

- ¿La metodología se adapta al logro de objetivos sólo individuales (p. ej. ambientales) o múltiples (ambientales + sociales, etc.)?
- ¿Permite la metodología separar claramente hechos de valores o la separación es solamente difusa?
- ¿Utiliza la metodología el juicio experto (especialistas) o incluye un proceso de juicio participativo (ej.: comunidad)?
- ¿Se trata de una metodología simple, rápida, de bajo costo o bien de un proceso largo, complejo, exigente?

Es importante considerar al respecto que las situaciones más difíciles en EIA implican conflictos entre valores (tema ya discutido en 2.3). También se debe tomar en cuenta que los juicios de Valor pueden ser introducidos en el proceso de EIA de dos maneras: a) Estrechando o ampliando la gama de efectos a considerar; b) Asignando ponderaciones a los distintos efectos (y a los diferentes objetivos, si la metodología los incluye).

Finalmente, es necesario considerar que el diseño de la metodología por sí solo puede facilitar o dificultar la participación de los distintos sectores interesados en el proceso de EIA

## **6.2: Las Listas de Chequeo y la Matriz de Grandes Presas.**

Se trata de dos metodologías muy simples. La primera está constituida por un listado de todas las acciones del proyecto susceptibles de dar lugar a impactos. (Es equivalente a la lista de compras que se acostumbra a llevar al supermercado). En todo caso, puede usarse en combinación con cualquier metodología más compleja. Por sí sola, la Lista de Chequeo sólo ayuda a no olvidar nada (si está bien confeccionada). De todas maneras habrá que enfrentar cada uno de los ítems con los distintos factores ambientales. Si hacemos una segunda lista con estos últimos y las confrontamos, situándolas en dos ejes

coordinados, tendremos una matriz y ya estaremos en otra metodología: la Matriz de Leopold.

La matriz de Grandes Presas constituye, más que una metodología de evaluación, una declaración de los impactos ambientales asociados al proyecto, los cuales son evaluados los en términos de su certidumbre (Ciertos, Probables, Improbables o Desconocidos), de su duración (Temporal, Permanente), del plazo en que se manifestarán (Corto, Mediano, Largo). La importancia del Proyecto se califica Menor, Moderada o Mayor y los Impactos en Benéficos o Positivos, Dañinos o Negativos, Neutros y Predecibles, pero difíciles de calificar. En cuanto a los efectos detectados, se establece si éstos generan o no acciones de respuesta en el Proyecto. Una aplicación de esta Matriz al EIA del Proyecto Andacollo Cobre, agregó, además, los criterios de Extensión e Intensidad. La aplicación de la Matriz en ese caso estableció solamente impactos bajos, excepto los de carácter socioeconómico, que fueron calificados como positivos moderados. Los componentes ambientales considerados en Andacollo fueron: 1) calidad del aire, 2) geomorfología y suelos, 3) paisaje, 4) hidrología, 5) calidad del agua, 6) flora y fauna, 7) arqueología, 8) ruido y vibraciones, 9) red vial, 10) aspectos socioeconómicos, y 11) aquellos relativos a la observación astronómica. Conociendo el proyecto y su sitio de emplazamiento, es difícil no detectar un buen grado de subjetividad en las calificaciones mencionadas.

### 6.3: La Matriz de Leopold y el Método Delphi.

La Matriz de Leopold está descrita en la Circular N° 645 de 1971 del US Geological Survey. “A Procedure for Evaluating Environmental Impacts” por L. Leopold y otros. Se trata de un método simple, útil para realizar un primer análisis o para presentar un cuadro - resumen de impactos. Respecto a los criterios analizados en 6.1, la principal ventaja que se le reconoce es que su uso requiere poco tiempo y dinero.

La Matriz sitúa los factores o variables ambientales en el eje vertical, agrupados según su naturaleza: a) Física o Química; b) Biológica; c) Ecológica; d) Cultural. En el eje horizontal se sitúan las actividades del proyecto. Cada intersección corresponde a una celda, para la cual se verifica si existe efectivamente una intersección factor ambiental / acción del proyecto, y si ella implica un impacto ambiental (con consecuencias negativas o positivas). Si ese es el caso, se valora la magnitud e importancia del impacto, lo que se expresa por dos números superados por una línea oblicua en la misma celda. Por magnitud se entiende la extensión del impacto, que puede medirse en términos de una superficie, volumen, porcentaje, etc. (p. ej., la superficie de suelos afectados). En cambio, la importancia es más valorativa y se refiere al aprecio que merece el factor afectado (p. ej., las aguas de un río de reconocida calidad química y pureza). Además, se coloca un signo negativo a las celdas que impliquen impactos negativos. La Matriz original propuesta tenía 8.800 celdas. Sin embargo, se puede confeccionar una de

cualquier tamaño, adecuada a las características del proyecto a analizar y su entorno ambiental y cultural.

Si se examinan los resultados de la Matriz por columnas, se observará el impacto de una acción o actividad en particular. A su vez, la observación de una línea horizontal mostrará los efectos sobre un determinado factor o componente ambiental.

Se recomienda en general asignar, tanto a importancia como a magnitud, un número entre 1 y 10 (siendo 10 la máxima importancia o magnitud). En caso que se desee atribuir un valor numérico a los efectos totales de una acción o al efecto sobre un componente ambiental específico, es mejor multiplicar los valores de importancia y magnitud de cada celda y luego proceder a su suma algebraica por columnas o líneas horizontales. En todo caso, los números obtenidos representarán sólo una apreciación y no deben ser tomados como una efectiva cuantificación del impacto.

Respecto a la asignación de valores, se recomienda utilizar el Método Delphi: Unas cinco personas discuten la situación para cada celda. Luego asignan independientemente puntajes y ellos son contrastados. Si no hay grandes diferencias, se asigna el promedio de las cifras obtenidas. En caso contrario, se repite la discusión y se procede a promediar las nuevas cifras.

Una importante limitación de la Matriz de Leopold original es la imposibilidad de incluir los efectos indirectos o de retroalimentación. Para



enfrentarla en parte, se ha propuesto utilizar los resultados de las interacciones factor ambiental / acción como si fueran nuevas acciones del proyecto o actividad, situándolos en el eje horizontal y repetir la confrontación.

Para ejemplificar lo recién señalado, supongamos que una acción del proyecto implica un fuerte descenso de los niveles de agua subterránea. Al hacer interactuar ese efecto con el factor cubierta forestal, podemos deducir que implicará un deterioro en dicha cubierta, el cual puede ser valorizado en términos de magnitud e importancia.

#### **6.4: El Método Batelle – Columbus.**

Desarrollado por el Instituto de Investigaciones Batelle en su sede de Columbus, Ohio, aparece descrito en la publicación de N.Deer y otros (1972), “An Environmental Evaluation System for Water Resource Planning”. Su objetivo principal fue incrementar la consistencia entre las EIA que debía realizar el U.S. Bureau of Reclamations, al introducir aspectos más amplios y cuantitativos en el análisis de los efectos de sus acciones remediales.

El Método está basado en setenta y ocho indicadores de calidad ambiental, dispuestos en una estructura jerárquica de cuatro niveles de información:

- A: **Categorías**, que expresan impactos agregados en cuatro áreas: Ecología, Contaminación Ambiental, Estética e Intereses Humanos.
- B: **Componentes**, que expresan sub-categorías operacionales, p. ej., la Contaminación incluye Agua, Aire, Ruido y Tierra.
- C: **Atributos**, que constituyen el nivel jerárquico clave, ponderado conforme a su importancia relativa, y cuyo nivel de calidad ambiental es medido.
- D: **Medidas**, los autores sugieren una o más técnicas de medidas para cada uno de los atributos del nivel C.

Un aspecto básico del Método es el uso de funciones de transformación que permiten convertir medidas específicas en unidades conmensurables de calidad ambiental. Para ello se grafica la calidad ambiental en el eje vertical en la escala de 0 a 1 (1 máxima calidad). En el eje horizontal se grafica la respectiva medida, por ejemplo, oxígeno disuelto en el agua. Tanto la decisión respecto a qué valores de esa medida corresponden a las cifras 0 y 1, así como la forma de la curva deben ser decididos por el usuario sobre la base de su conocimiento, experiencia y criterio o bien tomados de referencias publicadas.

Por otra parte, se distribuyen 1000 puntos (denominados “Unidades de Importancia Paramétrica: UIP) entre los distintos Atributos del área considerada para la implantación del proyecto o intervención. Al respecto es importante señalar que el uso de este Método se justifica cuando existen diversas alternativas de uso para un área, ya que éste mostrará las ganancias o pérdidas ambientales que se derivarían de cada una de ellas. Ejemplo de Atributos serían la Biodiversidad, Calidad hidrológica, Pesca deportiva, Aguas subterráneas, Productividad agrícola, Atractivo turístico, etc. Naturalmente, al evaluar cada proyecto alternativo es necesario mantener los Atributos seleccionados para la evaluación y los puntajes atribuidos para el área en consideración. Para la atribución de dichos puntajes es aconsejable utilizar un método tipo Delphi.

Otorgados los puntajes, se procede a multiplicar los Valores de Calidad Ambiental (VCA), obtenidos a través de las funciones de transformación por las correspondientes UIP. Finalmente, se compara la calidad ambiental actual (sin proyecto) con las computadas para distintas alternativas de proyecto. Al respecto hay que considerar que sólo se dispone de medidas para la situación actual. En consecuencia, las otras deben ser obtenidas a través de modelación o de efectos determinísticos incluidos en el proyecto (p. ej., la anegación de n hectáreas de terreno por un embalse). También se debe considerar el hecho de que puede haber mas de una medida para establecer la calidad ambiental de un atributo (p. ej., oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos y pH para el agua) y, por lo tanto, sería necesario establecer un valor, promediando – con o sin ponderación – las cifras obtenidas.

Este método satisface parcialmente las cualidades de ser razonablemente económico y rápido, así como de servir para el logro de distintos objetivos.

### **6.5: Los Diagramas de Redes.**

Se trata de un método conceptualmente sencillo y muy útil para analizar y mostrar las complejas relaciones entre los factores ambientales, que actúan como una red, a través de la cual se propagan los efectos perturbadores de las acciones del proyecto. Naturalmente, su implementación dependerá del conocimiento, experiencia, acuciosidad e imaginación de las personas que lo aplican.

Puesto que los Diagramas de Redes solamente indican la probable existencia de efectos directos, indirectos y de retroalimentación de las acciones del proyecto, la magnitud de dichos efectos deberá ser modelada matemáticamente o bien estimada sobre la base de experiencia previa o información referencial.

En el Diagrama, la actividad del proyecto analizada se representa en la parte centro izquierda del sistema y los factores ambientales a la derecha. Flechas que parten de la acción, correspondientes a cada uno de los efectos ambientales de la actividad, la unen con los respectivos factores ambientales. A su vez, los efectos indirectos y de

retroalimentación son representados por otras flechas que parten de factores afectantes a los afectados.

Por ejemplo: el dragado de un canal mediante bombeo de los sedimentos del fondo afecta la vegetación acuática, lo que a su vez afecta a la fauna. También el bombeo afectará la turbidez del agua, lo que igualmente tiene consecuencias en la flora y la fauna, etc.

En general, los Diagramas de Redes deberían ser utilizados en todo EIA en el que sea razonable esperar la existencia de efectos indirectos y de retroalimentación, en combinación con cualquier otra metodología de EIA.

### **6.6: El Método de Superposiciones de Mc Harg y los SIG.**

El método de Mc Harg (1969) descrito en el libro “Design with Nature” – Natural History Press, N.Y., propone un proceso ecológico sistemático de planificación. Éste considera cuatro valores de un medio o proceso natural:

- A: Cualidades intrínsecas, p. ej., su belleza.
- B: Productividad.
- C: Contribución al equilibrio ecológico.
- D: Riesgos de su uso impropio (¿Qué pasaría si...?)

Estos valores se ordenan según una jerarquía que toma en cuenta lugar y tiempo, la que debe ser considerada al evaluar los impactos.

El Método parte elaborando una serie de mapas de carácter ambiental sobre material transparente para su posterior superposición. Naturalmente, hoy se dispone de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), consistentes en “capas” de información digital georeferenciada, lo que facilita mucho el uso de esta metodología.

El segundo paso consiste en la elaboración de Listas de Control, que comprenden unos 30 atributos, divididos en:

- Clima
- Fisiografía
- Suelos
- Vida Silvestre
- Geología
- Hidrología
- Vegetación
- Uso de la Tierra

Los factores más relevantes son seleccionados conforme al problema considerado y se procede a calificar los atributos de manera ordinal (p. ej., Contaminación del Aire: alta, media, baja, muy baja) lo que se expresaba en los mapas originales mediante distintos tonos de gris (los SIG ofrecen mayor flexibilidad). También se confeccionan mapas que suman dos o más factores. También aquí la digitalización de la información amplía el abanico de posibilidades y hace más sencilla la tarea (como en el tratamiento matemático de las imágenes satelitales).

El resultado final son series de mapas que indican la adecuación del terreno a distintos usos (p. ej., conservación, recreación, residencial,

comercial, industrial, etc.). De ahí que el método se adecúe muy bien a estudios de ordenación del territorio. Se considera que este método es relativamente económico y rápido, y que facilita parcialmente la detección de efectos indirectos.

### **6.7: La Matriz de Metas – Logros: Una Visión Comunitaria y de la Equidad Social.**

Este método fue descrito por M. A. Hill (1968) en la publicación “A Goals Achievement Matrix for Evaluating Alternative Plans” en el “Journal of the American Institute of Planners”, 34: 19 – 28. Está diseñado para apoyar la toma de decisiones de inversión pública, donde agrega al análisis varios factores aparte del de la simple “eficiencia económica”. La Matriz se aplica a proyectos alternativos, midiendo sus consecuencias sobre metas que interesan a la Comunidad. También ayuda a mostrar de qué manera los beneficios y costos de cada alternativa se distribuyen entre los distintos sectores de habitantes interesados o afectados por cada proyecto. Esta última es una notable virtud del método.

El primer paso de su aplicación consiste en identificar, mediante consultas estructuradas y análisis de antecedentes históricos recientes, cuales son los ideales y **metas** principales de la comunidad, y en definirlos como **objetivos** operacionales. Estos pueden ser expresados ya sea en términos monetarios (p. ej., aumentar el ingreso per cápita en un 10 %), no monetarios pero cuantitativos (p. ej., mejorar la capacidad

de atención hospitalaria en un determinado porcentaje) o no monetarios cualitativos (mejorar la calidad de vida a través de parques u otros espacios públicos, etc.).

A través de una modalidad participativa se asigna un peso a cada **meta**, el que debe reflejar el valor relativo que la comunidad le otorga. Posteriormente, se prepara un análisis de costo – beneficio para cada una de las metas, entendiendo por beneficio la aproximación que ella implica al **objetivo** perseguido, y por costo el alejamiento del mismo que ella conlleva. Por ejemplo, el logro de una meta puede aproximarnos al objetivo económico perseguido, pero alejarnos de otro relativo a la calidad de vida (como ocurre cada vez que una comuna en Chile sacrifica áreas verdes para destinar las zonas desafectadas a la construcción de edificios).

A lo anterior sigue la identificación de los sectores de la comunidad afectados positiva o negativamente por el proyecto. Aunque ello no garantiza la equidad social de las decisiones finales, al menos otorga más transparencia al proceso.

En resumen, el método facilita una mayor consistencia entre los ideales y metas de una comunidad y las decisiones que adoptan sus autoridades. Al mismo tiempo ayuda a visualizar el grado de equidad social que ellas implican. Ello bastaría para conferirle un notable valor ético y social, a lo que se agrega su carácter intrínsecamente democrático (entendiendo que democracia significa mucho más que votaciones periódicas).



En términos de su evaluación metodológica (6.1), se estima que ella satisface parcialmente lo relativo a la naturaleza probabilística de los efectos ambientales y plenamente lo concerniente a ser un método con objetivos múltiples, que hace una clara distinción entre hechos y valores y que favorece la participación comunitaria.

### **6.8: El Análisis de Decisiones: Una Visión Experta.**

Esta metodología presenta una interesante simetría respecto a la recién expuesta. Como ella, busca maximizar el valor social de las decisiones. Sin embargo, representa el extremo opuesto en cuanto las evaluaciones y decisiones son tomadas por una autoridad central, que asume conocer los mejores intereses de la comunidad y toma las decisiones óptimas.

La metodología está descrita en el libro de R. Keeney y H. Rafia (1976) "Decisions with Multiple Objectives, Preferences and Trade – offs" (John Wiley and Sons, N.Y.). Se inscribe en una sub-área de la Investigación de Operaciones y debe ser utilizada por analistas altamente capacitados.

La aplicación del método supone que tanto el sistema intervenido como sus perturbaciones eventuales son o pueden ser conocidos (uso de modelos) y que hay alternativas de decisión claras.

El método incluye cuatro etapas:

- A: Estructuración formal del problema. En ella se definen objetivos y atributos o parámetros medibles para cada uno de ellos, así como los grupos o sectores que pueden ser afectados de distintas maneras y grados por el proyecto.
- B: Evaluación probabilística de los futuros valores de cada atributo, debidos a los cambios causados por el proyecto.
- C: Análisis utilitario, donde se expresa la importancia adjudicada a cada atributo, en una escala decreciente de 0 a 1 (donde 0 corresponde a la utilidad máxima).
- D: Determinación de una función utilitaria de multi-atributos, donde la incorporación simultánea de todos los parámetros permite establecer la alternativa o estrategia que maximiza la utilidad.

En un ejemplo del uso de este método, los autores establecen la ubicación óptima para un aeropuerto considerando objetivos como: a) Mínimo costo de construcción y mantenimiento (**Atributo:** costo total para el período establecido); b) Adecuada capacidad (**Atributo:** N° de operaciones de aterrizaje / despegue por hoja), c) Seguridad (**Atributo:** N° de personas probablemente accidentadas en un período dado); d) Ruido (**Atributo:** N° de personas sometidas a alto nivel de ruido: 90 CNR o más).

La evaluación de esta metodología reconoce que satisface plenamente lo relativo a la naturaleza probabilística de los efectos ambientales, lo concerniente a la aproximación a objetivos múltiples y a la clara distinción entre hechos y valores.

## **Capítulo 7: Los Modelos Físico - Matemáticos en EIA.**

### **7.1: Naturaleza, Valor y Limitaciones de los Modelos.**

Los modelos desempeñan dos roles muy importantes en ciencia y tecnología. En primer lugar constituyen hipótesis acerca del funcionamiento de los sistemas naturales, p.ej., el Sistema Solar, el ciclo de una estrella, las relaciones materia-energía en las interacciones ecológicas, el “efecto invernadero”, sus consecuencias en el cambio climático global, etc. Si el sistema es complejo, el uso de modelos es imprescindible.

El segundo rol de los modelos concierne a su uso en simulación de escenarios. Así, cambiando las magnitudes de los parámetros involucrados, es posible responder a preguntas del tipo “¿Qué pasaría si...?” cuya importancia es máxima para la ciencia y la tecnología modernas.

La mayoría de los modelos en uso son de naturaleza conceptual, vale decir, se basan en un entendimiento general de las relaciones causa-

efecto entre los principales factores que intervienen en el sistema modelado. Ellas pueden ser naturaleza física, físico-química, biológica, económica, etc. y normalmente pueden ser representadas por ecuaciones, susceptibles de resolución analítica o numérica. Sin embargo, existen modelos de carácter diferente, que actúan como un ente con capacidad de aprendizaje, cual es el caso de las redes neuronales. Un ejemplo simple de un modelo que “aprende” está dado por una ecuación constituida por una serie de términos, cada uno correspondiente a las variables que se asumen como más significativas, multiplicados por coeficientes y elevadas a exponentes que se van corrigiendo conforme a un método iterativo. Por ejemplo, el contenido de cobre de las aguas de un río puede depender del pH del agua, del caudal, del contenido de material fino en suspensión, etc. Si tal ecuación es formulada y corregida día a día conforme a la comparación entre el resultado que entrega y el valor efectivamente leído en las distintas estaciones de muestreo, se puede llegar a un buen predictor partiendo de una situación inicial ambigua (dicha tarea es “realizada por el propio modelo”).

De lo señalado se desprende que es imposible concebir la ciencia y tecnologías modernas sin el uso de modelos en todas sus ramas o especialidades. Por otra parte, el desarrollo de computadores y la incorporación de modelos basados en el cálculo numérico (a diferencia de los modelos iniciales analíticos que requerían la resolución “manual” de ecuaciones diferenciales que pueden ser muy complejas) han potenciado mucho su desarrollo.

Persisten, sin embargo limitaciones. Ellas se desprenden de la gran complejidad de los sistemas naturales aún de aquellos de apariencia simple (ver 2.2). Ella implica, en primer lugar, contar con los valores de las numerosas variables requeridas para dar cuenta de esa complejidad (lo que puede ser una tarea muy difícil o imposible). Suponiendo que se pudiera contar con todas, viene una segunda, igualmente grave, dificultad: el tiempo de cálculo que aún los computadores más poderosos y avanzados requieren para procesar la información (días, meses o años, en el caso de los modelos de cambio climático).

En consecuencia, es imprescindible simplificar y por lo tanto, alejarse de la realidad. Por ejemplo, las predicciones del cambio climático global utilizan celdas de información tan grandes que “no ven” (y por lo tanto no consideran) la Cordillera de los Andes, que juega un rol tan importante en el clima del oeste de Sudamérica.

De ahí que las predicciones de los modelos (aunque tengan impresionantes nombres en inglés y se vinculen a prestigiosas instituciones del extranjero) deben ser tomadas solamente como estimaciones referenciales y con mucha cautela en EIA. Naturalmente es bueno utilizarlos, pero con “conocimiento de causa” y el necesario sentido crítico.

## 7.2: Algunos Modelos Conceptuales Principales.

En esta parte describiremos los factores principales considerados en modelos de uso común de EIA

- A: **Contaminación de un lago:** Supongamos un lago que recibe alimentación de un río, así como del drenaje difuso de sus laderas. Le lago desagua a través de un segundo río y una tubería aporta un cierto flujo de agua que contiene determinadas concentraciones de uno o más contaminantes. El oleaje producto del viento permite intercambio de gases entre la atmósfera y el lago y por lo tanto oxigenación hasta determinado nivel denominado termoclina. Bajo él, dominan condiciones reductoras, derivadas de la actividad bacteriana anaeróbica.

Para modelar el sistema se deben definir en primer lugar sus límites (como en un sistema termodinámico, los límites de los sistemas a modelar pueden ser reales o virtuales y abiertos o cerrados en términos de flujo de materia o energía). Supongamos en este caso que sus límites son dados por las paredes rocosas del embalse y en consecuencia que los sedimentos del lago se incluyen en el sistema. Los contaminantes que ingresan por la tubería, según su carácter químico y físico-químico pueden: a) Ser removidos con el agua del río-desagüe, si son solubles en alguna forma (iónica, molecular, coloidal); b) Ser precipitados y sedimentados con material particulado en el fondo del lago; c) Ser parcialmente incorporados a plantas y

organismos acuáticos. A través de cálculos químicos, físico-químicos, sedimentológicos, hidráulicos, etc., es posible calcular también la masa de cada contaminante que sigue cada uno de esos caminos. Un ejemplo al respecto es el efecto del Embalse Puclaro, que fija con los sedimentos un importante porcentaje del As, Cu y Fe que ingresa a él, actuando como un dispositivo de decantación.

- B: **Dinámica de un estuario:** En un estuario, las aguas de un río se incorporan al mar ¿Cómo ocurre ese proceso? Las aguas del río, por su menor salinidad poseen una densidad también menor. En consecuencia forman una especie de “lengua” de agua dulce sobre la cuña de agua salada situada bajo ella, cuya posición y forma depende de las variables hidráulicas del río (caudal y velocidad) y de las del mar (mareas, oleaje). En la interfase agua dulce – agua salada se produce la conversión de la primera en “agua de mar”. Ello implica un cambio en la concentración de electrolitos y del pH, que conlleva la precipitación y sedimentación de algunos elementos y sustancias disueltas, purificando por lo tanto el aporte de metales pesados. Sin embargo, estos pueden ser incorporados de manera importante por los organismos filtradores (como almejas, machas, etc.) lo que requiere cautela en su consumo, si la contaminación es importante.
  
- C: **Explotación de aguas subterráneas cercanas al mar:** Si un cuerpo que contiene y permite la conducción de agua subterránea (Acuífero) se extiende más allá de la línea de costa, ocurre que el agua dulce del acuífero “flota” sobre una cuña de agua salada.

Mientras la explotación del acuífero no supera su realimentación, la situación se mantiene estable. Sin embargo, si llega a superarla se adelgazará, alcanzando la superficie superior del cuerpo de agua salada un nivel más alto, disminuyendo así la capacidad de almacenamiento de agua dulce del acuífero.

El movimiento del agua subterránea se rige, en primer lugar, por la Ley de D'Arcy, según la cual el flujo de aguas subterráneas entre dos puntos A y B es proporcional a su diferencia de nivel piezométrico (o simplemente de altura, si se trata de acuíferos no confinados) y a la conductividad hidráulica del acuífero, e inversamente proporcional al camino que debe recorrer. El agua fluye perpendicularmente a las curvas de nivel piezométrico. Si transportan contaminantes, éstos pueden moverse a la misma velocidad que el agua o bien ser afectados por otros factores, como la difusión (que es proporcional a los gradientes de concentración). La difusión es importante cuando el flujo del agua subterránea es muy lento. Es importante considerar que la contaminación del agua subterránea es muy grave por dos razones principales: a) Puede persistir por años, siglos o incluso milenios; b) No es posible predecir con seguridad el camino que seguirá, ni por lo tanto quienes serán los afectados por ella.

- D: **Dispersión del humo de una chimenea:** El humo expulsado por una chimenea sale con determinado impulso inicial dependiente de la masa y temperatura del aire caliente expulsado, así como del



diámetro y longitud de la chimenea. Ese impulso le permite ascender una cierta distancia sobre la boca de la chimenea. A partir de ahí su suerte depende de la relación entre el enfriamiento de la atmósfera con la altura y la tasa de enfriamiento de la masa expulsada por efecto de su expansión adiabática. Si la atmósfera se enfría más rápido, el humo continuará ascendiendo y se dispersará. Si el enfriamiento ocurre a igual tasa, sólo ascenderá por efecto inercial (dado el impulso con que sale). Finalmente, si se enfría más rápido que la atmósfera, se verá impedido de subir, porque será más denso que ella.

Una situación muy negativa es la formación de la capa de inversión térmica, común en cuencas cerradas como la de Santiago en los meses de otoño e invierno. En ese caso, durante el día se genera un volumen de aire caliente a baja altura (efecto de vehículos, calefacción, etc.). Durante la noche éste sube y se estaciona a algunos cientos de metros de altura. Al siguiente día, el ascenso de las masas de humo se ve frenado por esa masa de aire de menor densidad, lo que va incrementando los niveles de contaminación atmosférica de la cuenca.

Cuando la turbulencia permite la dispersión normal del humo, ella puede ser analizada mediante un modelo de tipo gaussiano. Este modelo que incluye como factores los gradientes de temperatura y la velocidad y dirección del viento, considera también la dispersión

horizontal y vertical de los contaminantes debido al efecto de difusión, asociado a los gradientes de concentración.

En general, un modelo predictor de la contaminación atmosférica pretende establecer la concentración de contaminantes en un punto de coordenadas  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , y en un tiempo  $t$  (p. ej., que contaminación existirá en la Plaza de Armas de Copiapó a las 12 del día de mañana). Desde luego no se trata de una respuesta fácil y por ello es frecuente escuchar, p. ej., que el modelo de Santiago para predicción de emergencias “se equivocó”...

- E: **Minas Tara, Irlanda, un Modelo Base para la Gestión Ambiental.**

Cuando se descubrieron ricos depósitos polimetálicos en Irlanda, alrededor de la década del 1970, hubo reticencia tanto del Gobierno como de la comunidad para aprobar la actividad minera, la cual fue estrictamente condicionada en sus aspectos ambientales. Uno de los exitosos sistemas de gestión desarrollados, el de Minas Tara, está estructurado en torno a un modelo numérico integral del área intervenida, la mina y su operación, diseñado para simular los efectos de distintas decisiones a adoptar.

El modelo incluye una amplia base de datos, incorporada a un SIG. Esta comprende información topográfica, hidrológica superficial y subterránea, de suelos, de cubierta vegetal, instalaciones y atmosférica. Por otra parte, mediante geoestadística se procede a regularizar las áreas de influencia de dicha información, la cual es renovada constantemente a

través de su ingreso digital, proporcionando una serie de capas actualizadas de datos. El centro del sistema es un modelo numérico del conjunto de los componentes, el cual permite simular la evolución de situaciones (p. ej., una emergencia) así como el efecto de las posibles medidas de remediación que se adopten. En consecuencia se constituye en el núcleo del Sistema de Gestión Ambiental, proveyendo información actualizada procesada (que recibe a su vez de sus sistemas de monitoreo) así como una predicción de la evolución de las situaciones y del efecto de los posibles cursos de acción que se adopten.

### **7.3: La Elaboración de Modelos Físico-Matemáticos.**

La primera decisión al elaborar un modelo se refiere a su grado de complejidad, puesto que de él dependerá el número de variables que lo integren y por consiguiente de las interacciones a considerar y la complejidad de la matemática necesaria para describir y simular el sistema considerado.

Seleccionadas las variables a incluir (considerando su probable peso en el comportamiento del sistema) se debe proceder a establecer las ecuaciones sobre la base del conocimiento físico, químico, físico-químico, biológico, etc., sin olvidar los efectos indirectos y de retroalimentación. Naturalmente, es mucho más fácil decir esto que llevarlo a la práctica, especialmente si están involucradas relaciones entre sistemas físicos y biológicos. Un ejemplo sencillo. El contenido de

CO<sub>2</sub> del agua disminuye al aumentar la temperatura. También disminuye al aumentar la acidez del agua. Si hay plantas acuáticas en el medio, aumentará durante la noche, por la respiración de ellas, pero disminuirá durante el día por efecto de la fotosíntesis. Todas esas relaciones se pueden expresar mediante ecuaciones, que a su vez, están ligadas entre sí, (p. ej., el pH también está determinado en parte por el CO<sub>2</sub> presente en el agua). Desde luego, las mismas ecuaciones químicas deben transformarse en expresiones matemáticas y finalmente llevarse a un modelo numérico.

Volviendo al simple caso del CO<sub>2</sub>, en CELCO Valdivia se utilizaba un proceso de purificación del efluente basado en la coprecipitación de contaminantes con Al(OH)<sub>3</sub>, producto de la hidrólisis de la sal de Al. Dicha reacción implica un descenso del pH (aumento de acidez) y se ha señalado que afectaba la acidez de las aguas del Río Cruces. Más acidez, menos CO<sub>2</sub> disponible, menos fotosíntesis de lucheillo, el alimento principal de los cisnes de cuello negro. Correcta o no, esta interpretación muestra como incluso un caso muy sencillo puede dar lugar a interacciones complejas.

Elaborado el modelo físico-matemático, es necesario calibrarlo, utilizando información conocida y ajustando los parámetros del modelo, de manera que entregue resultados coincidentes con los de la información usada.

Finalmente, el modelo debe ser validado, aplicándolo a situaciones similares pero correspondientes a otras áreas y conjuntos de datos de los utilizados en su calibración. La evaluación del modelo validado debe mostrar los niveles de aproximación a los datos “reales” que alcanza bajo distintos escenarios, así como sus límites de validez (es decir, de las condiciones bajo las cuales su aplicación entrega resultados aceptables).

#### **7.4: Criterios para la Selección y aplicación de Modelos.**

Entre los factores a considerar en la selección de un modelo para fines de EIA, la información disponible implica un primer requisito. Tendría poco sentido utilizar un sistema complejo y sofisticado si se carece de información confiable para alimentarlo. Ello se refiere tanto a la información histórica (p. ej., vientos dominantes, dirección y velocidad, distribución a lo largo del año, frecuencia y cuantía de las precipitaciones, etc.) como aquella de la que se dispondrá posteriormente para fines predictivos.

Otro factor a considerar es la variabilidad del medio a modelar. Por ejemplo, las características cambiantes de dirección y magnitud de los vientos en el área de Calama-Chuquicamata hacen de escasa o nula utilidad cualquier modelo predictivo. En cambio, un acuífero bien conocido ofrece una excelente oportunidad de modelación, dada la lentitud del flujo de agua subterránea y su control por la permeabilidad primaria y secundaria de rocas y sedimentos.

También se deben considerar los requerimientos del estudio que se realiza. ¿Interesa contar con órdenes de magnitud o se pretende alcanzar cifras mas precisas? En todo caso dichos requerimientos deben ser realistas en términos de considerar la información disponible y la variabilidad del sistema en estudio.

Otro aspecto a analizar es el referente a la experiencia y pericia de quienes operarán el modelo, así como los tiempos (incluidos tiempo de computador) disponibles para esta tarea. Ello también implica recursos económicos para la adquisición y operación del modelo.

Finalmente, es recomendable seleccionar un modelo que se adapte realistamente a las condiciones antes señaladas. Ojalá dicho modelo sea conocido y se utilice ampliamente, porque ello permitirá comparar resultados y tener una noción más “aterrizada” sobre la exactitud de las predicciones entregadas por el modelo. Al respecto se debe considerar que, en el mejor de los casos, como en las aplicaciones hidrogeológicas, errores de orden de 50% o más son considerados satisfactorios. Igualmente, que cabe esperar errores de predicción de varios cientos por ciento, en los casos menos favorables (como sistemas atmosféricos turbulentos).

## **7.5: La EIA y el Peso de los Modelos.**

De lo antes señalado en este capítulo se desprenden conclusiones simples respecto a esta materia. Desde luego, los modelos deben ser utilizados en los EIA, pero sus resultados considerados “con mucha prudencia”, tanto durante el Estudio como en el proceso de Evaluación.

Ello implica aceptar sus resultados sólo después de un buen análisis de las condiciones de uso del modelo y de sus características (información utilizada, adecuación del modelo a la situación analizada, errores normales de predicción del modelo, etc.).

Igualmente importante: al decir “aceptar los resultados” entender por ello el contar con una “opinión educada” más. Esto es importante, porque los no-especialistas pueden llegar a considerar las predicciones de los modelos con un exceso de confianza, como si fueran revelaciones de un oráculo sagrado. Por el contrario, conviene “ponerlos en cuestión” y comparar sus predicciones con otras fuentes, por ejemplo, datos obtenidos de condiciones análogas, la experiencia de los consultores y evaluadores, etc.

Finalmente, en casos de duda, si la situación modelada es importante, es mejor comparar el resultado con la aplicación de más de un modelo, y en caso de discrepancia no resuelta, aceptar el resultado más negativo, siguiendo el Principio de Precaución. Algo más: no forzar el uso de

modelos cuando las condiciones son inadecuadas para ello. Mejor es nada que un autoengaño ...

## **Capítulo 8: Los Informes de Estudios de Impacto Ambiental.**

### **8.1: Objetivos y Contenidos del Informe de EIA**

El EIA de un proyecto implica el trabajo de un conjunto de científicos, ingenieros y otros profesionales. Cada uno de ellos debe utilizar su conocimiento, experiencia, capacidad de observación e imaginación para lograr la mejor comprensión posible de las características del proyecto y de sus acciones, así como del medio físico, biológico, social, económico y cultural en que éste se implantará. Puesto que las relaciones entre los factores ambientales y las acciones del proyecto son complejas, es necesario que intervengan especialistas de numerosas disciplinas. Es natural que cada uno de ellos observe la realidad desde el conocimiento, métodos y criterios de su especialidad. Eso daría, el conjunto de visiones propio de un estudio multidisciplinario. Sin embargo, se necesita más que eso, porque el ambiente no es solamente una suma de efectos sino que agrega a ello las numerosas interacciones posibles. Por consiguiente, se requiere alcanzar el nivel interdisciplinar, en el cual cada especialista va más allá de su terreno para explorar en conjunto con los demás esas complejas zonas fronterizas de interacción.



Por otra parte, es esencial que cada miembro del equipo tenga siempre presente que no está estudiando la biología, hidrología, geología, etc. del área de influencia del proyecto como tal, sino en función de la detección de aspectos y posibles impactos ambientales. Lo anterior puede parecer obvio, pero la extensión y falta de pertinencia de muchos capítulos de informes de EIA muestran que es un problema recurrente.

En un sentido en apariencia opuesto, la falta de entendimiento de la importancia de algunas disciplinas, unida al deseo de ahorrar costos, puede llevar a no realizar el respectivo estudio, optando simplemente por la operación de “cortar y pegar” aprovechando la base de referencias disponibles. Esto ha ocurrido con alguna frecuencia respecto a la geología, procediéndose a reproducir la información disponible, sin extraer mayores consecuencias de ella para los fines del EIA. En un caso extremo, el encargado de cortar y pegar llegó a equivocarse el área respectiva, “pegando” información geológica correspondiente a una zona bastante alejada.

Desde luego, el Informe del EIA podrá ser, en el mejor de los casos, tan bueno como el estudio realizado. Típicamente, incluye los siguientes elementos y su contenido:

- **Portada:** Que incluye nombre del proyecto y de la empresa proponente, así como nombre y señas (dirección, e-mails, fonos de contacto) de la empresa consultora responsable del EIA y fecha de su entrega.

- **Informe “Ejecutivo” o de Síntesis:** Se trata de un informe destinado al conocimiento de personas que necesitan tomar decisiones pero carecen del tiempo y conocimientos técnicos para una lectura pormenorizada (p. ej. miembros del cuerpo de directores de la empresa, autoridades públicas, legisladores, etc.). Debe destacar los aspectos principales (impactos mayores, temas conflictivos, conclusiones). Su extensión debiera estar comprendida entre 10 y 30 páginas.
- **Descripción del Area de Influencia:** Una “Línea de Base” del área, informando sobre sus aspectos físicos, biológicos, socio-económicos y culturales debe ser presentada, de manera que permita comprender los factores ambientales que será necesario contrastar con las actividades del proyecto. La pertinencia, claridad y precisión de esta sección del informe es esencial, resguardando una longitud que haga posible su lectura en el atareado mundo de hoy.
- **Descripción del Proyecto:** Debe ser la adecuada para comprender sus objetivos, recursos y envergadura. Sus componentes, materias primas, operaciones, tecnologías, desechos y efluentes deben ser descritos en forma precisa, de manera que el lector informado pueda comprender e incluso deducir las acciones que implican aspectos y posibles impactos ambientales. También debe existir precisión respecto a posibles

impactos positivos del proyecto en términos de generación de empleo para la población local. Igualmente importante es lo referente a la sustentabilidad económica del proyecto (al respecto ver 2.5).

- **Metodologías de Evaluación de Impactos:** Los métodos seguidos para detectar y evaluar aspectos e impactos ambientales deben ser descritos y su uso justificado, explicando su campo de utilidad y sus limitaciones. Esto es especialmente importante respecto a los modelos utilizados (ver 7.4).
- **Impactos del Proyecto:** Los impactos ambientales, socio-económicos y culturales evaluados deben ser expuestos, incluida su importancia y magnitud, cuya apreciación debe ser justificada. También pueden exponerse aquí las medidas de corrección, mitigación o compensación propuestas.
- **Evaluación de Alternativas:** Si el proyecto cuenta con flexibilidades en términos de ubicación, magnitud, tecnología, etc., ellas deben ser expuestas, así como el grado en que contribuyen a corregir o mitigar algunos impactos y los posibles impactos alternativos que implicaría su adopción.
- **Programa de Vigilancia Ambiental:** En esta parte se describen los programas de monitoreo destinados a asegurar que las variables de mayor peso ambiental se mantienen dentro de límites

aceptables, así como los procedimientos a utilizar para corregir sus desviaciones.

- **Listado de Autores:** Los autores del Informe deben ser identificados y sus responsabilidades explicitadas. Es importante indicar alguna señal para contacto (preferentemente e-mail) de manera que puedan recibir consultas específicas.
  
- **Referencias Utilizadas:** Listado completo, de preferencia indicando específicamente la parte utilizada si se trata de libros o informes mayores. También se recomienda incluir aquí una lista de abreviaturas y siglas.
  
- **Apéndices o Anexos:** Incluyen información de respaldo al informe. Ojalá toda aquella información no esencial para la adecuada comprensión de los temas de importancia ambiental efectiva, encuentre su lugar en esta parte del Informe.

## 8.2: **Características de Fondo de un Buen Informe de IA.**

No es difícil señalar estas características. Desde luego ellas parten de la definición de una buena EIA Ese buen estudio se realiza para detectar y evaluar efectiva y oportunamente los impactos ambientales, socio-económicos y culturales de un proyecto. Ello, con el objeto de aprovechar sus flexibilidades (ver 2.1) o proponer medidas correctivas o

de mitigación que lo hagan aceptable y ojalá deseable. Una buena EIA no se realiza para obtener la aprobación de un proyecto como única meta ni a como dé lugar. Si el proyecto presenta serios problemas ambientales, que se logra pasen desapercibidos en su gravedad, a la larga todos pueden perder. Sobre este punto hay muchos ejemplos. Desde luego el tema involucra importantes aspectos éticos, pero también las consecuencias prácticas aconsejan proceder con honestidad intelectual.

De lo anterior se desprende que un buen Informe de IA debe ser igualmente honesto. Su nombre lo indica: ha sido elaborado para informar (no para perder al lector en interminables descripciones de la naturaleza, su flora y su fauna). En primer lugar, se espera que informe sobre impactos ambientales y respecto a las perturbaciones sociales y culturales que puede generar. Ello no implica dejar de lado los aspectos económicos, siempre que se entienda que el crecimiento económico por sí solo no es siempre positivo y puede incluso perjudicar a más personas de las que beneficia. Al respecto, sobran ejemplos asociados a explotaciones petrolíferas, monocultivos y en la actualidad a biocombustibles.

En resumen: Un buen Informe de IA es honesto, pertinente, claro y tan sencillo como sea posible. Efectivamente informa al lector sobre los hallazgos y proposiciones de un EIA que es igualmente honesto, metodológicamente correcto e inspirado en la búsqueda de la mejor alternativa para todos (empresa, comunidad, país).

### 8.3: **Características de Forma de un Buen Informe de IA.**

Como señalamos en la sección anterior, el mérito de un buen informe radica precisamente en su capacidad para informar al lector. Ese debe ser su objetivo de fondo, cuyo logro demanda tanto honestidad como claridad intelectual de parte de sus redactores.

Sin embargo, suponiendo que la intención y la comprensión existen, errores en la forma: estructura, ilustración y redacción del informe pueden perjudicar el logro de ese propósito esencial. Al respecto, el excelente texto de L.W. Canter (1998, ver Referencias) clasifica los errores de forma de los informes de EIA en tres tipos, a saber:

**Errores estratégicos:** Estos se refieren a la unidad intelectual del informe, la que debe ser lograda por el director del EIA. El informe no debe ser un simple compendio de una serie de estudios especializados, sino que necesita mostrar una visión unificada, centrada en las materias pertinentes, con claridad en sus conclusiones. Ello no implica que no deban señalarse contradicciones o dudas si estas existen y son importantes, pero ello debe ser realizado con igual claridad y sin ambigüedades. Si existen proposiciones alternativas (ubicación del proyecto, etc.), sus pros y contras deben ser igualmente indicados. El informe no debe incluir plagios de información (ojo con las Referencias!). En suma: cuidar la unidad, claridad, pertinencia y honestidad del Informe.

**Errores estructurales:** Conciernen a la presentación del documento. A la dificultad para encontrar la información buscada o las respuestas a las dudas que susciten los temas tratados. La mejor forma de evitarlos consiste en establecer un orden lógico y simple en el tratamiento de los temas y conservarlo en los distintos capítulos del informe. También ayuda un buen manejo de las tablas y de la información gráfica, para que se integre bien con el texto. También deben evitarse las generalidades en la redacción del informe, explicando con precisión los qué, los cómo, los quien y los cuando (si se trata, p. ej., de medidas de mitigación). Desde luego debe procurarse la mayor continuidad entre los capítulos y secciones del informe, evitando lagunas que desconcierten al lector.

**Errores tácticos:** La educación moderna descuida la enseñanza de la redacción y la ortografía, lo que se une a la escasa popularidad de la lectura entre los jóvenes. Ello explica que personas con formación científica o técnica superior cometan errores serios en ambos aspectos. Aunque los programas de manejo computacional de textos ayudan a corregir errores ortográficos, no detectan todos, y es aconsejable que una persona capacitada en ambos aspectos revise la edición del documento (aunque ella corresponde, en sus aspectos de fondo, al Director del EIA).

#### **8.4: Cómo Leer un Informe de IA: Desafíos para los Evaluadores.**

El informe de '102 kg' del proyecto Alumysa (ver 2.5) ilustra las dificultades que implica para los evaluadores el gigantismo de estos documentos. Al respecto, durante la Segunda Guerra Mundial, los servicios de contraespionaje procuraban saturar de información – correcta e incorrecta – al enemigo, sabiendo que era la mejor manera de restarle capacidad de decisión.

Podemos imaginar al evaluador serio, tratando de comprender las complejas e intrincadas relaciones entre factores ambientales y acciones del proyecto, sometido a plazos severos y exceso de carga de trabajo. Tal vez una información esencial está disimulada o poco destacada entre las líneas 22 y 25 de la página 621. Pero es tarde, está cansado y el tiempo se agota. Sin querer la pasa de largo. Actualmente se utiliza menos papel y la información se recibe en formato digital. Su lectura obliga a una postura más rígida, la radiación de la pantalla cansa la vista. Es posible que la situación sea peor que cuando el informe pesaba en kg de papel.

Desde luego es importante que los evaluadores se adiestren en el arte de la lectura rápida. Parte de la formación de los ingenieros superiores y los cuadros administrativos de elite en Francia incluye la lectura y asimilación de extensos documentos. Así se aprende a captar lo esencial, aún cuando esté disimulado en una masa de material banal.



Pero nuestras universidades no practican ese tipo de entrenamiento y el arte de la lectura rápida no es muy común en nuestro medio.

Entendemos, en todo caso, que CONAMA está exigiendo informes de IA más breves y centrados en los temas pertinentes. Es una situación que requiere espíritu de cooperación y buena fe de ambas partes, sinceramente comprometidas en el entendimiento de los impactos ambientales que implica un proyecto, así como en la selección de las mejores alternativas para superarlos.

## **Capítulo 9: Estudios y Evaluaciones de IA. Análisis Crítico.**

### **9.1: Los Estudios de Impacto Ambiental son También Evaluaciones**

Como señalamos en 6.1, los estudios de impacto ambiental implican forzosamente una primera evaluación de los mismos, y ella puede producirse en una etapa muy temprana, cuando se decide qué aspectos ambientales serán evaluados y cuales no. Ello es imprescindible puesto que en principio podrían llegar a ser casi infinitos. Desde luego esta inclusión o exclusión reviste una enorme importancia, considerando que los aspectos excluidos quedarán fuera del análisis, evaluaciones y discusiones del EIA a menos que sean reintroducidos posteriormente en la etapa formal de Evaluación.

Una segunda evaluación durante el EIA se verifica al seleccionar la metodología de evaluación de impactos. Como hemos señalado en el Capítulo 6, sus características son determinantes en cuanto a la decisión de qué aspectos representan impactos efectivos. Por ejemplo, la Matriz de Metas-Logros (6.7) permite analizar aspectos relativos a la distribución social de beneficios y costos, que están fuera del alcance de la Matriz de Leopold (6.3). Aparte de lo anterior, existe una amplia libertad, dentro de cada metodología, para la asignación de calificaciones de gravedad de los impactos mediante adjetivos o números, excepto si el impacto previsto viola la ley o sobrepasa una norma. Sin embargo, también en esto último, puede haber un grado de subjetividad, p. ej., cuando está involucrado el uso de un modelo de dispersión de efluentes, ya que su selección puede modificar el resultado obtenido.

En consecuencia, es conveniente reconocer la naturaleza compleja de los EIA. Por una parte constituyen estudios científicos puros, que pueden haber sido elaborados conforme a los más altos estándares de la especialidad. En el otro extremo implican apreciaciones forzosamente subjetivas. En el mejor de los casos, éstas últimas pueden representar el mejor criterio de especialistas honestos y experimentados. Pero es difícil que no exista cierto grado de compromiso entre la firma consultora y la empresa proponente del proyecto. Si esta última se muestra demasiado abierta en sus apreciaciones, se arriesga a perder futuros clientes, de manera que debe buscar un compromiso razonable.

En relación al punto anterior, la participación de las Universidades o de Institutos de investigación científica en los EIA implica algunos aspectos controvertidos. Desde luego esa participación puede restringirse a un estudio específico, realizado de manera impecable por especialistas competentes y objetivos, sin compromiso alguno con los intereses del proyecto. Sin embargo, en el curso del EIA será utilizado en conjunto con otros que implican criterios y apreciaciones de naturaleza más subjetiva e incluso parcial. Si, posteriormente surgieran controversias en cuanto a impactos ambientales no detectados o subestimados en materias relacionadas directa o indirectamente con dicho estudio científico, la institución responsable se vería envuelta en la polémica. Así podría aparecer ante la opinión pública como avalando las conclusiones del Estudio cuestionado. (Sobre esto hay ejemplos, como el del caso CELCO, Valdivia).

## **9.2: Factores Económico-Sociales en Estudios y Evaluaciones de Impacto Ambiental.**

Algunas críticas (p. ej., S. Valdés, U. de Chile) a las supuestamente altas exigencias del SEIA, aluden a la escasa valoración concedida a los beneficios socioeconómicos de los proyectos en los EIA, que se concretarían a reseñar los empleos directos e indirectos que ofrecería el proyecto. En cambio, se considerarían escasamente materias tales como su aporte a la reducción de la pobreza, a la creación de empleos dignos, ingresos tributarios, mejoramiento de infraestructura, etc., los que recién

aparecerían en un primer Addendum al EIA. El mismo autor hace ver que el sector minero ha implementado en sus operaciones las normas ISO 14001 lo que implicaría un compromiso de cumplimiento ambiental. La idea de base es que una mayor consideración temprana de los beneficios económico-sociales contribuiría a generar una actitud más favorable de la comunidad durante la etapa en la que ésta tiene oportunidad de participar.

Respecto al punto de vista resumido, cabe recordar cual fue el origen de los EIA. Básicamente se trataba de analizar los costos ambientales de iniciativas de organismos públicos destinadas a mejorar las condiciones de vida de las personas. En consecuencia no estaba en tela de juicio el valor de tal iniciativa, sino simplemente analizar sus posibles efectos negativos para el ambiente.

Igualmente se debería entender que todo proyecto bien formulado, elaborado por una empresa, está destinado a crear riqueza. Obligadamente generará trabajo y la riqueza creada, tributos para el Estado y los gobiernos locales. El EIA no está destinado a evaluar esos beneficios, aunque si debe considerarlos en dos aspectos básicos. El primero es la sustentabilidad económica del proyecto, puesto que si ésta fracasa los costos ambientales pueden ser muy graves (Bhopal, India; Chernobyl, Ucrania; Summitville, Colorado, USA, etc.). El segundo se refiere a los efectos socio-económicos y culturales, pero no simplemente en términos de creación de riqueza y empleo, sino a los efectos a corto,

mediano y largo plazo en la calidad de vida y la identidad cultural de la comunidad positiva o negativamente afectada.

En el caso específico de los proyectos mineros, es necesario considerar que su enfoque moderno procura lograr un rápido ritmo de producción y en lo posible localizar a sus trabajadores fuera del área de influencia del proyecto, lo que facilita su futuro cierre. En consecuencia, tanto en términos positivos como negativos su influencia sobre la comunidad local tiende a disminuir en términos socio-económicos directos. No ocurre lo mismo en términos indirectos, donde las necesidades de agua, los eventuales contaminaciones, etc. pueden afectar seriamente otras actividades de la comunidad en el área de influencia del proyecto.

Respecto a la adopción de la norma ISO- 14001, sin duda es un hecho positivo, pero corresponde a un ámbito diferente (la gestión ambiental privada), respecto al de la gestión ambiental pública en que se inscribe el SEIA.

Finalmente, conviene recordar que, en su decisión final de calificación ambiental, la autoridad política ponderará los aspectos positivos y negativos de un proyecto, incluyendo en los primeros la creación de riqueza y empleo que el proyecto involucra.

### **9.3: Los Servicios del Estado en la EIA.**

Los servicios del Estado desempeñan un rol relevante en la EIA y en Chile se caracterizan por su profesionalismo y dedicación, cimentados en una larga tradición y sólidos valores institucionales.

Por otra parte, como es normal tanto en Chile como en el extranjero, cada servicio es celoso defensor de sus atribuciones y cuando existen fronteras difusas respecto a un tema en particular, ello se expresa con energía.

Tanto la naturaleza de su trabajo, como la formación profesional de sus cuadros técnicos, pueden llevarlos a una fuerte identificación con el sector al cual se dirige su servicio, en especial si buena parte de su vida profesional se ha desarrollado en la actividad privada (por ejemplo, Ingenieros de Minas de SERNAGEOMIN con el sector minero, Ingenieros Agrónomos del SAG con el sector agrícola, etc.).

Lo anterior, aparte de ser razonable, puede ser también muy positivo, siempre que se inscriba en los principios del desarrollo sustentable, entendiendo que el mismo implica la garantía de que el desarrollo de un sector o actividad no debe afectar el de otros sectores o actividades. Por lo tanto, cada servicio debe ser especialmente cuidadoso en cuanto a señalar aquellos aspectos de los proyectos evaluados que puedan ser causa de impactos ambientales negativos. Es una responsabilidad muy importante, porque son los mejor preparados para detectarlos y esa es la

misión que se les ha encomendado. Por otra parte, un comportamiento ambiental responsable ofrece la mejor garantía de desarrollo a largo plazo del sector económico al que sirven.

#### **9.4: La Percepción Pública del SEIA.**

Como es normal que ocurra, la mayoría de las personas tienen escaso conocimiento respecto a qué es y cómo funciona el SEIA. En cambio, reciben noticias de prensa, radio o TV respecto a distintos tipos de conflictos ambientales, así como a los temores o protestas de la comunidad respecto a los impactos de proyectos en proceso de evaluación.

En esto influyen dos mecanismos muy importantes. El primero se refiere al concepto de noticia. “Las buenas noticias no son noticias” (Good news, no news) que tanto desespera a los comunicadores y autoridades del Estado. Por más esfuerzos que se hagan, esto no cambiará, y es mejor aceptarlo como un hecho (salvo, naturalmente, que se trate de una victoria deportiva, pero ahí estamos en otro dominio). El segundo concierne a una desconfianza innata en las autoridades públicas y en las grandes empresas, robustecida por muchos ejemplos a lo largo de la historia, y que la prensa, el cine, la TV, los libros, etc. no dejan de promover. Sin embargo, existen esfuerzos de los gobiernos modernos por actuar con mayor transparencia y las empresas más visionarias procuran demostrar creciente responsabilidad en las consecuencias de

sus actos (iniciativas como la “Responsabilidad Social Corporativa, etc.). En materias ambientales, la imagen de la autoridad puede ser robustecida a través de la actividad de la futura Superintendencia de Fiscalización Ambiental, siempre que ella cuente con suficientes atribuciones y las ejerza con efectividad (lo que sí le puede ganar una atención positiva de la prensa).

En cambio, en algunas situaciones la autoridad enfrenta un juego sin posibilidades de ganar, como en el caso de las fuentes energéticas “duras” (por desgracia, las únicas que resuelven los problemas mayores). Si no enfrentan el problema, se las acusa, justamente, de faltas de política y de acciones concretas. Si lo hacen respaldando determinada solución (p. ej., las futuras centrales hidroeléctricas de Aysén), son acusadas de influir en las decisiones del SEIA. Por supuesto, la autoridad podría decir “apoyamos este proyecto siempre que reciba la aprobación del SEIA”. Pero el hecho de que esa aprobación final corresponda al nivel político destruye el mismo argumento.

Finalmente, dada la connotación negativa que tiene la política para la mayoría de las personas, el hecho de que la decisión final del proceso de Evaluación sea “política” despierta una natural suspicacia. En suma, es normal que exista una percepción pública negativa. Lo importante es que, pese a esa percepción, el Sistema sea efectivamente exitoso en prevenir los impactos ambientales graves de los proyectos, así como en



conciliar el resguardo de la calidad ambiental con las necesidades de desarrollo del País.

### **9.5: ¿Conflictos Ambientales o Conflictos Económicos Intersectoriales?**

Como hemos señalado antes (ver 5.3), las asimetrías de conocimiento, recursos e influencias entre las comunidades locales y las grandes empresas proponentes de proyectos, llevan a que los conflictos importantes existan solamente cuando chocan intereses entre sectores económicos poderosos.

En términos prácticos, lo anterior implica que los pequeños conflictos se resuelven a través de indemnizaciones o compensaciones menores. En cambio, los grandes conflictos pueden implicar grandes desembolsos (que podrían hacer el proyecto inviable) o bien obligar a cambiar su ubicación o a cancelarlo (si no existe la necesaria flexibilidad).

El primero de los dos últimos casos está ilustrado por la ubicación original seleccionada por la empresa subsidiaria de Phelps Dodge para el puerto de embarque de minerales de la mina Candelaria (Copiapó). Previamente a la realización de la EIA, la empresa decidió ubicarlo en Calderilla, una bahía en la cual se practicaban actividades de acuicultura. La fuerte oposición de los acuicultores al proyecto llevó finalmente a que la COREMA de Atacama propusiera su traslado a

Caldera, como condición para aprobar el proyecto. Aunque la empresa rechazó esta proposición, amenazando con retirar el proyecto, el buen juicio y la riqueza del yacimiento la llevó finalmente a aceptarla. En este caso, el hecho de que la empresa ya había adquirido los terrenos para instalar el puerto de embarque le restó una importante flexibilidad.

El segundo caso está ilustrado por el proyecto Alumysa, ya antes analizado (2.6), donde los intereses de salmoneros y del sector turístico mancomunados prevalecieron sobre los de la transnacional proponente, que no tuvo la flexibilidad de trasladar el proyecto a la cuenca del Río Baker. Sin embargo, en este caso la empresa se vio favorecida en cuando sin saberlo, se evitó los problemas e incertidumbres derivados del carácter sísmico que adquiriría pocos años después el área por ellos seleccionada para instalar el proyecto.

Conflictos entre empresas mineras y agrupaciones poderosas de agricultores se han resuelto generalmente a través de fuertes indemnizaciones directas (caso de El Mauro, Choapa) o indirectos (asociación de regantes del Río Huasco). En un caso (cultivadores de olivos vs CMP, también en el Valle del Huasco) se llegó a dictar una norma ambiental secundaria ad hoc y la empresa realizó importantes estudios e inversiones para mostrar que no tenía responsabilidad en la menor productividad de esas plantaciones.

En todos los casos referidos, el conflicto de fondo no ha concernido al ambiente como tal, sino al posible efecto ambiental de una actividad

económica sobre otra. En consecuencia, se trata de conflictos intersectoriales con base ambiental, mas bien que de conflictos ambientales por sí mismos.

### **9.6: ¿Existe en Chile una Efectiva Cultura Ambiental?**

Entre las cualidades que los chilenos reconocen en sí mismos (y que también son reconocidas por algunos extranjeros) están su sentido de la organización, sentido práctico y realismo. También el chileno tiene cierta inventiva política y cierta capacidad de anticipación y ha logrado atraer la atención de la opinión pública europea para sus variados proyectos políticos del último medio siglo.

Sin embargo, carece o ha ido perdiendo la capacidad de agregar belleza como un ingrediente importante de su calidad de vida. Al menos desde mediados del siglo pasado, parece haber existido una competencia entre los alcaldes por transformar las frondosas arboledas de las plazas (la Plaza de Armas de Santiago incluida) en desiertos de cemento. Por otra parte, nuestras ciudades son cada vez más pobres en áreas verdes, las que se han destinado a fines más rentables.

Tampoco parece haber un genuino aprecio por la naturaleza que vaya más allá de su uso práctico agrícola o forestal. De ahí que el proyecto Parque Pumalín, en Chile austral, destinado a la preservación de sus bosques y paisajes haya despertado tantas sospechas (desde conspiraciones geopolíticas hasta sospechas de herejías teológicas

vinculadas a la ecología profunda). Simplemente era y es inconcebible que un ciudadano extranjero invirtiera su dinero para preservar un patrimonio ambiental – por valioso que éste fuera – restándolo a su explotación utilitaria.

Lo antes expuesto no tiene nada de nuevo y por el contrario ha sido señalado con dureza por autores como J. Edwards Bello, B. Subercaseaux y otros. Más grave aún, es el clima de violencia difusa que se ha instaurado en las últimas décadas y que tiene complejos orígenes (políticos, culturales, etc.). Esa violencia, que se traduce en destrucción del patrimonio urbano, saqueos, etc., no está restringida a sectores sociales determinados, y afecta incluso a actividades antes recreativas, como los encuentros deportivos. Es muy difícil que surja, en ese contexto, un genuino aprecio por los valores ambientales, que requieren de un estado mental diferente.

Es razonable pensar que la importancia que el Estado otorgue al tema ambiental va a estar ligada a la importancia efectiva que le concedan sus ciudadanos. De ahí que cabe preguntarse si existe una cultura ambiental en Chile o existen al menos las condiciones para crearla. En estos aspectos es costumbre basar las esperanzas sobre los jóvenes, pero en este caso podría ser ilusorio, por las razones ya expuestas. En tal caso, el “tema ambiental” seguirá siendo una disputa de carácter intersectorial y el ambiente visto solamente en sus términos utilitarios más inmediatos.

## **Capítulo 10: La Evaluación de Impacto Ambiental de Proyectos Mineros.**

### **10.1: Complejidad Física de la EIA de Proyectos Mineros.**

Aunque los proyectos mineros, incluso los de mayor envergadura, no ocupan una gran extensión del territorio, ciertamente lo afectan intensamente. A diferencia de la agricultura, que opera en dos dimensiones, la minería lo hace en las tres. En el caso de las grandes explotaciones a cielo abierto, crea cavidades de tal magnitud que pasan a ser rasgos geográficos, claramente visibles desde el espacio exterior. En el de las mayores e incluso medianas explotaciones subterráneas, desarrolla redes de galerías y labores verticales que alcanzan miles de km, lo que multiplica las superficies de reacción roca/agua/aire. Las cavidades superficiales o subterráneas afectan a su vez los niveles de aguas subterráneas y la calidad química del agua, al interceptar el nivel freático y permitir la oxidación y disolución de minerales sulfurados y de metales pesados. Ello se traduce en disminución y deterioro del recurso hídrico, que puede actuar igualmente como vehículo de contaminación entre la faena minera y las aguas superficiales.

Tanto la minería superficial como la minería subterránea masiva (tipo block caving) modifican y desestabilizan el relieve superficial, favoreciendo procesos de erosión y de remoción en masa. Por otra parte, los desechos sólidos de la explotación y beneficio metalúrgico:

estériles, tranques de relaves, pilas de lixiviación, constituyen relieves positivos que pueden ser desestabilizados por movimientos sísmicos (en particular los depósitos de relaves). Aparte de ello, pueden convertirse en centros generadores de polvo contaminante, si se sitúan en regiones áridas o semiáridas.

Los factores reseñados muestran la complejidad física de una explotación minera, la que debe ser muy bien comprendida para realizarla con éxito y prevenir graves impactos ambientales como resultado de la misma. A ello colaboran disciplinas como la geología, la geomecánica, la hidrogeología, la geomorfología, etc. Factores como la presencia de fallas activas, la liberación de estrés por efecto de la explotación, la litología y la fracturación de las rocas, son muy importantes para éste y otros análisis.

A lo anterior hay que agregar la complejidad mineralógica del yacimiento y su entorno, que se traduce en las asociaciones de minerales de menas, que contienen los metales valiosos y sus impurezas, las asociaciones de minerales de ganga acompañantes y las de minerales de alteración hidrotermal y supergénica. Cada yacimiento tiene sus asociaciones características, que dependiendo del clima y topografía, establecen también patrones propios de anomalías geoquímicas, incluida la probabilidad de generación de drenaje ácido. Desde luego, también esta información es indispensable para establecer el modelo

geo-metalúrgico del yacimiento, así como los riesgos ambientales de carácter químico que plantea su explotación y el beneficio de sus menas. Esta preocupación debe tener un lugar central al evaluar el plan de cierre de la respectiva operación minero-metalúrgica.

Algo más: A diferencia de otro tipo de proyectos comparables, por ejemplo una gran industria de la “química pesada”, en minería la “materia prima” es siempre diferente y en parte desconocida (en general, el conocimiento detallado del depósito va precediendo a su explotación y parte del yacimiento queda siempre sin llegar a conocerse). Por otra parte, debido a la zonación de la mineralización primaria y de aquella de carácter secundario (debida a la oxidación, removilización y enriquecimiento metálico), la composición de la mena cambia a lo largo de la explotación. Es importante entender estas complicaciones e incertidumbres propias de la naturaleza de los minerales y sus yacimientos al emprender la evaluación de impactos ambientales de un proyecto minero – metalúrgico.

## **10.2: Complejidad Tecnológica y Evolución de Una Explotación Minera.**

La minería moderna es una actividad de notable complejidad, que utiliza conceptos científicos avanzados así como tecnología de última generación (como robots, carguío y transporte teledirigidos y controlados por posicionadores satelitales, etc.). Geólogos, ingenieros de minas, metalúrgicos, químicos, mecánicos, eléctricos, ambientales,

industriales y de sistemas; geomensores, ingenieros comerciales y economistas, médicos, abogados y otros profesionales aportan sus conocimientos y destrezas para enfrentar las dificultades de naturaleza y escala que ella implica, ya reseñadas en la sección anterior.

En la práctica, una explotación minera compleja a gran escala evoluciona de manera difícil de prever, por efecto de cambios en distintos factores condicionantes.

El primero es la heterogeneidad mineralógica, litológica, estructural y geomecánica del yacimiento, descrita en la sección anterior. En el límite, puede implicar el descubrimiento de un nuevo depósito como prolongación del primero, no sospechado inicialmente y a veces de mucha mayor magnitud y/o ley (Candelaria en Punta del Cobre y Los Colorados, también en Atacama, son casos ilustrativos).

El segundo factor combina los efectos del primero con aquellos de carácter geométrico y con los propios del sistema de explotación. Este puede obligar – o hacer recomendable – pasar de un método de explotación a cielo abierto a uno subterráneo o viceversa, lo que implica la necesidad de evaluar nuevamente sus impactos ambientales.

Un tercer factor se refiere al precio de los metales o a una ampliación importante de las reservas, que puede llevar a replantear las características de una explotación (argumentos de la compañía minera



Los Pelambres para la ampliación del proyecto, poco tiempo después de la aprobación de su EIA).

Un cuarto factor puede responder a un nuevo desarrollo tecnológico o a un cambio sustancial de precios que haga explotables recursos antes considerados como sub-económicos. Es el caso del Proyecto Hipógeno de Minera Carmen de Andacollo, que explotará cerca de 400 millones de t de mineral primario, cuya ley ponderada de cobre (Cu + Au) es algo inferior a 0,4% (hasta hace poco, sub-económica).

Consecuencia de lo expuesto, la EIA de una explotación minera debe ser vista como la primera de una serie, al igual que los impactos ambientales previstos. Igualmente, el cierre de una operación minera puede representar simplemente una pausa entre dos proyectos de explotación. Lo anterior es conocido, pero no siempre “reconocido” en el momento de realizar la respectiva evaluación.

### **10.3: Entorno Físico y Biológico del Proyecto e Impactos Ambientales.**

La década de los 1970s fue prodiga en el descubrimiento y desarrollo de pórfidos de cobre – oro en los arcos de islas del Pacífico Occidental. Situados en las alturas de paisajes exuberantes, con tupida vegetación y ríos torrentosos, su exploración y desarrollo implicaron verdaderas proezas, que enorgullecieron a la geología y la ingeniería de minas.

Naturalmente, ellas fueron posibilitadas e impulsadas por sus elevadas reservas y el valor que el oro agregaba a la mineralización de cobre.

En cambio, la cuenta ambiental fue también muy subida, llegando a ser causa de una rebelión local y miles de muertes en la isla de Bougainville, donde se explotó uno de los primeros yacimientos, el de Panguna. Las consecuencias políticas no llegaron a ese extremo en otras explotaciones insulares, pero sí sus consecuencias ambientales.

Estas últimas eran predecibles considerando los factores topográficos y climáticos bajo los cuales se desarrollaban las explotaciones, los que dieron lugar a una descontrolada erosión de suelos profundamente meteorizados, cargando de sedimentos finos las aguas de los ríos y afectando la pesca y los cultivos de la población local.

Desde luego, una situación diametralmente opuesta se ha registrado en explotaciones de yacimientos porfíricos de cobre del norte de Chile, como Escondida, donde los factores de topografía y drenaje (este último prácticamente inexistente) no implican riesgo ambiental alguno. Por otra parte, algunas explotaciones se encuentran a decenas o cientos de km de cualquier población, lo que restringe mucho sus posibles impactos (generalmente ligados a contaminación aérea, como en Chuquicamata o a posibles efectos ecológicos de la extracción de aguas de salares, caso de Escondida).

En general, el drenaje de las regiones áridas o semiáridas se caracteriza por su carácter alcalino, lo que tiende a neutralizar la acidez generada por la oxidación de los minerales sulfurados. Ello favorece a la minería chilena, cuyas principales explotaciones se sitúan en ese tipo de regiones y por lo tanto presentan menor riesgo como generadores de drenaje ácido.

Sin embargo, importantes yacimientos como El Teniente, Río Blanco y Los Pelambres, se sitúan en la cabecera andina de cuencas hidrográficas en las que se realiza una actividad agrícola importante. Ello obliga a ser especialmente cuidadosos en materia de control de las operaciones, en particular respecto al riesgo de la contaminación por derrame de relaves o riles.

Al apreciar el riesgo ambiental que implican depósitos situados en esa ubicación, tanto la mineralogía de la mena como la alteración de las rocas encajadoras deben ser consideradas con especial atención. Por ejemplo, el distrito de El Indio, desde antes de su etapa de explotación, fue una importante fuente de contaminación de metales pesados y arsénico. Ello, debido a su mineralogía rica en enargita (sulfoarseniuro de cobre) y a la extrema alteración de sus rocas encajadoras, que facilitó la emisión de drenaje ácido. En cambio, el yacimiento de Los Pelambres, pese a su magnitud que es muy superior, ha tenido un efecto contaminante reducido. Ello se explica principalmente por el menor grado de alteración hidrotermal avanzada de sus rocas, así como por su mineralogía más favorable.

En términos de su efecto sobre la flora y fauna locales, la minería indudablemente afecta áreas extensas, donde dicho efecto negativo es inevitable. En cambio, ejerce protección sobre un entorno más amplio, sobre el cual ha adquirido la propiedad de la tierra. En ese territorio puede favorecer el desarrollo de fauna silvestre, como en el caso de los rebaños de guanacos del distrito de El Indio, preservándolos de su caza ilegal.

#### **10.4: Entorno Social y Cultural e Impactos Ambientales.**

La población chilena presenta un alto grado de homogeneidad cultural, y en el norte y centro del país está implantada una tradición minera. Ello implica que los proyectos de mediana o gran minería representan más bien una competencia al interior del sector (mineros artesanales o “pirquineros” versus empresas mineras) que un problema de choque cultural. Incluso es común que pequeños o medianos agricultores sean a la vez pequeños o medianos mineros. Ello no significa que no existan ocasionales choques de intereses, generalmente vinculados al agua. Pero no son choques entre extraños y por lo tanto no implican problemas culturales.

En cambio, sí existen riesgos en el extremo norte de Chile (Tarapacá, Antofagasta) donde poblaciones de origen aymara cultivan tierras en la Precordillera. Se trata de cultivos poco productivos, pero que sustentan una rica cultura de agricultores y pastores. Puesto que el agua es un

recurso escaso y que alcanza elevado precio, la transferencia de sus derechos puede ser muy atractiva para ellos. Desde luego, eso implicaría la pérdida de una cultura y modo de vida que no subsistiría en las ciudades. Es un impacto difícil de evaluar, pero que no puede ser ignorado.

### **10.5: Planes de Cierre y la EIA de Proyectos Mineros.**

Es razonable esperar que el cierre de una operación minera vaya acompañado de una serie de medidas, que ayuden a evitar o mitigar los impactos ambientales y sociales que seguirán a dicho cierre. Ello incluye a numerosos y variados posibles impactos, como la permanente generación de drenaje ácido, los riesgos de erosión y remoción en masa de las rocas y los desechos sólidos depositados, la cesantía de trabajadores y su efecto económico-social (el interminable caso del carbón), la emisión del polvo a la atmósfera desde los depósitos de relaves, el uso de instalaciones no desmanteladas por delincuentes, el riesgo de cavidades no tapadas para excursionistas, pastores, motociclistas, etc.

A la manera de un producto, cuyo ciclo de vida puede ser evaluado, se ha planteado su equivalente en términos del “ciclo de vida de un proyecto minero”, del cual la etapa final correspondería al post cierre.

También se ha planteado que, de alguna manera, dicho plan de cierre debería estar descrito o bosquejado ya desde la etapa de evaluación de impacto ambiental del proyecto. La idea en sí es atractiva y realizable, a condición de que se entienda efectivamente que se trata de un simple bosquejo. Ello, por dos razones principales, que se desprenden de lo señalado en la sección 2.2.

En primer término, es muy difícil – imposible en el caso de proyectos complejos de gran envergadura – saber cual será el estado final del proyecto (incluso lo es el saber si el estado final es efectivamente final).

En segundo lugar, a lo largo de la vida de un proyecto pueden ocurrir muchos cambios, aparte de los cambios en la propiedad de la empresa, posiblemente asociados a distintos estilos de ingeniería. También los conocimientos y la tecnología pueden evolucionar mucho, llevando a adaptar medidas o soluciones muy distintas de aquellas que se hubieran podido concebir originalmente.

Uno de los factores que ha complicado la adopción en Chile de una legislación relativa a planes de cierre (cualquiera sea la importancia efectiva que éstos pueden tener) es la relativa a las provisiones financieras para su ejecución. Ese tema surge de experiencias negativas, como el caso de la empresa canadiense Galactic Resources, que se declaró en quiebra al desencadenarse los impactos ambientales del yacimiento reabierto de Summitville, Colorado (USA). Se han buscado distintas alternativas, como la colocación financiera de ese

fondo-seguro, de modo que se conserve o aumente su valor a lo largo del tiempo. Sin embargo, la imposibilidad de definir y dimensionar la situación al momento del cierre, hace muy difícil establecer cual sería el monto requerido para el mismo, materia de primera importancia.

De lo anterior se desprende que elaborar y respaldar planes de cierre en una etapa temprana involucra muchas incertidumbres y problemas. Ello no significa, sin embargo, que el tema debe estar ausente de las EIA Su presencia es importante, al menos, en los aspectos siguientes:

- La EIA debería asegurar que el proyecto no involucrará impactos ambientales que representen amenazas permanentes más allá del entorno inmediato del mismo. El mejor ejemplo de esos impactos es la generación de drenaje ácido, que en condiciones desfavorables (como las de las antiguas explotaciones cupríferas de Montana, USA) son “para siempre” y requerirán un permanente proceso químico de las aguas contaminadas. Al respecto, se debe tener presente que no es posible “cerrar” un yacimiento densamente fracturado, en particular si se trata de una explotación subterránea situada en un alto topográfico, que recibe abundante lluvia o nieve. En Chile, este problema puede afectar al distrito ya cerrado de El Indio y en el futuro, a Pascua-Lama.
- La EIA debería exigir procedimientos de diseño y operación que aseguren, a lo largo del proceso de explotación, el cierre de aquellas labores, depósitos de desechos mineros, etc. que no sean

indispensables para sus operaciones minero-metalúrgicas. Ello implica varias ventajas importantes: a) Simplifica mucho el cierre “final”; b) Resta importancia al tema de la garantía monetaria; c) Permite comprobar la efectividad de las operaciones de cierre parcial mientras la empresa está en pleno funcionamiento. Ello permite que la empresa cuente con los recursos humanos y económicos en el lugar, para realizar un seguimiento efectivo e implementar las medidas de reparación que se muestren necesarias.

En resumen, el tema del plan de cierre debería estar presente en las etapas de estudio y evaluación de impacto ambiental, pero centrado en materias esenciales y entendiendo la imposibilidad de prever el estado final de una explotación minera.



## Referencias Principales

- Canter, L. W. (1998). Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Mc Graw-Hill / Interamerica de España S.A.U., Madrid, 841 p.
- CEPAL (1991). Evaluaciones del Impacto Ambiental en América Latina y El Caribe. CEPAL, Santiago, 232 p.
- CIEPLAN (1991). Desarrollo y Medio Ambiente, hacia un enfoque integrador. CIEPLAN, Santiago, 228 p.
- CONAMA (1994). Manual de Evaluación de Impacto Ambiental. Comisión Nacional del Medio Ambiente, Santiago, 264 p.
- Diamond, J. (2005). Collapse. Ed. Viking, New York, 576 p.
- Enger, E. D. Y Smith, B. F. (2006). Ciencia Ambiental: Un Estudio del Interrelaciones. Mc Graw-Hill / Interamericana Eds. México D. F., 476 p y anexos.
- Fernández, H. (2006). Plan Estratégico de Comunicación (PEC) para la Industria Minera Argentina. Eds. R. Villas Boas y A. González, Río de Janeiro, 194 p.
- Fernández, G. y González, P. Eds. (2005). Minería y Monumentos Nacionales / Consejo de Monumentos Nacionales, Santiago, 155 p.
- ITGM (1989). Manual de Restauración de Terrenos y Evaluación de Impactos Ambientales en Minería. Instituto Tecnológico Geo-Minero de España, Madrid, 320 p.
- Mendoza, M. (1994). Todos Queríamos ser Verdes. Chile en la Crisis Ambiental. Ed. Planeta, Santiago, 265 p.
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República (1994). Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Diario Oficial 19/03/94, p. 1-9.

- Nichols, R. y Hyman, E. (1980). A review and analysis of fifteen methodologies for environmental assessment. Office of Water Research and Technology. U.S. Dept. Of the Interior, 125 p.
- Opazo, A. Ed. (1999). Chile: Desafíos Éticos del Presente. Ed. Aguilar, Santiago, 478 p.
- Padilla, C., Ed. (2000). El Pecado de la Participación Ciudadana. Conflictos Ambientales en Chile. Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales, Santiago, 177 p.
- Pojman, L. P. (2005). Environmental Ethics. Thompson – Wadsworth Eds., Toronto, Ontario, 678 p.
- Villas Boas, R. y Page, R. Eds. (2002). La Minería en el Contexto de la Ordenación del Territorio. CNPq. y SEGEMAR (Servicio Geológico Minero Argentino), Río de Janeiro, 409 p.
- Warhurst, A. y Noronha, L. (2000). Environmental Policy in Mining. Corporate Strategy and Planning for Closure. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, 513 p.

[Volver a Cursos GEMM](#)