

# AMBIENTE Y DESARROLO

CIPMA · Centro de Investigación y Planificación del Medio Ambiente

#### Sector Minero:

### El desarrollo sustentable y la contaminación ambiental en la explotación de recursos mineros\*

#### **GUSTAVO LAGOS C.C.\*\***

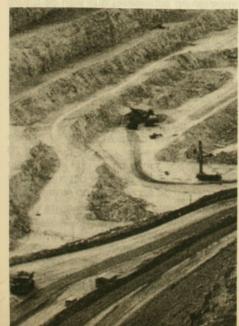
- Este artículo se origina en la investigación "Desarrollo Sustentable en los sectores de Exportación Chilenos: Requerimientos Científicos y Tecnológicos", iniciada en julio de 1988 y financiada por la Swedish Agency for Research Cooperation (SAREC).
- Ingeniero Civil, Director de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

#### NOTA DEL AUTOR:

Este trabajo fue apoyado por valiosos consejos y opiniones de diversos académicos del grupo de contaminación de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Entre ellos quisiera destacar la ayuda prestada por César Acuña del Departamento de Ingeniería de Minas, Ana María Sancha del Departamento de Ingeniería Civil, Hugo San-

doval del Departamento de Química, Pablo Ulriksen del Departamento de Geofísica y Sismología y Juan Escudero del Departamento de Ingeniería Industrial.







LAGOS

ABSTRACT. An analysis of the situation of the environment in relation to the exploitation of non renewable resources in Chile is made. Growth, conservation and equity are analysed with regard to the development of the chilean mining industry, reaching the conclusion that there has been no equilibrium between these concepts in the history of Chile. The main concern of the paper is to establish the origin and effects of the contaminants of the atmosphere, water and soil in Chile. The atmospheric contaminants are principally SO2 and dust of various compositions, including arsenic, coming mainly from the non ferrous smelters of the state owned copper companies. The most serious national problem is constituted by SO2 which is emited in comparable quantities to those of Canada, but over a territory that is many times smaller. The planning of new acid plants that can treat SO<sub>1</sub> gases from smelters is insufficient, and projections are that by 1991 more than 1 million tons of this gas will still be emited in Chile. A massive effort is required in this field, but fortunately the sources of pollution are well known and few in numbers. As regards water pollution, the situation is more serious, since there is no global diagnosis of the problem and there are many sources of pollution. Mines in the thousands, produce different effluents, mostly liquid ones. A study made in the Santiago region shows that water pollution by heavy metals is mostly produced by the mining industry, even though the presence of other industry is very important here. Intuitively, it is thought that the contamination of river and sea water by heavy metals should be serious in their effects for agriculture, fisheries and human life throughout the whole of the country.

The soil, as the main collector of all types of pollution, has received little attention and together with water resources, should be studied in the close future, in order to have a national assesment of the environment.

#### Introducción

El "equilibrio" entre la explotación de los recursos no renovables, es decir, de la minería y de los recursos energéticos derivados de materias primas, y el medio ambiente, es un proceso dinámico en que las variables que intervienen deben necesariamente adaptarse a las necesidades de la sociedad y a los requerimientos del medio ambiente en cada momento.

En el caso de Chile, la minería seguirá teniendo un impacto fundamental en la economía durante al menos la próxima década y, por tanto, es rol del Estado, con carácter de problema de seguridad nacional, velar por esta riqueza. Hay al menos tres razones que justifican este papel estatal.

En primer lugar, para que el ritmo de expansión de la minería en Chile no afecte negativamente a los precios, es decir, para que el sector no pierda su poder de oferta en el mercado mundial. Chile está en condiciones de afectar los precios de al menos cinco de los metales y elementos no renovables que produce: el cobre, el litio, el vodo. el renio y el molibdeno. No se trata de volver a las políticas del CIPEC de la década del 70, de reducir producción para que aumenten los precios, sino que tener una política responsable de crecimiento del sector, que esté inserta en el panorama mundial y que entreque a los mercados claros signos de las intenciones de crecimiento de nuestra producción minera. No puede volver a repetirse lo que hizo CODELCO en los 70, cuando anunció que no incrementaría la producción y después la expandió sustancialmente. Con esto, dio signos a otros productores con mayores costos de producción para que hicieran inversiones. El resultado de esta lamentable política fue que durante la mayor parte de la década de los 80 hubo una sobreoferta de cobre en los mercados mundiales.

En segundo término, para que la explotación de los minerales y sus actividades derivadas no produzcan deterioro de la calidad de vida por contaminación u otros impactos ambientales regionales y nacionales.

Finalmente, para que sus excedentes se inviertan en actividades que sean de futuro beneficio para el país y que, una vez que la exportación minera decaiga en Chile durante el próximo siglo, el país cuente con medios productivos alternativos para sustentarse. Es claro que la mayor eficiencia en el uso de los materiales, debido a tecnologías más avanzadas, ha significado desde hace varias décadas que la intensidad del uso de todas las materias primas no renovables tradicionales hava decrecido. Hoy el mundo usa menos cobre por persona que hace 20 años. Es por tanto obvio que en el largo plazo Chile deberá dejar de depender de la exportación de sus recursos no renovables.

El concepto de equilibrio entre el medio ambiente y la explotación de los recursos mineros del país no puede dejar de considerar simultáneamente estos tres aspectos señalados con anterioridad, que conforman las variables del problema. Si cualquiera de ellas se ve afectada drásticamente, la producción minera podría dejar de tener justificación para la sociedad.

Este artículo pone el acento en el segundo problema, el de la contaminación y la calidad de vida. Este es un aspecto de urgente solución en la minería, acerca del que se habla mucho y sobre el cual nunca, en años recientes, se ha realizado un diagnóstico global del impacto ambiental de esta actividad.

En el curso de la última década se han producido importantes cambios a nivel nacional e internacional en la industria de recursos no renovables. En el plano internacional, la situación se puede caracterizar en este último decenio por una gran inestabilidad en las tendencias de crecimiento de la economía mundial, factor que afecta de manera determinante a la demanda, y en consecuencia a los precios, de los recursos no renovables en los mercados internacionales. Se piensa hoy que el grado de impredictibilidad de los mercados de los metales tradicionales, entre ellos el cobre, se ha reducido en los últimos años, y en particular se proyecta que un adecuado balance entre la oferta y la demanda de los metales tradicionales debería mantener precios relativamente estables en el próximo quinquenio. Al menos así lo planifican las grandes empresas productoras de cobre y de otros metales tradicionales. Sin embargo, la incertidumbre es aun muy importante, lo que induce a que los países que dependen de esta producción apunten a disminuir la dependencia de sus economías de uno o varios de este tipo de recursos.

Por otra parte, la innovación tecnológica conducente a la sustitución o al afianzamiento de un determinado elemento o material en los mercados, tiene también un impacto de importancia sobre la demanda, pero éste se produce en lapsos más prolongados y predecibles que los efectos directos de la economía mundial. Por esto existe una tendencia a otorgar una mayor importancia hoy en Chile y en el extranjero a la investigación de nuevos usos y a la promoción del cobre y de otros metales tradicionales. Asimismo, los avances tecnológicos en los procesos de producción, bastante

predecibles en general, permiten visualizar en forma clara que los costos de producción se irán reduciendo en el futuro. Sin embargo, ya hay indicios de que las empresas que tengan una política más agresiva de investigación en nuevos procesos productivos serán las que tendrán en el futuro menores costos de producción. Y esto no necesariamente estará ligado a aquellas empresas, como CODELCO, que tengan mayores leves en sus minerales. De aquí nace la necesidad de que se modifiquen las políticas actuales de investigación y desarrollo de empresas nacionales, que si bien tendrán leves mejores de sus minerales, no necesariamente tendrán costos de producción inferiores a otras empresas que utilicen tecnologías más modernas.

Por lo demás, este último factor tiende también a afectar los precios en el sentido que menores costos de producción significarán, en el futuro, un crecimiento proporcionalmente inferior de los precios de los recursos respectivos. En este terreno, la reducción de costos de producción más drásticos se produjo durante la última década debido a la caída pronunciada de los precios observada desde mediados de la década del 70 hasta fines de 1987, lo que obligó a muchas empresas a reconsiderar los métodos de producción, las tecnologías empleadas y la estructura misma de su organización productiva. Esto significó en muchos casos el cierre de faenas mineras, principalmente en los países desarrollados, la venta de empresas y su posterior reapertura con drásticas reducciones de personal y aumentos de eficiencia en los métodos de producción.

En el plano nacional, la producción de cobre aumentó notablemente, lo que ha traído consigo cantidades muy superiores de concentrados tratados mediante fundición y ha significado un aumento de las emisiones de gases sulfurosos, de óxidos de nitrógeno y de arsénico a la atmósfera. La gran mayoría de las fundiciones en Chile pertenecen a CODELCO y ENAMI.

Paralelamente nuevos metales y elementos han comenzado a ser explotados, notablemente el litio, el yodo, el cinc, el plomo. Asimismo la producción de oro y de carbón aumentarán a principios de la próxima década de manera sustancial. Esta expansión explosiva de la minería ha traído consigo una creciente contaminación de las aguas y de los suelos con metales pesados y con reactivos como el cianuro, que puede ser potencialmente muy nocivo si no se le otorga un tratamiento adecuado. La expansión de la minería del oro, especialmente mediante empresas pequeñas y medianas, puede por esto representar un peligro considerable, ya que es más difícil para las autoridades controlar sus efluentes.

## Impacto de la minería sobre la contaminación de aguas, atmósfera y suelos

La participación de la minería en las exportaciones nacionales se ha mantenido por sobre el 50% v. de acuerdo a las inversiones que se realizan en el sector en la actualidad, se puede esperar que esta situación se mantenga durante la próxima década. El crecimiento de la minería significa que la cantidad de material que se procesa hoy es muy superior a lo que se procesaba a principios de la década. Se suma a este factor el que las leyes de los grandes yacimientos haya disminuido, lo que implica que mayores contenidos de azufre, arsénico y otros contaminantes nocivos deben ser tratados para producir la misma cantidad de cobre u otros productos.

El factor principal que ha influido en el crecimiento de la explotación de recursos ha sido la alta rentabilidad del sector y su capacidad para ser expandido en lo que se refiere a las operaciones mineras existentes. La consideración de otros factores como la influencia del aumento de la producción chilena sobre los precios, en el caso del cobre, o el impacto ambiental de los proyectos, ha sido secundaria.

Las preguntas que relacionan al crecimiento de la explotación de los recursos no renovables y al equilibrio ambiental regional y nacional, preguntas formuladas en los encuentros sobre el medio ambiente organizados por CIPMA en 1983 y 1986, no sólo no han sido respondidas en relación al inventario minero productivo, sino que en gran medida no han sido incorporadas en los nuevos proyectos mineros. Se sigue identificando al impacto ambiental de los proyectos con la contaminación producida por las plantas procesadoras de minerales, dejándose de lado factores tan importantes como el desequilibrio que se produce en un ecosistema determinado por la competencia en el uso del suelo y en los recursos humanos destinados a la actividad agrícola ganadera u otras.

Diversos proyectos mineros producen, como es natural, impacto muy diverso sobre el medio ambiente. Esta diversidad también se ve reflejada en la forma como las empresas, nacionales o extranjeras, enfrentan el problema de la mantención de un "equilibrio ambiental".

La información disponible permite pensar que en la mayoría de los casos las empresas gastan el mínimo posible en estudios de preservación ambiental. En todo caso, las empresas extranjeras que invierten en proyectos mineros en Chile, tienen usualmente, con excepciones, políticas más consideradas para con el medio ambiente que las empresas chilenas, especialmente las estatales, aunque es posible que aprovechen las bajas exigencias que impone en la práctica el Estado de Chile en lo que se refiere a contaminación ambiental. Estas exigencias son, desde luego, menores que las aplicadas en los países desarrollados. En otras palabras, en la práctica los niveles de contaminación (atmósfera, aguas y sólidos) producidos por la empresa minera chilena son muchísimo más altos que aquellos que se permiten en los países desarrollados. De tal forma que desde el punto de vista de la población chilena, éste es un aspecto que debe ser altamente preocupante, ya que dichos niveles de contaminación influyen en los siguientes ámbitos de la vida de la población:

 Directamente sobre la salud de la población a través de la contaminación del aire con SO<sub>2</sub>, óxidos de nitrógeno y gases con alto contenido de arsénico. En el caso de la población humana, el SO<sub>2</sub> produce irritaciones al tracto respiratorio y su gravedad está relacionada con las afecciones broncopulmonares crónicas.

2) Indirectamente, por el efecto que el SO<sub>2</sub> tiene sobre la agricultura, ganadería, otras producciones de alimentos, los bosques y la erosión de los suelos. Su efecto sobre la vida vegetal es destruir la clorofila y detener la fotosíntesis (1). En casos extremos produce la muerte de la planta. Especies sensibles son la alfalfa, cebada, trigo, arveja, espinaca, lechuga, poroto y tomate. El maíz y la cebolla son más resistentes.

Uno de los efectos más conocidos es la transformación de SO<sub>2</sub> a ácido sulfúrico y su posterior incorporación a la Illuvia, produciendo la "Illuvia ácida". Esta produce una corrosión acelerada de estructuras metálicas y la necrosis puntual en plantas (1).

3) Indirectamente, debido a la emisión de metales pesados como el cobre, cadmio y plomo, entre otros, en los gases de las chimeneas de las fundiciones. Las partículas metálicas se esparcen en los suelos cercanos a la fundición, siendo el gradiente de contaminación por estos metales inverso a la distancia de la fundición (1). El efecto de los metales pesados sobre las plantas es afectar sus procesos enzimáticos y hormonales, produciendo un retardo en su crecimiento y germinación.

El efecto de los metales pesados sobre el ganado es dramático. Sencillamente desaparece en las zonas cercanas a fundiciones que no tratan sus gases. En zonas más alejadas pierden su capacidad productiva y reproductiva y aumenta la tasa de mortalidad (1). Estos síntomas son compartidos cuando hay presencia de SO<sub>2</sub>.

4) Indirectamente, a través de la contaminación no natural del agua de riego con metales como cobalto, manganeso, cobre, molibdeno, cinc, alumnio, fierro, arsénico, cromo, níquel, plomo, cadmio, plata, mercurio y con otros productos residuos industriales líquidos (RIL). Estos últimos pueden ser clasificados dentro de 4 grupos:

- a) Elementos alcalinos y alcalinos térreos.
- b) Aniones: sulfatos, cloruros, fluoruros, cianuros, sulfitos, boratos, nitratos, etc.

- c) Otros metales y no metales.
- d) Derivados orgánicos: hidrocarburos, detergentes, etc.
- Directamente, a través de la contaminación del agua potable con metales pesados y RIL.
- 6) Indirectamente, a través de los metales y RIL mencionados que se descargan en el mar, produciendo contaminación de los peces, algas y mariscos.
- Indirectamente, a través de la contaminación por metales pesados de las aguas que toman los animales para producción ganadera, avícola y lechera.
- 8) Indirectamente, a través de la contaminación de los suelos con metales pesados, RIL, Residuos Industriales Sólidos (RIS), y con la precipitación de polvos y otros contaminantes atmosféricos. La contaminación de los suelos es la gran receptora y acumuladora de todas las formas de contaminación: aérea, terrestre, acuática superficial y subterránea.

De aquí que los tipos de contaminantes de los suelos sean todos los que existen.

Desde el punto de vista internacional, sin embargo, el problema tiene otras dimensiones.

La primera es que los contaminantes que producen más impacto mundial son el SO<sub>2</sub> y los óxidos de nitrógeno, y Chile contribuía en 1980 en forma poco relevante al total de la producción mundial (2).

En 1980, Chile producía una cantidad aproximada a los 2 millones de toneladas métricas de SO<sub>2</sub>, los Estados Unidos 24,1, Canadá 4,8 y Alemania Occidental 3,5. Las cifras correspondientes para los óxidos de nitrógeno eran en 1980: Chile menos de 0,3 millones de toneladas, los Estados Unidos 19,3, Canadá 1,8 y la República Federal Alemana 3.0.

Puede observarse, sin embargo, que los niveles de contaminación relativos producidos por Chile en 1980 eran enormes ya que, por ejemplo, el producto geográfico bruto de los Estados Unidos es aproximadamente unas 150 veces mayor que el chileno y sin embargo producía sólo 12 veces más SO<sub>2</sub> y 65 veces más de óxidos de nitrógeno que Chile. Estas cifras ilustran más que nada el

LAGOS

poco cuidado que ha existido en Chile históricamente por la contaminación. Más significativo que estas cifras, desde el punto de vista de la población de Chile, es que la mayor parte de las emisiones de gases sulfurosos están concentradas en unas pocas zonas del territorio, por lo cual los efectos de la contaminación son muy agudos regionalmente, afectando directamente la salud humana, vegetal y animal.

Además, este contaminante tiene importancia en el denominado efecto invernadero, ya que absorbe la radiación de onda larga emitida por la Tierra, la cual se encuentra a una temperatura promedio de 15° C, y por tanto, tiende a elevar la temperatura de la atmósfera, lo que según muchos científicos tendrá efectos importantes sobre el clima del planeta en las próximas décadas.

La segunda dimensión internacional del problema de la contaminación de SO2 es que Chile produce materias primas más baratas debido a que no ha tenido que introducir masivamente costosas tecnologías que atenúan la contaminación. La exportación de dichas materias primas (entre las cuales están todos los metales) es por esto, en opinión de muchos en el mundo desarrollado, una competencia desleal que no puede ser aceptada, ya que el Estado chileno, al no imponer restricciones, de hecho subsidia la producción de dichas materias primas. Este subsidio está producido en parte por el gasto no calculado (una externalidad de la producción minera) necesario para tratar todas las consecuencias nacionales que produce la contaminación, descritas anteriormente. No debe olvidarse que el argumento del subsidio del Estado ya ha sido empleado en 1984 por los productores de cobre primario de los Estados Unidos, cuando intentaron introducir restricciones a la importación de cobre chileno (3), y que podría ser empleado nuevamente en el futuro, en especial referido al problema de la contaminación. Sin embargo, nadie ha respondido cuál es el monto de los gastos en que ha tenido o en que tendrá que incurrir el Estado chileno para paliar los efectos de la contaminación. Esta es una interrogante que debe ser respondida no sólo debido a las implicancias internacionales, sino para conocer cuál es la rentabilidad real de los proyectos mineros que se realizan en la actualidad.

Los conceptos anteriores sitúan a Chile en un plano de debilidad internacional para negociar la exportación de sus metales en el futuro, especialmente debido al crecimiento exponencial que ha tenido la "conciencia de lo ambiental" en el mundo desarrollado en los últimos dos años. Es preciso añadir aquí que opiniones de académicos de los Estados Unidos y de Inglaterra en meses recientes se referían justamente a esta posibilidad, considerando este ejemplo (de la contaminación atmosférica) como un paralelo a la reacción de los países desarrollados ante la destrucción paulatina que ha tenido la naturaleza en el Amazonas.

#### Contaminantes atmosféricos

En este punto se demostrará que, a pesar de las nuevas plantas de ácido sulfúrico que han sido o que serán instaladas próximamente, las emisiones de gases sulfurosos y otros se mantendrán muy altas en las zonas cercanas a las fundiciones durante la próxima década.

Como ya se ha dicho, el principal contaminante atmosférico producido por la minería es el SO<sub>2</sub>, originado a partir de las fundiciones de cobre y de los tostadores de concentrados, los altos hornos de fabricación de acero y las plantas termoeléctricas que funcionan a base de carbón.

En 1988 el número de plantas de esta naturaleza existentes en el país era pequeño, en su mayoría ubicadas en la zona norte y centro. En el norte las fundiciones de cobre de Chuquicamata, Potrerillos, Paipote, la planta termoeléctrica de Tocopilla y el tostador de El Indio. En la zona central se encuentran las fundiciones de Ventanas, Caletones (El Teniente), Chagres, la planta termoeléctrica de Ventanas, Bocamina y Renca, y los tostadores de Refimet y de Molymet. En la zona sur sólo se encuentra el alto horno de Huachipato y algunas plantas termoeléctricas. De este conjunto, sólo las fundiciones de Chuquica-

mata, Paipote, Chagres y El Teniente cuentan actualmente con plantas de ácido sulfúrico, las cuales permiten transformar parcialmente los gases sulfurosos. Sin embargo, en Chuquicamata solamente, después de instalado el horno flash con su planta de ácido sulfúrico, se emite a la atmósfera una cantidad estimada en 1,0 millón de toneladas de SO2, es decir, el gas tratado por la planta de ácido constituye solamente el 28.5% del total de gas producido. Se estima que en 1990 habrá en operación tres plantas de ácido en Chuquicamata, lo que elevará la capacidad de tratamiento de gases a una cantidad estimada en 70% del total emitido. Debe añadirse que el cálculo de estas cifras es estimativo debido a que la ley y cantidad del concentrado tratado irá variando en forma importante. Mientras hoy la ley de cobre del concentrado en Chuquicamata es de 37%, en 1996 será de 30%, lo que significa que el contenido de azufre de éste aumentará con respecto al cobre.

Otros proyectos en marcha para tratar los gases sulfurosos son los de Ventanas y El Teniente. El primero entrará en operación en 1991 y tratará un porcentaje estimado del 55 a 60% de los gases sulfurosos producidos. El Teniente tiene una segunda planta de ácido sulfúrico en planificación. con lo cual subirá su capacidad de tratamiento de SO2 desde un estimado de 33% actual a más de 50%. El caso de Ventanas es ampliamente conocido, ya que la emisión de SO<sub>2</sub> y de otros contaminantes ha significado de hecho que todas las localidades de las regiones cercanas y no tan cercanas hayan ido perdiendo su capacidad de producción agrícola y ganadera. Esto, evidentemente, ha afectado la vida de toda la región. En el caso de El Teniente, los vientos llevan los gases usualmente hacia la cordillera, no produciéndose por esto efectos de la dimensión de los casos de Ventanas, Chuquicamata o Potrerillos. Está comprobado por estudios meteorológicos que los gases de la fundición de El Teniente no llegan a la Región Metropolitana.

Se ha estimado (4) qué en 1989 la minería del cobre en Chile produjo cerca de

2,6 millones de toneladas de SO2, de los cuales se trata, mediante plantas de ácido sulfúrico, 0,47 millones de toneladas. Por lo tanto, se estarían emitiendo a la atmósfera 2,13 millones de toneladas de SO2 anualmente. Con las ampliaciones descritas, la capacidad de tratamiento de dichos gases se incrementaría a 1,69 millones de toneladas de SO<sub>2</sub> anuales, lo que representará más del 60% de la producción total de dicho gas. De todas maneras, la minería del cobre sólo estará emitiendo a la atmósfera aproximadamente un millón de toneladas de SO2 anualmente, a partir de 1991. La contribución al total nacional de las plantas termoeléctricas y de los tostadores es pequeña, aunque el impacto ambiental regional puede ser muy dañino.

El carbón se usa en Chile (5), (6) y (7) principalmente en plantas termoeléctricas. Los otros usos de importancia son en calderas, en hornos de reverbero, en altos hornos, en hornos de cemento y cal y en la industria de la pesca y química. Solamente entre 1987 y 1988, de acuerdo a la Comisión Nacional de Energía, la demanda de carbón en Chile se incrementó entre 1,8 y 2.6 millones de toneladas. Esto se debe a múltiples proyectos. La ampliación del sistema interconectado del Norte Grande a 565 MW en 1990 significará un 60% adicional de uso de carbón en centrales termoeléctricas, mientras que su uso en la minería y otras aplicaciones crecerá más lentamente. La política energética del gobierno significará que el carbón irá reemplazando paulatinamente al petróleo, especialmente en la industria eléctrica. De todas formas. el contenido de azufre del carbón que se produce en Chile es bajo (entre 1 y 3%), por lo cual el impacto global de su uso en el país tiende a ser de otro orden de magnitud que el de la contaminación producida por la minería. Si tomamos un total de 3 millones de toneladas de carbón quemadas en distintos tipos de hornos, la cantidad total de azufre que podría emitirse a principios de la década del 90 es de 120 mil toneladas anuales de SO2 equivalente. Sin embargo, el impacto de contaminación regional que pueda tener el funcionamiento LAGOS

de la central termoeléctrica de Tocopilla no se puede despreciar, ya que la emisión de SO<sub>2</sub> podría superar las 70 toneladas diarias a partir de 1990. En el caso de la central de Ventanas, su contaminación es mínima en comparación con aquella producida por la fundición de la misma localidad, que se encuentra situada a unos 500 metros de distancia.

Otro de los contaminantes atmosféricos de importancia en Chile es el arsénico, debido al alto contenido de este elemento en los minerales nacionales. Estimaciones (8) de la emisión de arsénico, en la forma As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> polvo, por las chimeneas de la fundición de Chuquicamata en 1987 era entre 30 a 35 toneladas diarias, lo que ha alarmado a la población de Calama y ha significado la casi total evacuación de la población que residía en Chuquicamata. Por otra parte, la producción de arsénico en el tostador de El Indio y de Refimet son también altas. En Ventanas (8), donde se proyecta la instalación de una planta (de tecnología sueca) en 1990 para tratar casi la totalidad del arsénico, la emisión de éste es actualmente superior a las 7 toneladas por día. A pesar de que no existe mucha información disponible, es sabido que las empresas que operan dichas plantas han desarrollado y han implementado procesos para reducir la emisión de arsénico, y en particular Chuquicamata y Refimet deben dichos desarrollos a ingeniería conceptual chilena, es decir, tecnología nacional. El proceso desarrollado por Refimet en su planta de Rungue y en Antofagasta, permite tratar concentrados con altas leyes de arsénico y transformar éste a productos altamente estables e insolubles en agua. Por esto se reciben concentrados de El Indio de 10% de arsénico y también de Filipinas y Grecia de más de 10%. Los concentrados que llegan a estos países van posteriormente a Japón. Debe agregarse que esta complicada ruta se debe a que las plantas de los países desarrollados admiten solamente un máximo de 0.5% de arsénico en los concentrados a tratarse. En definitiva, la situación con respecto a las emisiones de arsénico es que se ha estimulado la investigación propia en el país, elemento positivo, a costa de la

implementación de procesos que aún pueden ser cuestionados desde el punto de vista de sus efectos sobre el medio ambiente en el largo plazo, ya que no se conoce públicamente cuál es el comportamiento de largo plazo de los precipitados, supuestamente insolubles, que originan las plantas mencionadas.

Los costos estimados en los cuales se debería incurrir para reducir las emisiones de gases a niveles que fueran adecuados, incluso para el desarrollo de las regiones advacentes a las fundiciones de cobre, incluvendo los tostadores, es del orden de los 250 millones de dólares, cifra que se estima esta al alcance del país. Este es, por consiquiente, un tema que podría ser resuelto en su totalidad si se toman las decisiones pertinentes en el próximo quinquenio. La mayor parte de este gasto deberá realizarse adquiriendo tecnología extraniera ya probada. Distinto es el caso de algunas fundiciones más pequeñas como Refimet, en que la especificidad del mineral hace más posible soluciones nacionales.

Por último, si se demostrara que el ácido sulfúrico equivalente al total de las emisiones sulfurosas de las fundiciones no tiene mercado en el país, puede recurrirse a la producción de azufre, el cual tiene un buen precio de venta, es fácil de transportar y Chile importa actualmente una parte de lo que requiere para su uso interno.

#### Contaminación de aguas y suelos

Recientemente se realizó un estudio, comisionado por la Intendencia Metropolitana a las firmas Arze, SEEBLA y CONSECOL (9), de la contaminación hídrica en la cuenca hidrográfica del río Maipo y el estero Carén, afluente del estero Alhué. El estudio fue financiado por el BID y es el primer esfuerzo sistemático que se realiza en Chile para detectar la contaminación de aguas en metales pesados, residuos industriales, hidrocarburos del petróleo y derivados, compuestos organoclorados, sales, ácidos, bases y otros compuestos químicos. Las conclusiones de este estudio, aunque se consideran

preliminares, se emplearán para implementar un programa de control de la contaminación hídrica en la región descrita.

El estudio es de particular relevancia para la minería, ya que los cursos de agua estudiados comprenden los efluentes de La Disputada de Las Condes y parte de los de El Teniente. Las conclusiones generales del estudio son:

1. De todos los metales pesados estudiados, la *incidencia de la minería* del cobre en la presencia de los siguientes metales pesados en algún punto de muestreo es la siguiente: molibdeno (El Teniente, 99,9%), plata (La Disputada de Las Condes, 99,8%), cadmio (El Teniente, 99,7%), cobalto (La Disputada de Las Condes, 97,7%), manganeso (El Teniente, 56,9%; La Disputada de Las Condes, 40,6%), cobre (La Disputada de Las Condes, 76,4%; El Teniente 10,3%), arsénico (El Teniente, 78,7%), cinc (La Disputada de Las Condes, 52%), plomo (El Teniente, 52%), fierro (El Teniente, 28,57%).

Estas cifras no significan, sin embargo, que exista exceso de todos estos metales en las aquas en estudio.

- Las excedencias mayores de la norma de riego en puntos diversos de muestreo fueron producidas por\*:
- a) Presumiblemente lixiviación natural (manganeso; I = 11,32). Esto afecta a todo el trayecto del estero Carén antes del relave de El Teniente.
- b) La ciudad de Santiago con toda su red industrial (cobre, cromo, manganeso y aluminio; I = 7.89).
- c) La Disputada de Las Condes (principalmente cobre, manganeso en cantidades inferiores; I = 4,8).
- d) El Teniente (molibdeno y manganeso) después del estero Carén o del relave de El Teniente, en las aguas que desembocan
- Los valores (1) indican la sumatoria del promedio de los índices de excedencia, es decir, el número de veces en que se excede la norma respectiva: índice = Σ (c¡/p¡) en que el c¡ es la concentración del metal o ion i, medida en partes por millón (ppm), y p¡ es el valor máximo de dicho metal aceptado por la norma. El índice que mide el máximo permitido para una especie o metal es 1,0, para dos especies es 2,0, etc.

en el lago Rapel. La concentración de molibdeno es aquí de 3,46 partes por millón (ppm), mientras que la concentración de manganeso es de 0,6 ppm, excediendo en 3 veces la norma de riego.

- 3. La norma chilena de agua potable medida en distintos puntos de muestreo está excedida mayormente por:
- a) La Disputada de Las Condes (manganeso y cobre; I = 11,22). El cobre excede la norma (1 ppm) en 42% y el manganeso en una cantidad superior. Este efecto se ve diluido por el aporte de las aguas del estero Arrayán.
- b) Lixiviación natural producida en la cordillera (fierro, plomo, manganeso, aluminio; I = 45,43). La presencia de plomo se encontró estacionalmente. El fierro se encontró en una concentración de 10,8 ppm y el alumnio en 18,4 ppm.
- c) El Teniente (molibdeno y manganeso; I = 12,7) después del estero Carén.
  Aquí se repite lo informado para las aguas de riego.
- En la región estudiada, la minería no produce contaminación de Residuos Industriales Sólidos (RIS).
- 5. En las aguas subterráneas se encontró sólo un alto contenido de nitratos, pero ningún metal pesado.
- 6. En los Residuos Industriales Líquidos (RIL) también tuvo presencia la minería. El Teniente aportó el 78,2% de los sulfatos encontrados. Asimismo, El Teniente aportó el 56,2% y La Disputada de Las Condes el 28,1% de un derivado orgánico, los fenoles.

Debe agregarse que ninguno de los RIL atribuidos a industrias (entre las cuales está la industria minera) tiene un aporte significativo a la carga total.

7. En los suelos se encuentra una alta acumulación de metales pesados producidos por causas naturales y/o antropogénicas. El cobalto, níquel y cinc se distribuyen de manera uniforme en un perfil de 150 centímetros de profundidad. El cobre aumenta su concentración con la profundidad, y el cadmio, cromo y manganeso muestran una mayor concentración en la capa cultiva-

ble. El manganeso es el único metal que se ha encontrado que no sufre migración.

A pesar de las altas concentraciones de metales encontradas, los suelos estudiados tienen altos rendimientos en diversos cultivos, pero se piensa que los metales tienen efectos en los cultivos a largo plazo. Sin duda que la acumulación es alarmante, ya que su remoción posterior es difícil si no imposible. El estudio de la interfase planta/ suelo debe realizarse para poder hacer un diagnóstico más preciso.

Tal vez sea éste uno de los aspectos más relevantes del problema de la contaminación producida hoy, ya que sus efectos parecen casi irreversibles sobre la agricultura y la fauna. Por lo demás, las formas de contaminación de los suelos son por vía aérea (Iluvias, aire poludido) o por vía de las aquas superficiales o subterráneas. Todas las formas de contaminación pueden influir sobre los suelos, por lo cual es preciso considerar que cualquier excedencia, por pequeña que ésta sea, de las normas de contaminación atmosférica o de las aguas contaminará acumulativamente los suelos de las regiones circundantes. El caso de los relaves es singularmente sensible, va que es sabido que los grados de infiltración deben ser conocidos y probados. De otra forma, la contaminación puede alcanzar cuencas completas, modificando el equilibrio del ecosistema en forma irreversible

El estudio de la Intendencia de la Región Metropolitana sobre contaminación hídrica que se ha resumido anteriormente representa un aporte muy significativo al conocimiento de la magnitud del problema que enfrentamos. Mapea un conjunto de problemas que deben ser estudiados en forma sistemática a lo largo de todo el país y nos entrega una visión del impacto que tiene la minería sobre la contaminación hídrica en la Región Metropolitana. Los escasos antecedentes públicamente conocidos sobre este tipo de contaminación a lo largo del país permiten afirmar que este es, tal vez, el problema central en la contaminación nacional

La mayor parte de las cuencas del norte y centro de Chile están altamente contaminadas por la presencia de metales pesados, producto de la lixiviación natural, pero principalmente producto de operaciones mineras y metalúrgicas. No existen los antecedentes completos para demostrar esto.

En definitiva, las soluciones al problema de la contaminación de aguas y suelos son mucho más complejas que las soluciones para eliminar la contaminación del aire por parte de la minería, por cuanto hay mucho más actores y posibilidades en el primer caso.

Por último, pero no menos importante, tenemos la contaminación del mar. Esta se produce fundamentalmente en aquellas desembocaduras de ríos altamente contaminados y también en la costa por causas naturales. Al menos dos casos han sido públicos en los últimos años (Coquimbo y Mejillones) debido a que han alterado la posibilidad de trabajo de poblaciones de pescadores. Ambos casos han sido originados por la minería, Chiang (10) ha estudiado los tipos de contaminantes que afectan la vida marina en Chile. Entre los contaminantes del mar más estudiados están los hidrocarburos y los metales. Aunque podría pensarse que el aporte mayor de hidrocarburos al mar proviene de las plataformas de extracción de petróleo, esto es un error, ya que éste es aportado mayormente por contaminación natural y por la operación de buques cisterna. Los accidentes de barcos petroleros, si bien pueden tener impactos regionales catastróficos, representan menos del 10% del total.

En Chile no se ha encontrado referencias sobre la contaminación del mar de Magallanes producto de las operaciones de extracción de petróleo. Sin embargo, la Universidad de Magallanes ha sido comisionada por ENAP para realizar diversos estudios de los efectos de la contaminación por petróleo (11), de lo cual se infiere que el problema regional no debe ser despreciable.

Como se describía anteriormente, en Chile, el impacto de los metales y elementos provenientes de la minería y también de las fracciones volátiles del carbón han sido mayores en la contaminación del mar, ya que, aparte de los residuos sólidos, una gran

parte del resto de los contaminantes llegan al mar tarde o temprano. Aquí pueden ser degradados, consumidos, transformados, reciclados o pueden ser también permanentes. La acumulación de metales, especialmente plomo, mercurio, cadmio, arsénico v cobre en mariscos v pescados v la eventual muerte de éstos y de algas ha tenido incidencia en Chile (12). Debido a que la forma de reacción de los diversos contaminantes en un medio dinámico como el mar es muy variable (química, física y biológica), no puede extrañar incluso que la contaminación alcance zonas mar adentro. Por otro lado, la forma de acumulación de los metales y otros elementos en diferentes especies es también muy variable.

Es obvio decir, pero hay que decirlo, que un apropiado manejo de los contaminantes atmosféricos e hídricos de la minería, debido al impacto que éstos tienen hoy en Chile, disminuirá sustancialmente la contaminación del mar. Por tanto, más fácil que desarrollar tratamientos y procesos para descontaminar el mar, hay que evitar que los contaminantes puedan llegar a él.

#### Discusión y conclusiones

Se ha demostrado que la minería tiene la mayor incidencia nacional en la contaminación del aire por SO<sub>2</sub>. Respecto a las aguas y al suelo, se ha afirmado que la minería tiene la mayor incidencia en su contaminación, en cuanto a metales pesados, a nivel nacional. Mediante el estudio de la Intendencia se ha demostrado que esto es cierto para la Región Metropolitana.

Se ha estimado que la solución de la totalidad de los problemas de la contaminación del aire producidos por las fundiciones de cobre y por los tostadores, resolvería casi la totalidad del problema de la contaminación atmosférica de la minería en Chile, dejando pendientes sólo a las centrales termoeléctricas y a Huachipato. La inversión necesaria para lograr dicha medida se ha estimado en 250 millones de dólares, suma bastante razonable para el conjunto de la minería del cobre, del oro y del molibdeno.

La mayor parte de esta inversión deben realizarla empresas del Estado, por lo cual el problema se simplifica aún más desde el punto de vista operacional.

En cuanto a la contaminación de aguas y suelos, el problema es mucho más complejo, está más distribuido a nivel nacional y se conoce menos de él. El examen de las normas de construcción y operación de los tranques de relaves parece ser una prioridad, ya que es previsible que la mayor parte de la contaminación hídrica producida por la minería provenga de dichas instalaciones.

Pero la medida de mayor importancia que puede tomarse en este aspecto es que el Estado desarrolle un programa nacional de monitoreo, evaluación y control de la contaminación del aire, de las aguas y de los suelos. Por cierto que en donde existan condiciones de catástrofre, como fue en la bahía de Coquimbo con el exceso de cobre, o en Calama con el exceso de arsénico, deberán tomarse medidas puntuales. Pero para tomar medidas globales se requiere un conocimiento mucho más completo que el que se posee hoy.

En cualquier caso, debería quedar perfectamente claro después de estos antecedentes que las metodologías de evaluación económica de los proyectos mineros son completamente insuficientes en la actualidad, ya que no toman en cuenta el costo que producirá la contaminación que se produce hoy en la sociedad del futuro. Y este costo está compuesto por todos los aspectos que se discutieron anteriormente. Debe introducirse, por esto, una legislación que oblique a todos los proyectos mineros, en funcionamiento o nuevos, a realizar un estudio de impacto ambiental completo. Asimismo, se requiere de una base jurídica coherente y no discriminatoria, que cuente con un sistema de generación de normas técnicas, con un sistema de evaluación del impacto ambiental y con los mecanismos de control de dichas normas.

Aunque parezca trivial, es más barato evitar que los contaminantes salgan de las plantas de tratamiento de minerales y metales, que desarrollar métodos para reunir y eliminar esos contaminantes posteriormente. Y esta conclusión es válida para todos los tipos de contaminación producida por la minería.

Otra manera de plantear la gravedad que reviste el problema es decir que si el país conociera los costos sociales de la contaminación que se produce hoy, la decisión de invertir importantes sumas de recursos en prevenir la contaminación sería tomada inmediatamente.

Por lo tanto, una tarea especialmente importante por parte de los que se preocupan por el medio ambiente es desarrollar metodologías convincentes de evaluación económica para medir el impacto de la contaminación. Dichas metodologías deberían ser también estandarizadas para todos los proyectos mineros.

En medida importante, la incapacidad de la sociedad para enfrentar el problema ambiental en forma global ha sido causado por el autoritarismo, el cual ha negado el derecho de libre expresión durante muchos años, a tal punto que la población llegó a carecer de confianza en sí misma para resolver sus propios problemas. En el nuevo período democrático debería esperarse que esa misma población levante su voz para hacer valer su derecho a vivir en un ambiente natural limpio.

Es indudable que una mayor preocupación pública por el medio ambiente traerá consigo presiones para solucionar el problema de la contaminación, lo cual a su vez significará una presión por invertir recursos en un área que hasta ahora ha sido considerada como "no productiva". Este mismo hecho es parte de la discusión que se realizó en la elaboración de los programas del nuevo gobierno. ¿En qué deben invertirse los excedentes obtenidos a partir de la minería? Como no hay recursos para todos los programas propuestos, deberá elegirse entre ellos, y en este momento compiten en dicha elección la solución de los problemas de la contaminación, mejorar la educación y la salud, aumentar los salarios, incrementar el empleo, reinvertir en la minería, crear nuevas industrias, invertir en ciencia, etcétera

Parece necesario, entonces, que aquellos convencidos que se debe vivir en un ambiente mejor, trabajen intensamente por conseguir apoyo para que los programas que se implementen contemplen al menos los problemas de contaminación que aquí se han discutido, y que, como sabemos, pueden tener consecuencias dañinas prácticamente irreversibles para grandes zonas de nuestro territorio.

#### BIBLIOGRAFIA

- GONZALEZ M., S. y E. BERGQVIST A. 1986. El impacto de emisiones de gases y otros productos desde chimeneas de fundiciones de minerales sobre las actividades agropecuarias. Anales Segundo Encuentro Científico sobre el Medio Ambiente, Tomo II, pp. 117-123.
- Reduction of Sulphur Emissions from Non-Ferrous Smelters, International Seminar, Conference Copper 87/Cobre 87, November 1987, Viña del Mar, Chile.
- MARDONES, J.L.; I. MARSHALL. 1987. Lobbying by Exporters: The 1984 Copper Import Case, en Perspectives of the Copper Industry, Ed. by W.H. Dresher, R. Hurtado and W.I. McCutchen, Vol. 1, Copper 87, pp. 219-233.
- ZAUSCHQUEVICH K., A. 1989. Investigación científica y tecnológica en Chile, Cooperación Universidad-Empresa. Anales del Congreso Ingeniería en el Siglo XXI, Instituto de Ingenieros,
- ACEVEDO B., J. 1987. El Mercado del Carbón en Chile. Minerales, Vol. 42, Nº 180, pp. 53-57.
- Política Energética Nacional, situación actual y perspectivas del sector, Minerales, Vol. 41, Nº 176, pp. 53-59, 1986.
- 7. Minería Chilena, Año 9, Nº 94, marzo 1989.
- ZAUSCHQUEVICH K., A. 1987. Sistema de desarsenificación de concentrados de Refimet: un ejemplo de desarrollo tecnológico chileno. Minería Chilena, año 7, Nº 81, pp. 21-24, diciembre.
- Estudio base para la definición de un programa de control de la contaminación hídrica, Intendencia Región Metropolitana, Santiago, enero 1989.

- CHIANG, J. 1988. Contaminación del mar y el futuro de la pesca en Chile., Amb. y Des., Vol. IV, Nos 1 y 2, pp. 67-72.
- PEREZ D'ANGELLO, V. 1985. El problema de la contaminación del mar por petróleo. Minerales, Vol. 40, Nº 171, pp. 59-64.
- DIAZ, O.; S. AGUIRRE; L. LUCI G. e I. ATISA A. 1986. Contenido de metales pesados en peces marinos recolectados en la V Región de Chile. Anales Segundo Encuentro Científico sobre el Medio Ambiente, Tomo II, pp. 48 - 51.

#### COMENTARIO

#### JAIME UNDURRAGA\*

Antes de entrar a comentar específicamente el trabajo de Gustavo Lagos, estimo necesario recordar que la minería es una de las fuentes de riqueza más importantes del país. Y seguirá siendo fundamental para alcanzar el desarrollo económico de Chile.

La importancia económica de este sector es, por tanto, un hecho. En consecuencia, la pregunta clave es, precisamente, cómo conseguir un equilibrio adeçuado entre el desarrollo de la minería y la necesaria preservación del medio ambiente. Es importante, sin embargo, tener muy claro que este equilibrio siempre va a significar un costo, ya sea para el desarrollo económico o para el medio ambiente. Nunca será gratuito. Pretender desarrollo económico con el nivel técnico disponible, sin contaminar, es imposible. Pretender preservación ambiental sin desarrollo, sería una total falta de responsabilidad, por decir lo menos.

El equilibrio a buscar, entonces, está constituido por el costo aceptable, tanto para el grupo humano que debe desarrollarse como para el medio ambiente en el cual vive.

Hecha esta breve introducción debo ser muy franco respecto del trabajo que comentamos. Me parece que el análisis confunde, quizás, una situación histórica con la realidad actual.

Mencionaré sólo algunos aspectos del trabajo, que me merecen comentarios:

a) En primer lugar, surge una idea central a lo largo del texto en relación al crecimiento vertiginoso de la minería en los últimos años y, por lo tanto, su explosivo impacto en la contaminación ambiental. Y esa idea implica que prácticamente no se ha hecho nada por enfrentar el problema por parte del sector.

El desarrollo del sector minero en los últimos años ha traído consigo un aumento en los volúmenes de material necesariamente descartable de dichas operaciones, fundamentalmente relaves y estériles. Pero, al mismo tiempo, dicho proceso ha sido acompañado por una creciente atención de las mismas empresas del sector para maneiar esos materiales con las últimas tecnologías existentes en cuanto al menor impacto ambiental. Y en ello se han gastado, y se siguen gastando, sumas enormes. Creo necesario no confundir la historia con el presente. Mucha gente piensa -por ejemplo- que los depósitos de relaves se construyen igual que con anterioridad a la década del 70. La tecnología actual que se usa en Chile es tan avanzada como la de los países más desarrollados. Lo mismo sucede con los sistemas de recirculación de aguas de las faenas mineras, con los controles de polvo, y con los estudios de impacto ambiental, que va son una práctica habitual en la minería de gran volumen. Ello lo pueden atestiguar los numerosos académicos de universidades chilenas que participan frecuentemente en este tipo de estudios.

the distriction do to present the American Designation of the state of

El significativo aumento de la actividad minera se ha producido en los últimos diez años, pero estaba ya programado para 1970, lo que no se logró en esa época, mientras que los fenómenos de contaminación del sector que se están estudiando se refieren a procesos acumulativos de muchos más años atrás. Hace 30 años nadie se preocupaba del tema ambiental en Chile. Ni el Estado, ni los sectores industriales, ni académicos, ni el público en general.

Hoy en día, en el sector minero, se están realizando grandes esfuerzos para preservar el equilibrio que mencionamos al comienzo. En la minería de gran volumen ya hay una conciencia clara del problema y una intención manifiesta de buscar las solu-

Abogado, Director de Asuntos Públicos y Control Ambiental de CODELCO.

ciones más apropiadas, lo cual se refleja en sus inversiones.

b) Un segundo aspecto que me merece un comentario especial, se refiere a la afirmación hecha por el autor en el sentido de que las empresas mineras gastan el mínimo posible en el problema ambiental, e incluso que las empresas extranjeras muestran una tendencia a aprovechar las bajas exigencias que la ley chilena establece, exigencias que son menores que las de los países desarrollados.

Tratándose de la minería de gran volumen, no estoy de acuerdo con esta afirmación. Tomemos como ejemplo el caso de CODELCO, la mayor empresa de cobre del país. Esta empresa ha gastado casi 900 millones de dólares en los últimos doce años, nada más que en proyectos directamente relacionados con el mejor manejo ambiental de sus operaciones. Tratándose de las empresas extranjeras, no conozco ninguna que esté realizando operaciones mineras de envergadura que no esté autosometida a estrictas medidas ambientales, producto de las políticas establecidas por sus propias casas matrices. Es cosa de ver, por ejemplo. los voluminosos estudios de impacto ambiental realizados por estas empresas en cada proyecto que están desarrollando. Dichos estudios son una rutina habitual en cualquiera de ellas, aunque ninguna ley chilena así lo exija.

En lo relacionado con las menores exigencias que la ley chilena establece en materia ambiental, puedo citar el caso de la Fundición Chagres, propiedad de La Disputada de Las Condes, que cuenta con una reglamentación específica que obliga a mantener promedios de concentración máximos de SO<sub>2</sub> horarios, diarios y anuales. Ello resulta ser más estricto que las normas norteamericanas en la materia y permitiría que esta fundición pudiera operar sin problema en todos los estados de los Estados Unidos, que aceptan la instalación de este tipo de industria.

De esto tienen plena conciencia los numerosos académicos de las universidades chilenas que participan o han participado en los estudios respectivos, ya sea a través de sus propias facultades o a través de empresas consultoras.

c) Sobre el problema de las emisiones de SO2, también quisiera referirme brevemente a los esfuerzos de inversión que se están realizando para aumentar sus captaciones mediante plantas de ácido sulfúrico va construidas o en construcción. De nuevo este es un tema en el que se está avanzando mucho v eso vale la pena tenerlo en cuenta. El autor habla de que las captaciones son sólo parciales. Creo que no se puede generalizar. Cualquier fundición con tecnología de horno reverbero sólo puede captar las emisiones de SO2 en los convertidores, no en el reverbero. Por ejemplo, en el caso de Chagres, cuando la nueva administración se hizo cargo de la empresa en 1978, la Fundición captaba sólo el 51% del SO2 en los convertidores. Hoy, mediante inversiones cercanas a los US\$ 10 millones. capta el 75%. Ese es su límite, el cual no es tan parcial. El resto, que no puede captarse, debe manejarse de manera que las concentraciones al nivel del suelo no superen las estrictas normas que se le aplican a nivel horario, diario y anual. Elevar esas captaciones significa cambiar de tecnología v realizar cuantiosas inversiones, las que habría que justificar.

Pero en ningún caso el problema se arregla con 250 millones de dólares a nivel nacional, como se expresa en el trabajo comentado. Sólo el Horno Flash de Chuquicamata y sus inversiones accesorias han costado esa suma, aproximadamente.

d) En lo que respecta a la contaminación de las aguas, y en especial de la Región Metropolitana, que se demuestran en el estudio de la Intendencia respectiva que se cita, no cabe duda que las aguas del Mapocho tienen contaminación de minerales. Pero tampoco cabe duda que ello se debe a un proceso de lixiviación natural del río San Francisco y del estero Yerba Loca, afluentes del Mapocho, y no a las operaciones de La Disputada. Nuevamente hay que distinguir entre la historia y la realidad actual, pues La Disputada deposita todos sus relaves en el Depósito Pérez Caldera Nº 2 y recircula todas las aguas del proceso. Para UNDURRAGA

información del autor, los fenoles a que alude su trabajo no se usan desde 1977.

El problema de la mala calidad de las aguas del Mapocho por esta lixiviación natural no es un problema nuevo. Ya se conocía en la Colonia, como consta en las actas del Cabildo de 15 de febrero de 1577 y de 26 de febrero de 1718. Ya en esa época se iba a buscar agua a la Quebrada de Ramón, para evitar la pésima calidad de las aguas del Mapocho. Y esto antes de que hubiera ninguna explotación minera.

Debe tenerse conciencia que una parte importante de la Cordillera de los Andes está constituida por un cordón de cobre porfírico, lo cual hace que ningún río, entre el río Lluta (Arica) y el Mataquito (Talca), sean capaces de cumplir con la norma de riego en cuanto a cobre. Si esa norma se aplicara estrictamente, se paralizaría toda la agricultura del Valle Central.

Este ejemplo demuestra claramente los riesgos de extrapolar normas ambientales extranjeras sin mayor análisis. Pese al no cumplimiento de la norma de riego, por razones naturales, no es necesario hacer mayores esfuerzos para demostrar que el sector agrícola se ha desarrollado en forma notable en los últimos diez años en Chile. Hay signos claros de que la naturaleza en Chile ha sido capaz de convivir y adaptarse a niveles mayores de cobre que en otras partes del mundo, producto de su riqueza mineral. De no ser así, la agricultura no habría crecido como lo ha hecho.

e) Un último comentario que creo necesario destacar sobre el trabajo de Gustavo Lagos, se refiere a la relación que él plantea entre un determinado sistema político y la mayor o menor posibilidad de soluciones ambientales.

No cabe duda que el sistema político imperante constituye una variable del problema, pero creo que no hay que sobredimensionarla. Me parece que las soluciones a los problemas ambientales están más relacionadas con el conocimiento científico de los problemas y con el manejo inteligente de sus soluciones, que con el esquema político en el cual se insertan. Las mayores posibilidades de participación ciudadana en

estos problemas pueden significar mayor presión, pero no necesariamente una mejor solución del tema ambiental. En todo caso, repito, se trata de evaluar la variable política en su justa dimensión, sobre todo para evitar frustraciones posteriores.

Quiero concentrar mis comentarios finales en plantear una visión más optimista que la que se observa en el trabajo de Gustavo Lagos. No cabe duda que la minería debe enfrentar permanentemente potenciales riesgos contaminantes y de ello están conscientes, primero que nadie, las mismas empresas. Pero si bien la minería de gran volumen presenta estos riesgos, también presenta la posibilidad de grandes soluciones, dados los recursos económicos involucrados. Creo que las mayores respuestas al problema ambiental hoy en día provienen del sector minero. No creo que hava ningún otro sector que esté destinando mayores recursos a la solución de problemas ambientales relacionados con sus operaciones. Que ha sido un proceso difícil, tedioso, complicado, no cabe duda. Pero el sector minero está enfrentando el problema, y vo diría, en forma auspiciosa. Cada día sus ejecutivos muestran mayor conciencia real sobre el tema, cada día se gasta más dinero en las investigaciones necesarias y cada día es más regular la práctica de realizar estudios de impacto ambiental. En este sentido, me parece que la respuesta del sector minero a las preocupaciones expresadas en el Segundo Encuentro Nacional del Medio Ambiente. en Talca, fue bastante clara y positiva. El seminario realizado posteriormente por CIPMA sobre dicho sector así lo confirma.

Al interior de una empresa minera, el manejo correcto del problema ambiental nunca resulta fácil. Hay demasiadas variables en juego y hay que conjugarlas. Es como el problema de la seguridad industrial. No bastan las políticas o los procedimientos internos. Son demasiadas las situaciones que ocurren diariamente en las operaciones. Hay que realizar una labor permanente de concientización del personal. No bastan sólo las inversiones. Hay que hacerlas bien y, sobre todo, operarlas bien. En este sentido podemos afirmar, nuevamente,

que las empresas mineras de gran volumen cada día destinan más gente y recursos para manejar este tema.

No quiero dejar la sensación de que todo está resultando un éxito. También existen los fracasos, como en cualquier actividad. Pero la tendencia positiva es clara y perceptible. Y es en este sentido que soy optimista. Finalmente, quisiera agregar que, para un empresario, procurar minimizar el impacto ambiental negativo de sus operaciones debe constituir una postura elemental. Si no visualiza que el desastre ecológico trae consigo necesariamente el desastre económico, está demostrando una concepción empresarial más bien limitada. Y si el negocio es de largo plazo, como la minería, con mayor razón.