

Morales Anaya, Juan Antonio; Evia V., José Luis

Working Paper

Minería y medio ambiente en Bolivia

Documento de Trabajo, No. 04/95

Provided in Cooperation with:

Instituto de Investigaciones Socio-Económicas (IISEC), Universidad Católica Boliviana

Suggested Citation: Morales Anaya, Juan Antonio; Evia V., José Luis (1995) : Minería y medio ambiente en Bolivia, Documento de Trabajo, No. 04/95, Universidad Católica Boliviana, Instituto de Investigaciones Socio-Económicas (IISEC), La Paz

This Version is available at:

<http://hdl.handle.net/10419/72911>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



Instituto de Investigaciones Socio Económicas

Documento de Trabajo No. 04/95
Agosto 1995

Minería y Medio Ambiente en Bolivia

por
Juan Antonio Morales
& José Luis Evia V.

Minería y Medio Ambiente en Bolivia*

por:
Juan Antonio Morales
& José Luis Evia

Introducción

La actividad minera y metalúrgica causa considerables cambios en el medio ambiente: degradación de la tierra, desbosque y contaminación de aguas y aire. La magnitud de la degradación ambiental depende de la tecnología usada y de las prácticas de gestión ambiental, como subraya Warhurst (1994). Hay tecnología y prácticas que son más degradadoras que otras.

De manera más general, la actividad minera al ocuparse de extraer materiales depositados por la naturaleza durante millones de años, que se encuentran bajo sistemas de equilibrio ecológico, rompe este equilibrio desencadenando una serie de efectos que dañan el medio ambiente, en diversos grados.

Este trabajo tiene por objeto establecer un inventario de los problemas ambientales de la minería boliviana, insistiendo tanto en la degradación acumulada, como en los flujos de nueva contaminación. Como complemento se analizan los alcances de las regulaciones ambientales en vigencia y se proponen alternativas de regulación, utilizando por lo esencial mecanismos de mercado.

* Esta investigación ha contado con el apoyo financiero del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) de Ottawa, Canadá, mediante la donación 93-0408-03. Hace parte del proyecto "Crecimiento, Medio Ambiente, y Política Fiscal en el Sector Minero." Los autores agradecen la valiosa ayuda de Jaime Peñaranda en los aspectos minero-metalúrgicos.

1. Los Problemas Medio-Ambientales de la Minería Boliviana

a. La Naturaleza de la Explotación Minera Boliviana

Los depósitos minerales de explotación tradicional en Bolivia corresponden generalmente al tipo de yacimientos hidrotermales, presentando vetas estrechas, discontinuas o recortadas. La mayor parte de estos yacimientos se encuentran en la cordillera Oriental, o en el altiplano. Más recientemente, en esta zona se ha comenzado también la explotación de depósitos masivos que contienen oro y plata diseminados en minerales asociados a rocas de origen plutónico. Dado el gran potencial minero de esta zona, es también aquí donde se espera que se sigan concentrando las actividades mineras más importantes en el futuro. Sin embargo, también en la formación del pre-cámbrico del escudo brasileño que se interna a Bolivia en los llanos orientales, puede desarrollarse en el futuro una importante actividad minera moderna (ver gráfico 1).

Fuera de las áreas de explotación minera tradicional existen explotaciones de oro aluvional en la cuenca amazónica y en las cordilleras del norte de La Paz. Estas áreas de explotación minera coinciden con áreas "sensibles" desde el punto de vista ecológico, y presentan varios problemas, los mismos que serán discutidos más adelante.

Las áreas de explotación tradicional no se consideran muy sensibles ecológicamente, pues son mayormente zonas áridas y montañosas, donde no han surgido problemas por el uso alternativo del suelo en actividades agrícolas o forestales. Los problemas provienen más bien por el uso del agua. El altiplano aún cuando ocupa el 13% de la superficie del país, sólo posee el 0.5% de los recursos hídricos.¹ Los procesos mineros generan contaminación tanto de las aguas superficiales como de las napas freáticas. El uso alternativo de estas aguas está en la irrigación de campos de cultivo, aguas abajo, y para el consumo humano, especialmente de las poblaciones cercanas.

Los yacimientos explotados tradicionalmente en Bolivia son generalmente depósitos polimetálicos, que contienen relativamente elevadas cantidades de sulfuro de hierro (pirita o pirrotina). La pirita al descomponerse facilita la generación de aguas ácidas, las que lixivian los metales del mineral (plomo, cobre, arsénico, cadmio, plata, etc.). Estas aguas, de bajo ph, y enriquecidas con metales pesados, son llevadas a la superficie por bombeo o flujo natural,

¹ Secretaría Nacional de Medio Ambiente, Ministerio de Minería y Metalurgia, Sistemas Ambientales de Suecia (1993).

constituyendo los efluentes de las operaciones mineras, los que causan una amplia contaminación de suelos y aguas. Generalmente estas aguas son descargadas directamente a los ríos cercanos, sin ser tratadas convenientemente.

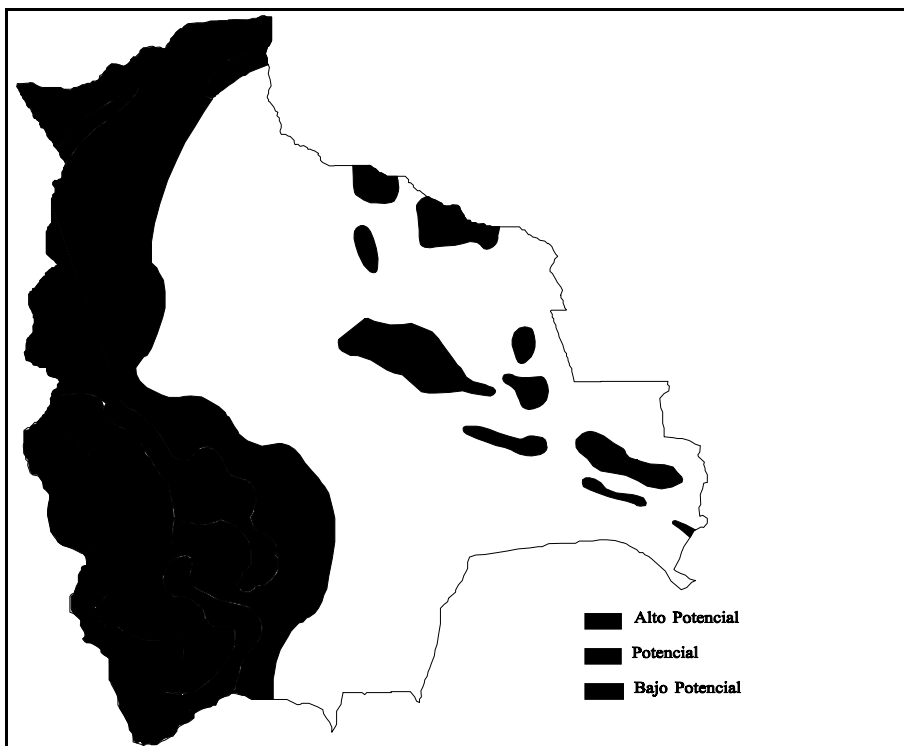


Gráfico 1. Potencial Minero de Bolivia.
Fuente: Sistemas Ambientales de Suecia (1993).

El cuadro 1 muestra los resultados del análisis del agua de mina llevado a cabo por la misión sueca de 1993.² Este cuadro incluye también los parámetros máximos para el contenido de algunos elementos en aguas de inferior calidad que aparece en el proyecto de reglamentación del medio ambiente, al que nos referiremos más adelante.³ El cuadro 1 es muy revelador. Las aguas de mina examinadas muestran niveles de contaminación mucho más altos

² Secretaría Nacional de Medio Ambiente, Ministerio de Minería y Metalurgia, Sistemas Ambientales de Suecia (1993).

³ El proyecto de reglamento establece que se debe calcular el valor de la mezcla del agua que resultaría de una descarga al río, según la siguiente fórmula: $P_{xf} = (P_{xi} Q_i + P_{xr} Q_r) / (Q_i + Q_r)$, donde P_{xf} es el parámetro de la mezcla, P_{xi} es el parámetro de la descarga, Q_i es el caudal de la descarga, P_{xr} es el parámetro del río, Q_r es el caudal del río. El parámetro de la descarga debe ser menor que el establecido para la clase de río que corresponda, lo que se cumple sólo si las descargas tienen parámetros menores a los del río.

que los parámetros fijados en el proyecto de reglamentación de la ley del Medio Ambiente (última columna del cuadro 1).

Cuadro 1: Parámetros en Agua de Minas (mg/l)

	Siglo XX	Bolívar	Unificada	H. Huari	Colquiri	Japo	Matilde	Reglamento Clase "D"
PH	2.8	2.9	2.3	2.9	2.6	3	7.8	6-9
Sólidos	452	210	3.529	99	729	0	172	
Suspens.	5.931	1.987	44.690	4.660	21.190	2.493	720	1.500
Sólidos disuel.	0.05	0.02	0.03	0.01	0.02	0	0	0.05
	0	0.04	0.35	0.05	0	1.03	0	0.1
Ag	9	1.1	14	1.06	5.5	10.4	0.02	0.005
Ad	0.04	0	0.2	0.04	0.06	0.02	0	0.05
Cd	5.5	0.14	252	0.03	5.75	8.38	0	1
Cr	600	129	5.294	2.020	1.882	458	1.2	1
Cu	0	0	0	0	0	0.001	0	0.001
Fe	15.8	4.33	24.8	22.6	361	2.85	14.5	1
Hg	1.25	0.08	1.3	0.4	2.06	0.28	0.09	0.5
Mn	0.1	0.28	0.18	0.1	0.23	0.1	0	0.1
Ni	0.1	0.26	0.85	0	0.15	0.12	0.55	0.01
Pb	224	356	2.942	461	1.330	30	24	5
Sb	3.311	-	7.504	2.629	7.992	1.486	400	400
Zn								
SO4								

Fuente : Secretaría Nacional de Medio Ambiente, Ministerio de Minería y Metalurgia.
Sistemas Ambientales de Suecia (1993)

El agua de lluvia mediante la oxidación de sulfuros puede también formar aguas ácidas que lixivian los metales pesados en las colas y desmontes. Si las colas y desmontes se depositaran en diques adecuadamente mantenidos, estas aguas no fluirían directamente a la naturaleza. Lamentablemente, según la estimación de la misión sueca, de la producción actual de residuos sólidos (que llegaría a 5 millones de toneladas), solo la mitad es descargada en diques de adecuada construcción y manejo ambiental.

Hay además una gran cantidad de depósitos de colas y desmontes, sin ningún control, provenientes de explotaciones mineras del pasado. Se estima que la cantidad de este tipo de colas que pertenecen a Comibol es de 86 millones de toneladas, y que la cantidad total de estos residuos en el país estaría entre los 130 y 160 millones de toneladas. Estos desechos mineros, además de potenciales generadores de aguas ácidas, deterioran el paisaje y afectan su uso recreacional cuando la explotación minera está cerca de ciudades relativamente grandes, como en el caso de Oruro, Potosí y Tupiza. Una medida que podría tener un importante impacto sobre la contaminación que producen estas colas, es su eventual reprocesamiento.

Los procedimientos de concentración producen tanto daño ambiental como la actividad extractiva. Al desplazarse la minería del estaño hacia los complejos plomo/zinc/plata, se han cambiado también los métodos de concentración. Los métodos de concentración gravimétrica, tradicionales en la minería del estaño, han sido reemplazados por sistemas que emplean reactivos químicos (xantatos y cianuro). Muchas plantas de beneficiación han incorporado en sus procesos los métodos de flotación y lixiviación. El sistema de flotación utiliza, entre otros, cianuro de sodio, sulfato de cobre, sulfato de zinc, xantatos, y espumantes. En la lixiviación se utiliza cianuro. Si el proceso de concentración es eficiente, con reciclaje de reactivos, la cantidad de estos últimos en los efluentes no debería ser grande.

En el sistema de flotación el pH en la parte final del proceso es elevado (10-12), lo que limita la solubilidad de los metales pesados, por lo que estos quedan en los residuos sólidos, o en los lodos, que son descargados directamente en los ríos si no existen diques de colas. En algunas operaciones se agrega cal a los efluentes del proceso para neutralizar los ácidos y precipitar los metales pesados, posteriormente el agua se descarga en la naturaleza, o se recicla. Según la estimación de la misión sueca, la falta de diques adecuados ocasiona que entre el 30-50% de las aguas residuales sean descargadas directamente en la naturaleza.⁴ El único proceso de beneficiación por medio de flotación en Bolivia que cuenta con equipos para el tratamiento de los efluentes es el de la mina Bolívar, y aún así solo en forma experimental.

El principal peligro de la explotación minera para el medio ambiente en áreas tradicionales proviene pues, de la contaminación de los ríos y de las napas freáticas por las aguas ácidas de minas y las que pueden formarse en las colas y desmontes, y por otros contaminantes químicos provenientes de la concentración de minerales y de la metalurgia. La contaminación de los ríos y de las napas freáticas no solamente afecta de manera directa a la calidad de la vida humana, sino también de manera indirecta por sus consecuencias sobre la fauna y la flora circundante.

La minería del oro genera problemas ambientales especiales. Gran parte de la producción de oro en Bolivia proviene de las explotaciones aluviales que realizan las cooperativas en la región norte de la Cordillera del Norte de La Paz, como Tipuani en el departamento de La Paz, y en la zona del noreste del país (Pando y Beni).

⁴ Secretaría Nacional de Medio Ambiente, Ministerio de Minería y Metalurgia, Sistemas Ambientales de Suecia (1993).

La explotación aluvial requiere generalmente el movimiento de grandes cantidades de tierra. Se calcula que en la explotación de oro en el depósito Olaya Tipuani se removieron 6 millones de m³ de tierra, mientras que en la explotación en el noreste del país se habrían removido en las operaciones de dragado, entre 100 y 200 millones de m³.⁵ La minería cooperativista del oro también daña el medio ambiente al concentrar el mineral. El método más común de beneficiación del oro utiliza el mercurio para la amalgamación de concentrados. Este proceso, debido a que no es manejado de manera adecuada, libera el mercurio a los ríos y la atmósfera. Aún cuando no se conoce con exactitud la contaminación producida por el mercurio, se calcula que entre 100 y 500 toneladas de mercurio habrían sido echadas a la naturaleza desde principios de la década de los setenta.⁶

b. La Minería Estatal

Comibol fue la empresa más importante en el sector minero desde la nacionalización de las minas hasta la segunda mitad de la década pasada. De acuerdo a la nueva política económica iniciada a fines de 1985, la expansión de la actividad minera en los yacimientos de Comibol debe provenir de la asociación con el capital privado, debiendo esta empresa estatal también traspasar la administración de todas sus operaciones a manos privadas.

Actualmente hay solamente tres minas en operación bajo la administración de Comibol: Huanuni, Colquiri y Caracoles. Las demás operaciones han sido traspasadas al sector privado y a las cooperativas, o se encuentran paralizadas.

De manera general, COMIBOL no ha prestado mayor atención al impacto sobre el medio ambiente que producía con sus operaciones mineras, sino hasta muy recientemente. Cuando lo hacía era sólo en forma experimental.⁷ Con todo, por razones técnicas provenientes de la escala de sus operaciones, COMIBOL llegó a introducir en varias de sus explotaciones sistemas de tratamiento y recirculación de aguas para su uso en la mina y el ingenio.

⁵ Secretaría Nacional de Medio Ambiente, Ministerio de Minería y Metalurgia, Sistemas Ambientales de Suecia (1993).

⁶ Secretaría Nacional de Medio Ambiente, Ministerio de Minería y Metalurgia, Sistemas Ambientales de Suecia (1993).

⁷ Comibol sólo ha realizado proyectos de control de contaminación a nivel experimental, y gracias a la cooperación internacional. Ver Salinas (1993).

Huanuni

Huanuni es un centro minero localizado en el Departamento de Oruro, explotado desde 1952 por COMIBOL. La producción de este centro minero fue interrumpida en 1986, pero ha sido reanudada desde 1988.

Huanuni es un depósito de estaño de tipo vetífero, que produce menas que luego son concentradas en la planta de beneficiación adyacente "Santa Elena". Esta planta tiene una capacidad instalada de 1000 toneladas por día. El proceso de concentración estaño se realiza inicialmente a través de la trituración, y la criba, que selecciona el mineral grueso. Posteriormente el mineral pasa a las mesas vibradoras, que separan el mineral de tamaño mediano. Para la recuperación del mineral más fino se utiliza el proceso de flotación. El mineral concentrado es luego fundido en Vinto.

Colquiri

El centro minero de Colquiri, es un depósito polimetálico de estaño y zinc. Este centro ha estado en producción desde 1940, primero explotando sobre todo estaño, y posteriormente zinc. El mineral de Colquiri se procesa en la planta de concentración "Hornuni", modernizada en 1987, y que posee una capacidad de 1000 toneladas por día. Esta planta utiliza procesos de flotación para la obtención de concentrados de zinc y estaño. El estaño es luego tratado en Vinto, mientras que los concentrados de zinc se exportan a fundiciones en el exterior, a través del puerto de Arica.

Caracoles

El yacimiento de Caracoles se encuentra ubicado en el departamento de la Paz. Actualmente produce solamente estaño, aún cuando en el pasado fue también un importante productor de wolfram. Este yacimiento perteneció a la Aramayo Mines de Bolivia hasta 1952, cuando pasó a propiedad de COMIBOL debido a la nacionalización de las minas.

El mineral extraído de este yacimiento es enviado por medio de camiones y un andarivel al ingenio "Molinos", distante 18 kilómetros de Caracoles. En el ingenio el mineral

es triturado, y luego clasificado en vibradoras. El mineral más grueso vuelve al proceso de trituración, mientras que el mineral más fino es concentrado en jigs produciendo ya un concentrado fino. Las colas de los Jigs van a la molienda y luego son tratadas en mesas concentradoras. Los preconcentrados de estas mesas, son sometidos a un proceso de flotación de sulfuros. El "non float" es relimpiado en mesas concentradoras dando como producto el concentrado de mesas. El concentrado de las mesas y jigs es luego secado y almacenado.

c. La Minería Mediana

El desarrollo minero de Bolivia dependerá de manera esencial de la minería privada organizada empresarialmente. Las empresas mineras privadas de mayor significación por el momento están todavía clasificadas como medianas. La minería privada, particularmente la que cuenta con la participación de capital transnacional, tiene un comportamiento generalmente respetuoso del medio ambiente.

Los ejemplos más notables son la explotaciones mineras de Inti Raymi y de COMSUR. Inti Raymi, cuyo capital accionario pertenece mayoritariamente a la empresa americana Battle Mountain, posee una evaluación detallada de su impacto ambiental, y en su diseño de planta cumple tanto con las normas requeridas por el Banco Mundial como con las aplicadas por la empresa transnacional en sus operaciones en otros países. Por su parte, COMSUR, que está asociada a la empresa transnacional Río Tinto Zinc (RTZ), aplica las políticas de protección y conservación que tiene su socio en todos los países en donde trabaja.

La explotación corriente del cerro Koricollo de la empresa Inti Raymi, bajo condiciones atmosféricas normales, no presenta peligro de daño ambiental. Sin embargo, si la pluviosidad estuviera por encima de los márgenes de seguridad, lo que puede suceder por la naturaleza de los riesgos climatológicos, existiría el peligro de que las aguas de los desechos acumulados en los diques y que contienen cianuro se filtraran en grandes volúmenes causando daños ambientales que pueden ser de gran consideración. La acumulación de desechos de gran toxicidad en diques no deja de plantear peligros, aún si la probabilidad de que ellos ocurran es muy pequeña. Como atenuante se habrá de mencionar que el cianuro de los diques puede degradarse por acción de los rayos ultravioletas.

d. La Pequeña Minería y las Cooperativas

Según la federación de cooperativas mineras (FENCOMIN), existen 139 cooperativas dedicadas a la explotación de minerales tradicionales. Estas cooperativas trabajan por lo general en los antiguos centros de explotación de COMIBOL o en yacimientos adyacentes a ellos. El mineral que producen puede ser vendido a COMIBOL, a empresas de la minería mediana o a comercializadoras nacionales. Puede ser también tratado por concentración, antes de su venta, en ingenios primitivos, donde se trata de imitar los métodos utilizados en la gran industria minera, incluyendo la utilización de reactivos químicos.

En las minas donde COMIBOL ha sido reemplazada por cooperativas, que poseen tecnologías de extracción más rudimentarias, en muchos casos se han destruido los sistemas de recirculación de aguas. Esto ha llevado a que se descarguen las aguas utilizadas en el ingenio y la mina directamente a los ríos.

Se encuentran dedicadas a la explotación de oro un total de 330 cooperativas. La explotación se realiza en yacimientos aluviales, en las terrazas y en los cauces antiguos. Los depósitos que actualmente se explotan están en todos los afluentes del río Beni (Tipuani, Consata, Camata, Zongo, Mapiri, Challana) en el departamento de La Paz. En el noreste existe una gran explotación en los ríos Mamoré y Madera.

La explotación del oro es generalmente artesanal, son pocas las cooperativas que poseen un sistema mecanizado. La primera etapa de beneficiación es gravimétrica, que recupera el oro más grueso. El oro más fino es recuperado mediante el proceso de amalgamación, con el uso del mercurio. Este reactivo es rara vez reciclado, siendo más bien echado a la naturaleza.

El cuadro 2 proporciona una idea de las tecnologías en uso en las cooperativas. El escaso o ningún capital con el que operan impone restricciones para introducir medidas que protejan el medio ambiente. Siendo estas cooperativas empresas marginales, la introducción de medidas ambientales haría que ellas salgan del mercado, "cambiando un costo social (polución ambiental) por otro (desempleo y pobreza)" (Warhurst, 1992).

No obstante, la no introducción de medidas ambientales a sectores marginales por razones de empleo (u otros motivos), no es una solución eficiente. No existiendo medidas de protección ambiental en un sector (minero o cooperativista) hay un subsidio a este sector, que

es además oculto. Un aspecto importante a subrayar es que el costo de este subsidio para la sociedad es mayor que el subsidio que recibe el sector, una manifestación de ineficiencia (ver el punto 3 e más abajo).

Cuadro 2: Grado de Mecanización en las Cooperativas Mineras

Grado de Mecanización	Tradicional	Aurífero	Total	Porcentaje
Mecanizado	15	59	74	14.0
Semimecanizado	68	77	145	27.5
Manual	84	23	307	58.5
Total	168	359	526	100.0

Fuente: Fencomin (1994)
Memorias Estadísticas del Sector Minero Cooperativo

e. Las Fundiciones

Existen cinco fundiciones estatales, de las cuales solo opera una, la de Vinto. Las demás fundiciones se encuentran actualmente inactivas.⁸ Además de las fundiciones estatales, existen una serie de fundiciones privadas que son más bien de pequeña escala. Entre estas se encuentra la fundición Perú, las fundiciones Hormet y Bustos que producen metal de plomo y trióxido de arsénico, y la fundición de antimonio Bernal Hnos.

Cuadro 3

Contenido de Compuestos Químicos en Aguas Residuales de Vinto El Flujo es de 26 m³ /h	
Fe (ppm)	18.36
Pb (ppm)	0.86
SO ₄ (ppm)	569.40
Sólidos disueltos (ppm)	1.080.00
Dureza (dHo)	22.07
PH	2.40

⁸ Las otras cuatro son: Karachipampa, una fundición de plomo, plata y zinc que no entró nunca en operación; la planta de volatilización de estaño que trabajó entre 1982 y 1984; la fundición de bismuto de Telamayu, que operó entre 1972 y 1980; y la empresa metalúrgica de Oruro, que realizaba volatilización de estaño de baja ley.

La fundición de Vinto, ubicada a 7,5 Kms. al este de Oruro, funciona desde 1971. En esta fundición se tratan concentrados de estaño (de baja y alta ley), y de antimonio.

El proceso de fundición de estaño consta de las siguientes etapas: a) Tostación, donde se elimina el arsénico y el sulfuro del mineral mediante la utilización de hornos. b) Reducción, donde se reduce el óxido de estaño a estaño metálico, añadiendo agentes reductores y químicos. El resultado del proceso de reducción es estaño metálico (con un contenido del 95% de estaño), residuos que contienen todavía entre 10-12% de estaño, y polvo con un contenido de 60% de estaño. c) El polvo es recuperado y devuelto al proceso de producción luego de ser peletizado. El estaño metálico es tratado en el proceso de refinamiento. El residuo rico en estaño es volatilizado. d) Volatilización, el estaño volatilizado es oxidizado como óxido de estaño con 70% de estaño, luego es peletizado y devuelto al proceso de reducción, el residuo final contiene 0,3% de estaño. e) Refinamiento térmico y electrolítico, en esta etapa el estaño metálico obtenido en la etapa de reducción es refinado, donde se eliminan impurezas de otros metales (hierro, cobre, plomo, arsénico), obteniéndose un mineral con un contenido mínimo de 99,95% de estaño.⁹

En 1976 entró en funcionamiento en Vinto una fundición de antimonio, con capacidad para procesar 9.277 toneladas métricas de concentrados. Esta planta se cerró en 1985 por las pérdidas económicas que producía, pero gracias a un acuerdo de riesgo compartido con la compañía norteamericana Laurel Industries Inc., fue reabierta en 1990. Este acuerdo prevé mejoras en el proceso de fundición de antimonio. En esta fundición los concentrados de antimonio, luego de mezclarse con reactivos, se volatilizan en hornos para producir trióxido de antimonio con un promedio de 75% de antimonio. Luego de la peletización, el trióxido es reducido a antimonio en pequeños hornos, que posteriormente es refinado, obteniéndose antimonio metálico en dos calidades.

La fundición de Vinto afecta el medio ambiente por sus emisiones de gases y aguas residuales. Los contaminantes en las emisiones de aguas residuales se detallan en el cuadro 3. Los cuadros 4 al 6 muestran la emisión de gases, medidos a 20 m. de altura en las chimeneas, según un informe de la empresa.¹⁰

⁹ Ultimamente se ha usado un nuevo proceso de refinación por cristalización, que ha incrementado el estaño producido. También, a partir de 1990 se ha iniciado la recuperación de otros metales como sub-productos (bismuto, plata, y plomo).

¹⁰ Corporación Minera de Bolivia, Empresa Metalúrgica Vinto, s.f.

Cuadro 4: Contaminación de la Planta Metalúrgica Vinto

Planta de Fundición de Antimonio Chimenea Principal

Humos	
Velocidad Promedio (m/s)	18,9
Flujo Promedio (Nm ³ /h)	5305
Contenido de Polvo Promedio (Kg/h)	3,4
Composición Química Promedio	
SO ₂	0,61%
CO ₂	1,00%
O ₂	16,82%
CO	1,04%
H ₂ O	2,15%
N ₂	77,48%
Polvo	
Composición Química Promedio	
Sn	
S	0,02%
As	0,16%
Pb	80,47%
	0,32%

Fuente: Comibol
Empresa Metalúrgica Vinto

La fundición de Vinto, gracias a la ayuda internacional, está instalando dispositivos con los que podrá controlar sus emisiones de trióxido de arsénico y de polvo. El programa de mejoramiento incluye la construcción de una planta que producirá arsénico (As₂O₃) que será comercializado. Además está proyectada la ampliación y mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales, mediante lagunas de neutralización y precipitación de metales pesados. También se prevé un nuevo sistema de ventilación.

Cuadro 5: Contaminación Planta Metalúrgica Vinto**Planta de Fundición de Estaño de Alta Ley****a) Chimenea Principal**

Humos	
Velocidad Promedio (m/s)	5,5
Flujo Promedio (Nm ³ /h)	94734
Contenido de Polvo Promedio (Kg/h)	54
Composición Química Promedio	
SO ₂	1,10%
CO ₂	2,32%
O ₂	15,11%
CO	2,76%
N ₂	76,39%
Polvo	
Composición Química Promedio	
Sn	35,60%
S	6,20%
As	1,21%
Sb	0,81%
Pb	0,19%

b) Chimenea Secundaria

Humos	14,7
Velocidad Promedio (m/s)	115082
Flujo Promedio (Nm ³ /h)	48,7
Contenido de Polvo Promedio (Kg/h)	
Composición Química Promedio	3,11%
SO ₂	3,30%
CO ₂	14,62%
O ₂	2,51%
CO	1,34%
H ₂ O	77,48%
N ₂	
Polvo	
Composición Química Promedio	
Sn	18,49%
S	3,14%
As	3,20%
Pb	0,92%

Fuente: Comibol. Empresa Metalúrgica Vinto

Cuadro 6

Contaminación de la Planta Metalúrgica Vinto
Planta de Fundición de Estaño de Baja Ley
Chimenea Principal

Humos	5,4
Velocidad Promedio (m/s)	112251
Flujo Promedio (Nm ³ /h)	48,9
Contenido de Polvo Promedio (Kg/h)	
Composición Química Promedio	
SO ₂	0,0057
CO ₂	0,0172
O ₂	0,1582
CO	0,0305
H ₂ O	0,017
N ₂	0,7714
Polvo	
Composición Química Promedio	
Sn	0,356
S	0,065
As	0,0205

Fuente: COMIBOL . Empresa Metalúrgica Vinto

2. La Legislación Medio-Ambiental para el Sector Minero

Dos son los instrumentos que regulan la contaminación causada por la minería: (1) la Ley de Actualización del Código de Minería de 1991; y (2) la Ley del Medio Ambiente de 1992. Este segundo instrumento legal es más incluyente y consiste de un conjunto coherente de medidas para la protección del medio ambiente.

La ley de Actualización del Código de Minería retoma algunos artículos relativos al medio ambiente, que ya estaban presentes en el Código de 1968. El principio general es el de que los concesionarios mineros que usen las aguas que discurren por sus pertenencias tienen la obligación de restituir las a su cauce, con la misma calidad que tenían antes de ser utilizadas.¹¹ Se fija también la obligatoriedad de que los concesionarios ejecuten sus labores de acuerdo con métodos y técnicas que eviten todo daño al propietario del suelo, a los concesionarios colindantes, y al ecosistema de la región. Se pueden interpretar estas disposiciones como la voluntad del legislador de proteger de las externalidades negativas a los productores, ya sea agrícolas que utilizan el suelo cuyo subsuelo está siendo utilizado por la minería, o por productores mineros o agrícolas en territorios colindantes. La protección al ecosistema es un añadido relativamente reciente, muy poco aplicado. De manera general los derechos de los consumidores víctimas de la recepción de contaminantes están poco protegidos.

La Ley del Medio Ambiente de 1992 establece, por una parte, una autoridad ambiental y, por otra, los principios generales que norman la calidad ambiental. La autoridad competente en materia ambiental es, a nivel nacional el Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, y a nivel departamental las Secretarías Departamentales de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Se encomienda además a las municipalidades velar por el cumplimiento de la política ambiental dentro de su jurisdicción.

El Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente es también la entidad que debe formular las normas de calidad ambiental, las normas sobre descargas de efluentes en los cuerpos de agua y emisiones a la atmósfera, las normas sobre tecnología ambiental, y las normas ambientales de y para productos.

¹¹ Posteriormente, sin embargo, la reglamentación de esta ley estableció la obligación de restituir las aguas a su cauce después de efectuados los tratamientos de depuración apropiadas, procurando en cuanto fuese posible y económicamente factible, que puedan ser re-utilizables en los fines o usos que tenían antes del empleo en esas operaciones.

En relación a la minería, la Ley del Medio Ambiente establece que las operaciones extractivas mineras deben desarrollarse considerando el aprovechamiento integral de las materias primas, el tratamiento de los desechos, y la disposición segura de colas, relaves y desmontes. Durante y una vez concluida su actividad, deberán contemplar la recuperación de las áreas aprovechadas con el fin de reducir y controlar la erosión, estabilizar los terrenos, y proteger las aguas, corrientes y termaleas.

En cumplimiento de sus atribuciones el Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, en marzo de 1995, ha remitido al poder ejecutivo el proyecto de reglamentación del ley de Medio Ambiente. Esta consiste en cinco reglamentos: Gestión Ambiental, Prevención y Control Ambiental, Contaminación Atmosférica, Contaminación Hídrica, y el reglamento de Actividades con Sustancias Peligrosas.

Los reglamentos de Gestión Ambiental y de Prevención y Control Ambiental establecen diversos procedimientos e instrumentos para velar por la calidad ambiental, algunos de los cuales se han estado ejecutando desde la aprobación de la ley de medio ambiente. Este es el caso del procedimiento que deben seguir todos los proyectos productivos, previa a su ejecución. Estos deben presentar a la autoridad ambiental la "ficha ambiental", donde se describe el proyecto y los posibles impactos de este sobre el medio ambiente (ver gráfico 2). De acuerdo a la ficha ambiental, la autoridad ambiental correspondiente debe categorizar el nivel de Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) que se requiere.

Esta clasificación posee cuatro categorías, de acuerdo al posible impacto ambiental de la actividad. Cada categoría establece el tipo de estudio ambiental que debe realizarse para el proyecto. Estos estudios van desde un análisis detallado y la evaluación de todos los factores del sistema ambiental (categoría 1), hasta la dispensación del Estudio de Evaluación Ambiental (categoría 4).

En caso de que se requiera un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, este debe ser aprobado por la Autoridad Ambiental, la que emite la Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA). Si el proyecto no es ambientalmente viable la autoridad puede rechazar el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental. En la Declaratoria de Impacto Ambiental se incluyen los estudios, recomendaciones técnicas, programa de prevención y mitigación, plan de aplicación y seguimiento ambiental, normas y límites dentro de los cuales deben desarrollarse los mismos. Este documento constituye la referencia técnico-legal para la calificación de los procedimientos

de control de calidad ambiental. Es de hacer notar que los Estudios de Impacto Ambiental son costosos y que típicamente pueden demorar la apertura de una mina en alrededor de dos años, según la experiencia internacional.

Para los proyectos que se encuentren en ejecución cuando se apruebe el reglamento, se prevé el Manifiesto Ambiental, que debe ser presentado dentro de los 260 días hábiles a partir de la aprobación de los reglamentos. Este Manifiesto describe el proyecto, refleja su situación ambiental, y plantea un Plan de Adecuación Ambiental del proyecto, obra o actividades.

Una vez hecha la revisión y si el organismo sectorial, o el gobierno municipal, aprueba el manifiesto ambiental, emitirá la Licencia Ambiental. Este documento avala el cumplimiento de todos los requisitos previstos en la ley y su reglamentación. Todas las actividades deben contar con la licencia ambiental. La otorgación de la misma será automática cuando se obtenga el Certificado de Dispensación, o la Declaratoria de Impacto Ambiental.

Cuando no se cumpla con la presentación del Manifiesto Ambiental, no se cuente con la Licencia Ambiental, o existan efectos sobre el medio ambiente no previstos, se prevé la ejecución de una Auditoría Ambiental. Esta debe revisar el proyecto, e identificar los impactos ambientales, verificando el grado de cumplimiento de los requerimientos legales, políticas internas o prácticas aceptadas. Si existiesen deficiencias, la autoridad ambiental establecerá con la empresa un plan de trabajo para las acciones correctivas o preventivas.

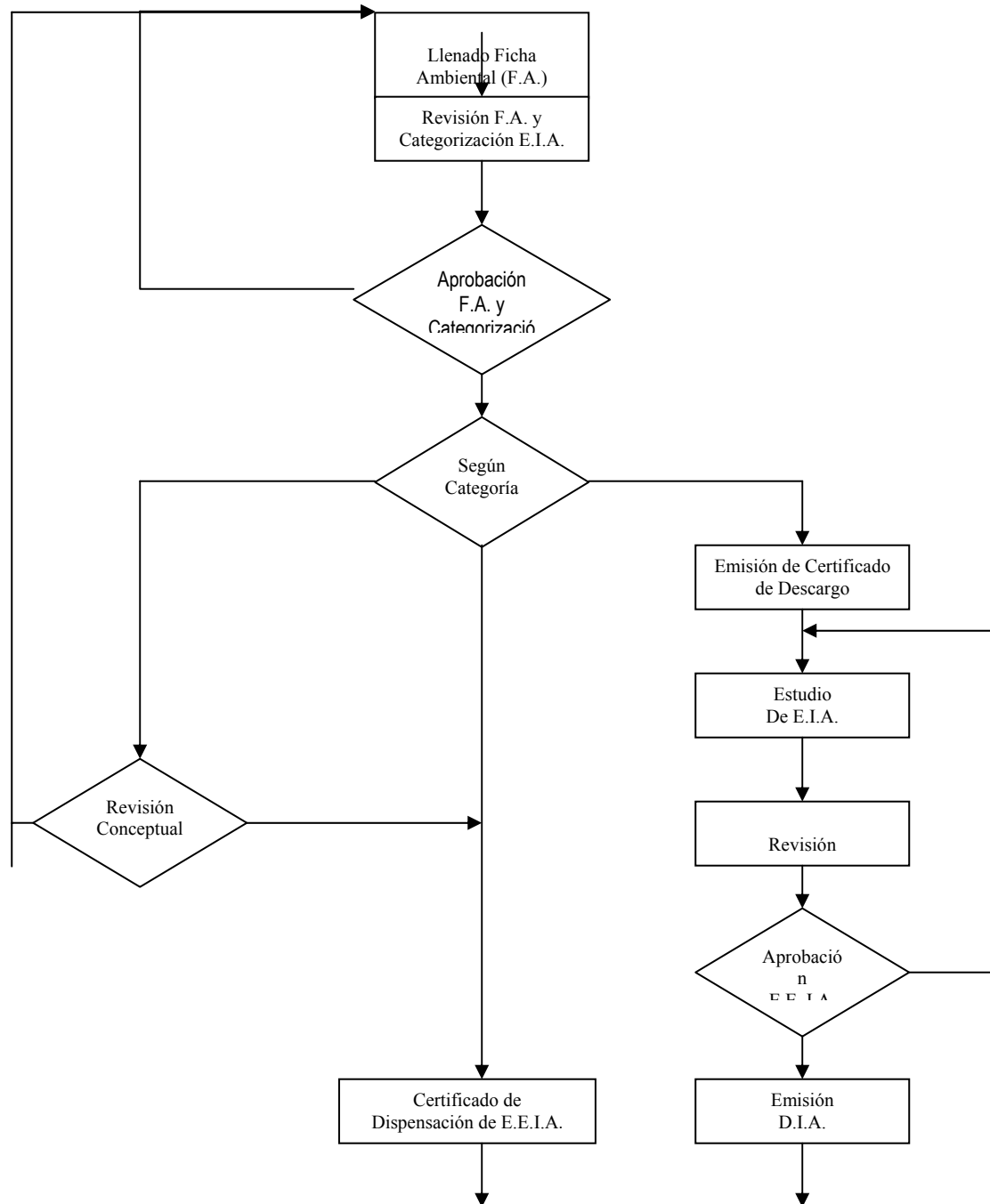
Las contravenciones a la ley del Medio Ambiente, su reglamento, normas técnicas y estándares vigentes se consideran infracciones administrativas. Las sanciones administrativas de acuerdo al grado de la infracción son: apercibimiento, suspensión temporal de la licencia ambiental, suspensión definitiva, e inhabilitación para el ejercicio futuro de las actividades. En los dos últimos casos se contempla además una multa que va desde un mínimo de 6 días de multa hasta 250 días de multa (un día de multa es igual a un salario mínimo).

El reglamento de contaminación hídrica establece la clasificación de los cuerpos de agua del país en distintas categorías, que van desde la clase A (de máxima calidad, aptas para el consumo humano sin ningún tratamiento) hasta la clase D (aguas de mínima calidad, que para consumo humano requerirían un proceso de sedimentación, luego tratamiento físico químico completo y desinfección bacteriológica especial contra huevos y parásitos intestinales).

La clasificación de los distintos cuerpos de agua en las anteriores categorías deberá ser propuesta por las Secretarías Departamentales de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente a la Subsecretaría de Medio Ambiente. De acuerdo a esta clasificación se establecen los límites

máximos de parámetros permitidos en cuerpos de aguas superficiales que se puedan utilizar como cuerpos receptores.

Gráfico 2: PROCEDIMIENTO TÉCNICO – ADMINISTRATIVO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL



Fuente: Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Subsecretaría de Calidad Ambiental

Cualquier actividad que genere aguas residuales deberá obtener el permiso de descarga de la Secretaría Departamental de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Las actividades deberán remitir un informe de las aguas residuales (Manifiesto Ambiental) en los parámetros que establece el reglamento. Si se puede demostrar que estas emisiones, una vez diluidas, cumplen con lo dispuesto en el reglamento, se emitirá el respectivo permiso de descarga. Si se verifica que las descargas sobrepasan los límites permitidos, se procederá a una inspección de la planta de tratamiento. Una vez determinada la causa del incumplimiento de los límites, se fija un plazo perentorio en el cual la empresa debe corregir esta situación.

Existen cláusulas en el reglamento de contaminación hídrica, que se refieren directamente a la actividad minera. Estas establecen que las aguas ácidas de mina deben ser tratadas por la empresa antes de ser descargadas. Si las minas son abandonadas deben de ser tapiadas con piedras calcáreas. El reglamento dispone también el aislamiento de los desmontes piritosos para evitar el agua ácida. Cuando el desmonte sea mayor a los mil metros cuadrados, debe ser circundado por un muro que evite que el agua pluvial caída sobre el desmonte escurra fuera de los límites del muro. En desmontes con área menor, éstos deben ser circundados por una zanja que drene las aguas que pueden escurrir a través del desmonte.

El reglamento de Contaminación Atmosférica establece la obligatoriedad de que las fuentes fijas no excedan los límites permisibles de emisión que especifiquen las Normas Técnicas de Emisión a establecerse conforme a ley.¹² Para esto las fuentes deben presentar anualmente un inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos (la primera presentación no debería ser posterior a 1997). Además, existen límites establecidos para la calidad de aire. En las zonas que excedan estos límites las fuentes deben elaborar un programa calendarizado, para lograr una calidad del aire satisfactorio.

Se desprende de los párrafos anteriores que la ley del Medio Ambiente de 1992, y su proyecto de reglamento, establecen como instrumento principal para el control de la contaminación ambiental en el país a los estándares, favoreciendo así la utilización de instrumentos de Imposición y Control ("Command and Control").

¹² Existe una lista provisional que se debe cumplir en tanto no se elabore esta ley.

3. Análisis Económico de los Instrumentos de Control de la Contaminación

a. La Naturaleza del Problema

La actividad minera, al igual que otras actividades productivas, está asociada con beneficios y costos para la sociedad. La regla para alcanzar el óptimo social es bien conocida. La cantidad óptima de producción y de recursos destinados a la minería, se logra cuando los costos marginales de la producción de este sector son iguales a los beneficios marginales que este sector reporta a la sociedad.

Es sabido que, si tanto los costos como los beneficios marginales sociales son iguales a los privados, entonces una economía descentralizada de mercado logrará una asignación óptima de recursos hacia la minería. Pero, si los costos marginales sociales son mayores a los costos marginales privados (existiendo por lo tanto una externalidad negativa), la economía de mercado no logrará una asignación óptima de recursos. En particular, este sector estará produciendo por encima de la cantidad óptima y se le estarán destinando demasiados recursos. Las llamadas externalidades negativas plantean problemas, de derechos de propiedad entre otros, que normalmente requerirán la atención de las políticas públicas.¹³

La actividad minera al generar contaminación del medio ambiente impone costos a la sociedad. Si estos costos no son tomados en cuenta por la empresa al decidir la producción, existe una externalidad negativa, con los resultados descritos arriba.

Dado que la contaminación acompaña necesariamente a la producción minera, esta puede ser visualizada para fines analíticos como un factor de producción.¹⁴ La cantidad óptima de contaminación es entonces aquella donde el "producto marginal de esas emisiones iguala a la suma de los daños marginales que imponen a los consumidores y a los productores. O puesto de una manera ligeramente diferente, ... las medidas de control de contaminación que debe seguir cada agente deben llegar hasta el punto en el que los beneficios marginales de

¹³ En algunos casos la solución, especialmente cuando derechos de propiedad son afectados, puede venir de aplicaciones del Código Civil por el poder judicial.

¹⁴ Es natural considerar a los efluentes contaminantes como un factor de producción, ya que reducirlos involucra el desplazamiento de insumos o tareas hacia la reducción de la polución, disminuyendo por lo tanto la posibilidad de emplear esos insumos para la producción de bienes. Más simplemente, reducciones de los efluentes resultan en un reducción de la producción (Véase la discusión de Cropper y Oates (1993)).

reducir la polución (sumados sobre todos los individuos y todas las firmas) igualen los costos marginales de abatimiento" (Cropper y Oates, 1992, p 679).

Si los productores ignoran el daño que ocasiona la contaminación que producen, generarán un nivel de contaminación mayor al que sería socialmente deseable. Una forma de corregir la falla de mercado que se produce cuando los productores ignoran las externalidades es "internalizar" los costos sociales asociados a la contaminación. Si los productores fuesen responsables por todos los costos que ocasionan, la economía se movería automáticamente hacia el óptimo social indicado arriba. Una solución clásica es entonces imponer un impuesto por contaminación a las empresas que producen contaminación, de manera que en el margen enfrenten un costo igual al daño que producen (el llamado impuesto Pigouviano). Una solución alternativa sería el fijar la cantidad de contaminación que se permite a las empresas, de manera que el costo marginal de reducir las emisiones para cumplir con este estándar sea igual al daño marginal que estas emisiones producen.

Si bien simple en teoría, para buscar esta situación óptima en la práctica se debe determinar el monto del impuesto, o la cantidad de contaminación a permitirse, que logre alcanzar el óptimo social. Esto implica estimar la productividad marginal de la contaminación en el sector (la contaminación es un factor de producción), y los costos marginales que la contaminación impone a los demás agentes de la sociedad (consumidores y demás sectores de producción).

La escasa comprensión de los efectos de la contaminación en el medio ambiente y, en última instancia, en el bienestar es un obstáculo formidable que limita las posibilidades de los economistas en la medición de las anteriores relaciones.¹⁵ Debido a las dificultades para determinar el monto "correcto" del impuesto o el estándar, en la práctica se establecen éstos de acuerdo a parámetros utilizados internacionalmente, o a estimaciones.

Queda claro que en cualquier caso el nivel de impuesto o estándar que se establece para la contaminación es arbitrario (si no existe una estimación de la productividad marginal y del costo marginal de la contaminación), o casi arbitrario (si aún existiendo esta estimación, esta es inexacta). Aún cuando existe la presunción de que este estándar/impuesto se acerca al óptimo

¹⁵ No obstante, el tener por lo menos una idea aproximada de los costos que implica la contaminación puede resultar muy útil.

(aquel que reflejaría el costo marginal social por la contaminación), no puede comprobarse que su nivel sea el adecuado.

b. La Imposición de Estándares

Los estándares que se utilizan para "internalizar" los costos (marginales) emergentes de la contaminación, se conocen como instrumentos de "imposición y control" ("Command and Control"). Estos pueden ser tanto de emisión, como de tecnología. En los primeros, la autoridad ambiental fija una cuota máxima de emisión de agentes contaminantes que la empresa puede emitir al medio ambiente. Sin embargo la empresa puede elegir el método para cumplir con esta cuota, por ejemplo, reduciendo su nivel de producción, o instalando equipo de abatimiento. En el segundo caso, la autoridad ambiental obliga a la empresa a instalar el equipo de abatimiento de la contaminación, o a seguir determinados métodos de abatimiento.

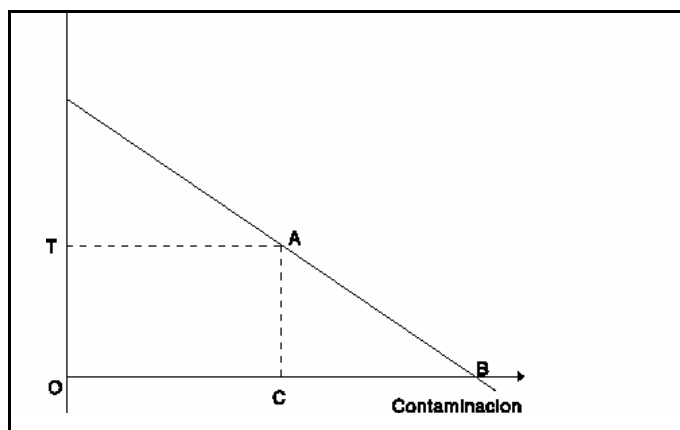


Gráfico 3

El gráfico 3 ayuda a ilustrar el caso donde los estándares fijan la cantidad permitida de emisión de contaminantes en una cantidad igual a C. El costo marginal para la empresa de abatir la contaminación (la productividad marginal de la última unidad de contaminación que se abate para cumplir con el estándar), dependerá de la forma de la curva de productividad marginal de las emisiones. En el gráfico 3, este costo marginal será igual a la distancia AC. Si se utilizan estándares, el nivel de contaminación es conocido (igual al estándar), pero el costo marginal de abatimiento de la contaminación se establece en la industria.

El nivel de contaminación (abatimiento) que se fija implica un costo para la sociedad. Este es igual al costo en el que la firma incurre (el beneficio que deja de percibir al tener que reducir la producción para cumplir con el estándar), y está representado por el triángulo ABC en el gráfico 3.

El problema se complica cuando la contaminación se produce simultáneamente en varias empresas. Si la función de costo marginal de abatimiento es diferente para cada empresa (empresas distintas tienen distintas funciones de producción), entonces estándares similares para las distintas empresas generarían costos marginales de abatimiento diferentes para cada una de ellas. Es claro que una situación como esta no es costo-efectiva, es decir podría lograrse el mismo nivel de contaminación con un menor costo si se dejara que las empresas para las que la contaminación posee una menor productividad marginal (que tienen un menor costo marginal de abatimiento) redujesen aún más su nivel de producción, mientras que las empresas para las que la productividad marginal de la contaminación es mayor (que tienen un mayor costo de abatimiento) incrementaran su producción.

La actual legislación medio ambiental en Bolivia descansa básicamente en instrumentos de este tipo, dado que fija los límites máximos de parámetros permitidos en cuerpos de aguas superficiales, límites de emisión de contaminantes atmosféricos, además de normas para la calidad del aire.

c. Los Cargos por Emisión y los Subsidios de Control

Los cargos por emisión (o los subsidios) establecen un cargo (o subsidio) en función de la cantidad de desechos generada o evitada. Los cargos por contaminación (impuestos sobre emisiones, efluentes, o desechos sólidos), los incentivos fiscales y financieros (incentivos en el mismo sistema tributario, o subsidios), y los cargos por uso de servicio de disposición de desechos fijan directamente el costo marginal de la contaminación, y dejan entonces que las empresas "elijan" el nivel de contaminación.

El gráfico 3 puede servir también para examinar el efecto de un impuesto T sobre las emisiones. En este caso el contaminador reducirá las emisiones hasta que la productividad de éstas sea igual al impuesto. El costo marginal de controlar la contaminación es conocido (igual al impuesto), pero la cantidad de emisiones dependerá de la forma de la curva de productividad

marginal de las emisiones; la cantidad de emisiones se fija en la industria. Al igual que con los estándares, el control de la contaminación mediante cargos hace que la sociedad incurra en un costo. Este costo es, de nuevo, el costo que debe soportar la empresa por reducir la contaminación, y está representado por el triángulo ABC en el gráfico 3. Pero a diferencia de los efectos con estándares, con este tipo de instrumentos existe una transferencia de recursos de la empresa hacia el gobierno, representada por el rectángulo OTAC en el gráfico 3. Dado que el costo marginal de abatimiento es el mismo para todas las empresas (el cargo por emisión es único), se obtiene el mínimo costo para este nivel de contaminación automáticamente; se es costo-efectivo.

Hay que recordar que al fijarse un impuesto a los efluentes se quiere que el costo marginal de la contaminación sea internalizado por la empresa. Esto puede alcanzarse ya sea cobrando a la empresa el costo por contaminación (principio de contaminador-paga), o pagando al contaminador los beneficios que resultan para la sociedad de evitar la contaminación (contaminado-paga). La diferencia se encuentra en los efectos distributivos que estas diferentes medidas tienen. Mientras que con los cargos por emisión existe una transferencia de la empresa contaminante al gobierno (igual al área OTAC en el gráfico 3), si se otorgan subsidios se da una transferencia del gobierno a la empresa (igual al área del rectángulo de base CB, y altura AC en el gráfico 3).¹⁶

Como se mencionó más arriba, un problema con este tipo de instrumentos es que, dado que el regulador desconoce la curva de productividad marginal de las empresas, al fijar el cargo (o subsidio) no sabe con certeza el nivel de contaminación que se generará. Baumol y Oates (1988), proponen una solución de segunda mejor, que combina los estándares con cargos por contaminación. Se fija primero un nivel deseado de contaminación, de manera más o menos arbitraria. Luego se fija el cargo por contaminación para lograr ese estándar. Cada empresa iguala entonces el costo marginal de abatimiento a la tasa de impuesto. Si la tasa es única, los costos marginales se igualaran a través de los distintos puntos de descarga, precisamente la condición para costo-efectividad. Este procedimiento da la solución de mínimo costo para un estándar dado, pero ello no implica una asignación óptima de recursos, justamente porque el estándar se fija arbitrariamente.

¹⁶ Además los subsidios, al reducir el costo medio que enfrenta la empresa, pueden incentivar la entrada de más firmas al mercado, incrementando la cantidad total de contaminación.

Se puede comenzar con una tasa de impuesto baja, que se va aumentando progresivamente hasta un nivel suficientemente alto como para lograr el estándar de aceptación. Esta modalidad tiene empero el problema de que crea incertidumbre, lo que podría disuadir las nuevas inversiones. En cualquier caso, las empresas tendrán que ser advertidas de antemano de que los cargos podrían aumentar en función de los estándares de aceptación; por lo tanto deberán incorporar suficiente flexibilidad en el diseño de sus instalaciones.

En principio, bajo condiciones estrictas se podría extender el análisis más allá de la determinación de las tasas hacia la fijación de los mismos estándares. De manera general, los estándares pueden ser utilizados solamente cuando hay una razón clara para suponer que la situación existente impone altos costos sociales, y que esos costos pueden reducirse significativamente mediante decrementos factibles en los niveles de producción a los cuales acompaña la contaminación.

De acuerdo con la experiencia de muchos países, especialmente en Europa, la fijación de cargos a la contaminación del agua se acompaña de otras medidas. Primero, las descargas deben de todas maneras satisfacer estándares mínimos de tratamiento de las aguas poluídas para un número determinado de contaminantes. Simultáneamente se cobraría un cargo por unidad de descarga, dependiendo de la calidad y toxicidad del contaminante. Segundo, las recaudaciones de los cargos son devueltas al productor financiando actividades específicas para mejorar la calidad del agua. No son considerados ingresos generales.

Ya sea que se establezca un sistema de cargos de efluentes o de estándares, para hacerlo efectivo se debe medir la cantidad de efluentes de las empresas. En la práctica, puede resultar muy difícil (en algunos casos técnicamente imposible), o costoso el controlar las emisiones contaminantes de una empresa. Esto puede ser especialmente cierto en el caso boliviano, pues debido a lo reciente de la experiencia sobre gestión medio-ambiental, la capacidad de control y administración de los instrumentos para combatir la polución tiene que ser por fuerza limitada. En cambio, puede ser relativamente más fácil y menos costoso tomar medidas de regulación tecnológica, o imponer cargos por contaminación a los insumos o productos, que están relacionados con la contaminación.

En particular se ha argüido que es deseable utilizar instrumentos similares en estructura a los instrumentos fiscales ya existentes, y con los que ya existe experiencia administrativa (regalías, impuestos y subsidios a la producción, o insumos). El instrumento a elegirse en este

caso debería tener un efecto similar al impuesto Pigouviano, es decir, debería afectar la contaminación de la misma manera que un impuesto a las emisiones.¹⁷

Esto puede ser muy relevante en el caso de las cooperativas auríferas. Dado que este sector está constituido en realidad por pequeñas empresas informales, que están dispersas en un amplio territorio que es además de difícil acceso, el control sobre sus actividades es casi imposible de ejercer. Se podría pensar entonces en establecer un impuesto al mercurio, que es el mayor causante de la contaminación de los ríos y la atmósfera por la explotación de las cooperativas auríferas. Este impuesto podría jugar el papel de "proxie" a un genuino impuesto a la contaminación. Su mayor ventaja radicaría en que al encarecer el costo del mercurio se incentivaría su reciclaje, lo que evitaría que el mercurio sea liberado al medio ambiente una vez utilizado en el proceso de refinación de oro. Alternativamente se podría establecer un sistema de depósito-devolución para el mercurio. En este esquema se impondría un sobreprecio a la venta de mercurio, el que sería reintegrado una vez que los cooperativistas devuelvan el mercurio utilizado a un centro de acopio. Este centro podría reciclar el mercurio para su reventa. (En este caso el proceso de reciclaje sería realizado por un agente distinto a los cooperativistas).

La dificultad con este tipo de "proxies" es que, al no estar ligadas directamente a la contaminación, más bien incentivan a reducir la utilización de insumos específicos, y no la contaminación. Pueden surgir entonces casos en los que se desplacen ciertos insumos por otros que sean igualmente (o más) contaminantes, pero sobre los que no existen este tipo de impuestos, o se adopten otro tipo de prácticas, que no sean necesariamente menos dañinas al medio ambiente.

Si bien la ley del medio ambiente contempla la posibilidad de que se introduzcan este tipo de cargos, estos no están contemplados en los reglamentos de esta ley, ni en la ley tributaria.

¹⁷ Mientras no se calculen los costos y beneficios asociados a la contaminación no es posible aseverar que un impuesto que contenga los mismos efectos sobre la contaminación que el impuesto Pigouviano incremente el bienestar de la sociedad, pues este impuesto bien puede reducir la contaminación más allá del nivel óptimo social, haciendo incurrir a la sociedad en costos.

e. Los Permisos Transables

Los permisos transables han sido empleados casi exclusivamente para controlar la contaminación del aire. Consisten en que cualquier fuente que reduzca su emisión de efluentes, a una cantidad menor de la que es requerida por sus estándares de emisión, puede solicitar a la autoridad que le entregue un certificado de exceso de cumplimiento como un "crédito de reducción de emisión" (CRE). El CRE está definido en términos de una cantidad específica de un contaminante particular. Este puede ser usado para satisfacer los estándares de emisión de otro punto de descarga de la empresa, o puede ser vendido a otras fuentes. Al ser los CRE transferibles, se permite a las fuentes de emisión de efluentes encontrar el medio más barato de satisfacer los requerimientos medio-ambientales, aún si ese medio está bajo el control de otras firmas.¹⁸

Si bien la utilización de permisos transables ha estado limitada a la contaminación del aire y es muy dependiente de la localización, se puede explorar la posibilidad de su uso en la contaminación del agua cuando las descargas terminan en un solo receptor en una (sub) cuenca endorreica. Tal es el caso del Lago Poopó, donde se descargan en última instancia los efluentes de una extensa zona minera, que incluye a minas tan importantes como Santa Fe, Morococala, Japo, San José, Huanuni, las minas del Cañadón Antequera (Bolívar, Tiahuanacu, etc.) y las que bordean el Poopó (entre Pazña y la población de Poopó). Es de hacer notar que el área del Cañadón Antequera es una de las zonas de mayor potencial minero, donde se espera que se instalen muchas empresas de nueva minería.

La contaminación del Lago Poopó es muy seria (Salinas, 1993). Varios ríos, siendo el más importante el Desaguadero, vierten sus aguas en el lago mencionado, que se convierte de este modo en el colector final. Tanto las aguas de los ríos que confluyen al lago, como sus aguas subterráneas, sus lodos de fondo, su flora y su fauna acusan valores altos de metales pesados. Hay que hacer una mención especial al hecho de que el lago recibe también aguas de mina, fuertemente ácidas, de la mina San José, así como aguas de lluvia que percolan sus desmontes.

¹⁸ En el caso de los permisos transables, se fija un nivel de contaminación global, y se distribuyen permisos para liberar efluentes a las distintas empresas. Al permitirse el comercio de estos transables, se logra que los costos marginales de contaminación para todas las empresas se igualen, por lo que se consigue una situación costo-efectiva.

Dada la altísima concentración de contaminación en el Lago Poopó, y como resultado de las evaluaciones de impacto ambiental, será difícil que se autorice la operación de una nueva mina o la expansión de minas ya existentes, excepto si se reduce la descarga de contaminantes de las minas ya existentes. Es aquí donde el esquema de permisos transables, como el descrito más arriba, podría tener sentido. Las nuevas minas o las minas existentes que deseen ampliar su producción podrían echar sus efluentes al Lago Poopó siempre y cuando hayan reducciones compensatorias de aquellas que ya están vertiendo polución. El incentivo económico de las minas existentes para reducir su contaminación estaría justamente en los CRE que recibirían y que podrían ser adquiridos por las nuevas minas.

Una sugerencia similar a la anterior se podría hacer en relación a las descargas en el Salar de Uyuni de las minas del sur del país. Entre éstas están las minas antiguas de área de Ubina, Tasna, Animas, San Vicente, Pulacayo (ya cerrada), y San Cristóbal. Es de hacer notar que se espera la apertura o el desarrollo de nuevos yacimientos en la provincia de Sur Lípez, donde se efectúa en la actualidad una importante actividad de exploración por empresas extranjeras.

Aunque menos claramente que en el caso del Lago Poopó, las descargas de efluentes a las ciudades de Potosí y Oruro, podrían prestarse a un control con permisos transables. En el caso de las zonas agrícolas aledañas a Potosí y aún en algunos barrios de esa ciudad, hay aguas de mina muy ácidas provenientes de la Empresa Minera Unificada (una empresa de COMIBOL), varias empresas de la pequeña minería, y sobre todo de las cooperativas, así como efluentes de las varias mini-plantas de tratamiento en la misma ciudad. Oruro está contaminada esencialmente por las aguas de mina y la percolación de aguas de lluvia de los desmontes de la mina San José. En el caso de San José se pudiese "bancar" CREs, es decir almacenar CREs ahora para usarlos posteriormente cuando expanda sus operaciones.

Una dificultad con el esquema de permisos transables es que los costos de abatimiento de la contaminación para las minas existentes pueden ser muy altos, pues provendrían de equipamiento y tecnologías que tendrían que injertarse al equipo y tecnología antiguos usados en la producción. El abatimiento es generalmente más barato cuando desde la gestación de la mina se incorporan los medios para ello. Si los costos de mitigación son muy altos el precio demandado de los CREs puede ser también muy alto, aún posiblemente prohibitivo. Para excluir esta situación deberá procederse, posiblemente con fondos públicos y de la cooperación

internacional, a una limpieza previa de esos sitios de la contaminación acumulada, hasta satisfacer estándares mínimos. Una vez logrados ellos, se levantarían gradualmente los niveles de exigencia. Es entonces que se podría pensar en la utilización de los CREs.

El que en la minería boliviana no exista un impuesto a la contaminación o un sistema de permisos transables, y que tampoco se hayan dictado las reglamentaciones para los estándares, evidencia que hay un subsidio. La afirmación anterior puede verse con la ayuda del gráfico 4, donde la curva P_{mg} es la curva de productividad marginal de los contaminantes, y la curva C_{mg} muestra el costo marginal social de esos efluentes. Si no hay control ambiental, la empresa producirá hasta que la productividad marginal de la contaminación sea igual a cero, es decir en el punto C. Si la contaminación estuviese óptimamente controlada, la empresa debería situarse en A. La ganancia adicional que recibe la empresa al situarse en C y no en A (que puede considerarse un subsidio) es igual al área ABC. Este subsidio está asociado con una contaminación adicional BC, siendo el costo social de esta mayor contaminación el área ABCD.

Este subsidio es ineficiente, pues se puede mejorar el bienestar de la sociedad si se controla la contaminación de manera que la empresa se sitúe en A, y simultáneamente se compensa completamente las pérdidas empresariales que resultan (se otorga a la empresa un subsidio de magnitud ABC). Esta reducción de la contaminación evitará que la sociedad incurra en un costo de magnitud ABCD, mayor al subsidio que otorga a la empresa (ABC). La sociedad valora más esta reducción de la contaminación que el subsidio que otorga. Por lo tanto no controlar la contaminación, para evitar daños económicos a las empresas, es una solución sub-óptima.

El subsidio al sector debe de juzgarse de acuerdo con la eficiencia con que consigue los objetivos que se le asignan. Si el motivo del subsidio al sector minero es el empleo, o la necesidad de generar divisas, este se justificaría sólo si en este sector puede conseguir los objetivos finales más eficientemente que un subsidio de igual magnitud en algún otro sector (el industrial, por ejemplo). Además el hecho de ser un subsidio oculto conduce a que las empresas lo vean como temporal y podría no tener ningún efecto excepto el de aumentar los beneficios empresariales.¹⁹

¹⁹ Sería percibido como temporal, hasta que se produzca una reacción del público. Una vez que ésta llega, será muy difícil a la empresa pedir que no se impongan medidas en contra de la contaminación.

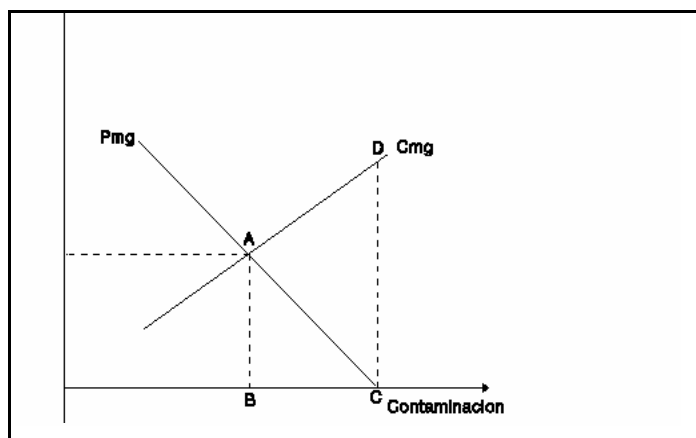


Gráfico 4

La solución óptima será en general eliminar el subsidio "oculto" al sector minero, introduciendo medidas que protejan al medio ambiente, y destinar un subsidio (del mismo monto) hacia el sector que pueda lograr más eficientemente el objetivo que se le asigna al subsidio, que bien puede ser un sector diferente al minero.

f. Información Imperfecta y el Teorema de Weitzman²⁰

Si la autoridad ambiental desconoce la curva de productividad marginal de las emisiones surge una distinción importante entre estándares e impuestos. Si se eligen los estándares para el control de la contaminación, el nivel de contaminación es conocido (igual al estándar), pero el costo marginal de abatimiento, es decir la productividad marginal de la última unidad de contaminación que se abate para cumplir con el estándar, es desconocida; se establece en la industria. Si se eligen impuestos se fija directamente el costo marginal de abatimiento, pero se deja que las empresas "elijan" el nivel de contaminación. La autoridad ambiental no tendrá certeza sobre el nivel de contaminación que prevalecerá en la economía.

Aún cuando la autoridad medio ambiental desconozca los beneficios y costos marginales asociados a la contaminación, tendrá algún conocimiento de la relación entre contaminación y beneficios y costos marginales. En una situación de incertidumbre sobre los beneficios y costos sociales de la contaminación, pero donde se sospecha que los costos

²⁰ Discusión basada en Cropper y Oates (1993).

marginales de la contaminación crecen rápidamente con el nivel de contaminación, mientras que los beneficios marginales asociados a la mayor contaminación caen lentamente, es preferible utilizar instrumentos de imposición y control (teorema de Weitzman).²¹

La regla anterior se puede ver con la ayuda del gráfico 5, donde las curvas Pmg^* y Cmg^* representan la productividad marginal y el costo marginal de la contaminación, respectivamente. Supongamos que la autoridad desconoce la curva de productividad marginal de la contaminación, pero cree que ésta tiene la forma de la curva $Pmg1$. Si la autoridad regula la contaminación mediante un impuesto, de acuerdo a su estimación T , comparado con el nivel óptimo de regulación, se produciría una pérdida de bienestar para la sociedad igual al área ABE. En cambio si la autoridad ambiental utilizase estándares, fijando un límite de emisiones en C , la pérdida resultante sería igual a CDE, mucho menor al área ABE.

En el caso opuesto, es decir, cuando los costos marginales de la contaminación crecen lentamente con el nivel de contaminación, mientras que los beneficios marginales caen rápidamente, el instrumento que minimiza la pérdida esperada de beneficio en caso de "error" de la autoridad ambiental al fijar el nivel del instrumento a utilizar, es el que fija directamente el costo marginal de la contaminación (cargos por contaminación).

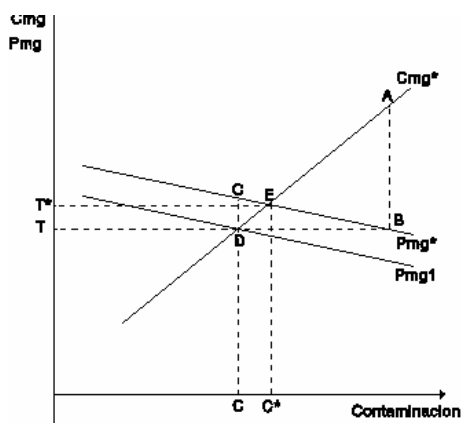


Gráfico 5

²¹ En términos prácticos, cuando el costo marginal de abatimiento es casi-constante, y el deshecho es altamente contaminante (el efecto de una pequeña cantidad sobre el medio ambiente es elevado), es preferible que el gobierno establezca un sistema de regulación ("Command and Control").

g. Incentivos para la inversión en tecnología de abatimiento

Una distinción importante entre los distintos instrumentos ambientales viene de sus efectos en los incentivos a invertir en la adopción de nueva tecnología de abatimiento (que reduzca la cantidad de contaminación asociada a cada nivel de producción). La tecnología de abatimiento fija el nivel de la curva de producto marginal. Una mejora tecnológica que redujese el nivel de contaminación asociado con una actividad productiva dada, haría que la curva de productividad marginal se desplazase a la izquierda (gráfico 6).

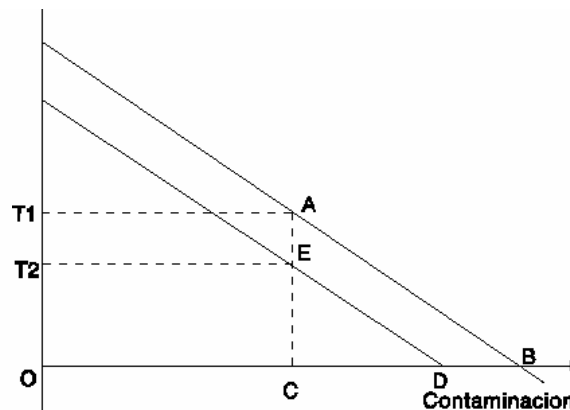


Gráfico 6

En el caso de instrumentos de imposición y control, los costos que debe soportar la sociedad están dados por el triángulo ABC. Una mejora tecnológica que desplace la curva de costo marginal hacia la izquierda, mantendría el nivel de contaminación, pero reduciría el costo social por mantener este nivel de contaminación al triángulo EDC. La ganancia de la sociedad (que va a la empresa) es el área DEAB. Si se regula un nivel de contaminación admisible con instrumentos de imposición y control, se fija un nivel de contaminación, y la economía fija el costo de mantener este nivel de contaminación. Las mejoras en abatimiento resultan en menores costos sociales y privados por mantener el nivel de contaminación.

En el caso de un impuesto a la contaminación (gráfico 7), a cambio de un menor nivel de contaminación, la sociedad decide sacrificar los beneficios de la actividad contaminante en la magnitud de triángulo ABC (estos costos son asumidos por la empresa). Además la empresa

transfiere recursos al gobierno por valor del rectángulo OTAC. Si se introducen mejoras tecnológicas que reduzcan el costo marginal de abatimiento, la industria encontrará un nuevo equilibrio en el punto D, con un menor nivel de contaminación. En esta nueva situación el triángulo DEF representa el costo social para alcanzar este nuevo nivel de contaminación. Nótese que este costo es de la misma magnitud que el costo que soportaba la sociedad anteriormente al desplazamiento de la curva de costo marginal. Entonces, en un sistema de impuestos por contaminación se elige la cantidad de producto que se desea sacrificar a cambio de mejoras ambientales, y la economía ajusta el nivel de contaminación. Mejoras en la tecnología de abatimiento mantienen el costo en el que incurre la sociedad, pero resultan en menores niveles de contaminación. La mejora tecnológica produce también que las transferencias de la empresa al gobierno se reduzcan de OTAC a OTDE.

La ganancia para el productor por una mejora tecnológica en el caso de impuestos a la contaminación (DAEC en el gráfico 7), es mayor a la que resultaría en un sistema de estándares, donde el precio se fija implícitamente (ABDE en el gráfico 6). Los incentivos para introducir cambios en la tecnología de abatimiento son mayores en un sistema de impuestos y cargos por emisión que en un sistema de estándares.

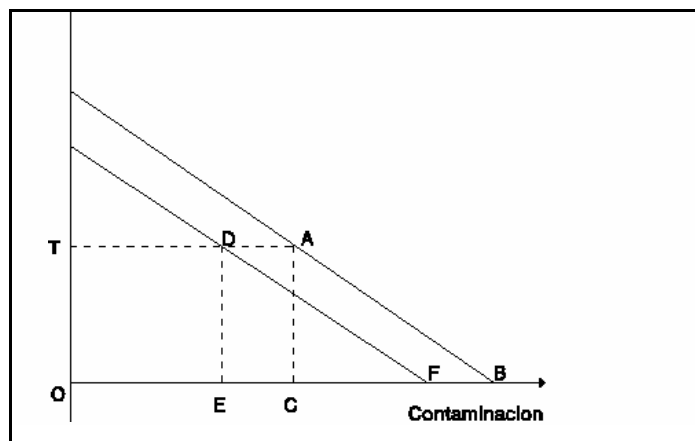


Gráfico 7

Nótese también que si el gobierno trata de acercarse al nivel óptimo de impuesto, entonces cuando hay progreso en la tecnología de control de la polución, deberá reducir el impuesto sobre emisiones, resultando éstos en un mayor beneficio para el empresario. Si el

empresario anticipa este comportamiento del gobierno, tendrá entonces aún mayores incentivos para invertir en el desarrollo de tecnologías de abatimiento de la contaminación. En cambio, en el caso de instrumentos de imposición y control, la respuesta óptima de la autoridad ambiental ante mejoras tecnológicas es reducir la cantidad de polución permitida, disminuyendo los beneficios que podría obtener el empresario de la inversión en tecnología.

Un aspecto importante que la literatura (e.g. Warhurst, 1994) destaca es que mejoras tecnológicas, impulsadas por restricciones ambientales, no solo mejorarán el desempeño ambiental de las empresas, sino que pueden representar simultáneamente mayores beneficios económicos. Es decir, la ganancia que obtiene el productor por mejoras tecnológicas descrito arriba, es mayor al costo de introducir estas reformas. Se pueden entonces encontrar situaciones "win-win", donde las mejoras tecnológicas que protegen al medio ambiente, mejoran también los beneficios de la empresa.

Las cooperativas mineras son empresas marginales que no poseen capital suficiente para ingresar en este proceso virtuoso, donde la inversión en tecnología de abatimiento incrementa los beneficios económicos de la unidad productiva, además de mejorar su desempeño ambiental. Una solución que podría permitir que estos beneficios se realicen sería el que la sociedad adelante este capital. Esquemas de difusión y financiamiento de mejoras tecnológicas desde el sector público pueden generar rendimientos crecientes, mejorando así no solo el desempeño ambiental de estas empresas, sino también su situación económica.

4. Resumen y Comentarios Finales

La explotación minera en Bolivia se ha desarrollado tradicionalmente en la zona occidental de país. Es también en esta zona donde se espera que se sigan concentrando las actividades mineras en el futuro. El impacto más importante que tienen estas explotaciones sobre el medio ambiente está en la contaminación de aguas, ya sea por el drenaje ácido de mina, por los efluentes del proceso de concentración de minerales, o por el proceso natural de lixiviación de metales pesados en colas y desmontes. Por otro lado existen explotaciones de oro aluvial en la cuenca amazónica y en las cordilleras del norte de La Paz. Estas explotaciones presentan problemas especiales, pues afectan el medio ambiente de zonas consideradas sensibles ecológicamente. El impacto de las operaciones de explotación aurífera sobre el medio ambiente proviene de los movimientos de tierras que realizan, y el mercurio que utilizan en el proceso de recuperación del mineral, y que luego es liberado al medio ambiente.

La minería estatal, conformada por las minas de Comibol, no ha prestado en general atención al impacto ambiental que ocasionaba con sus operaciones. De acuerdo al nuevo modelo económico, vigente en el país desde 1985, se prevé que las minas de Comibol pasen a formar joint-ventures con el capital privado. Estos contratos deberán incluir cláusulas sobre las responsabilidades medio ambientales de las nuevas operaciones.

La llamada minería mediana, que es en realidad la minería privada de mayor significación, ha mostrado en aquellos casos en que se encuentra asociada al capital extranjero, un comportamiento más respetuoso del medio ambiente.

Un problema especial es el de las cooperativas. Existen dos tipos de cooperativas; las tradicionales (llamadas así porque explotan minerales tradicionales; principalmente estaño, plomo, y wolfram), y las cooperativas auríferas. Las cooperativas tradicionales trabajan en el occidente del país, generalmente en antiguos yacimientos de COMIBOL o en yacimientos adjuntos a ellos. Los cooperativistas auríferos trabajan en los afluentes del río Beni, y en el noreste del país en los ríos Mamoré y Madera. Las cooperativas son en su mayoría empresas marginales, que poseen escaso capital financiero, físico o humano. No poseen ningún sistema de mitigación del daño medio ambiental que producen; liberan al medio ambiente todos sus efluentes sin ningún tratamiento previo.

Existe solo una fundición estatal en operación; Vinto, y varias fundiciones privadas de menor tamaño. Vinto afecta al medio ambiente por sus emisiones de gases y aguas residuales. Gracias a la ayuda internacional Vinto está instalando mecanismos para controlar sus emisiones.

La legislación sobre medio ambiente en Bolivia es relativamente reciente. La autoridad competente en la materia es el Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Esta instancia debe formular las normas de calidad ambiental, las normas de descarga de efluentes en cuerpos de agua y emisiones a la atmósfera, las normas sobre tecnología ambiental, y las normas ambientales de y para productos. Para esto se han proyectado cinco reglamentos: Gestión Ambiental, Prevención y Control Ambiental, Contaminación Hídrica, y el reglamento de Actividades con Sustancias Peligrosas. Estos reglamentos diseñan las regulaciones ambientales, y el procedimiento administrativo para velar porque las actividades económicas los cumplan. Las regulaciones fijan los límites permitidos de emisión de contaminantes, ya sea a la atmósfera, o a los cuerpos de agua. Así la legislación medio-ambiental descansa sobre todo en instrumentos de imposición y control ("Command and Control"). No obstante los instrumentos de mercado son teóricamente superiores. Su costo-efectividad promete importantes beneficios económicos, por lo que se debe explorar su utilización en el caso boliviano.

Si se establece un sistema basado en estándares, se necesita monitorear las emisiones de las empresas. Esto puede resultar imposible en el caso de las cooperativas, ya que se encuentran dispersas en áreas muy remotas, donde la presencia del estado es casi inexistente. Se puede pensar entonces en imponer los insumos que causan la contaminación (mercurio). Al elevar el precio del mercurio, este tipo de impuestos, tendería a incentivar el reciclaje de este reactivo, para lo que existe una tecnología apropiada disponible. Sin embargo la implementación de un instrumento de este tipo requiere de mayor análisis, pues podrían encontrarse efectos no deseados.

Permisos transables pueden ser también utilizados en el caso boliviano. Se puede explorar su uso en la contaminación cuando las descargas terminan en un solo colector, como el Lago Poopó, donde van los efluentes de una extensa zona minera. En este caso las empresas que reduzcan su emisión de efluentes en una cantidad menor que la requerida por su estándar de emisión pueden obtener un crédito (CRE), que puede ser utilizado para satisfacer las

emisiones de otro punto de descarga de la empresa o ser vendido a otras fuentes. También se podría permitir a algunas minas almacenar CREs ahora para utilizarlos posteriormente cuando expandan sus operaciones.

Se debe explorar también más detalladamente la regulación medio-ambiental de las cooperativas. El no regular la contaminación que éstas producen, basados en argumentos de que no se debe imponer más cargos a un sector que reúne un número importante de trabajadores de bajos ingresos, no es una solución eficiente. Se puede lograr mejorar el bienestar de la sociedad si se regula la contaminación, y se resarcen las pérdidas de estas empresas. Esta todavía no es la mejor solución. En general se debería aplicar la regulación medio-ambiental a este sector, y destinar un subsidio al sector que logre el objetivo que se busca (crear empleos, o mejorar los ingresos de ciertos sectores) de manera más eficiente.

Merecen también mayor atención los problemas de financiamiento que enfrenta el sector cooperativista. Se ha llamado la atención sobre el que mejoras tecnológicas pueden mejorar no solo el desempeño ambiental, sino también representar mayores beneficios económicos para las empresas. En este caso, si las cooperativas accediesen al capital suficiente, podrían mejorar su situación económica y cumplir con las normas medio-ambientales. El problema más bien radicaría en que las cooperativas no tienen acceso al crédito y asesoramiento técnico.

Referencias Bibliográficas

Asociación Nacional de Mineros Medianos, 1994. Memoria 1993. La Paz: ANMM.

Auty, R.M. 1993. Sustaining Development in Mineral Economies. The Resource Curse Thesis. Londres: Routledge.

Baumol, W. y Oates, W. 1988. The Theory of Enviromental Policy. Cambridge: Cambridge University Press.

Bolivia. Ministerio de Minería y Metalurgia. 1992. Anuario 1992. La Paz Bolivia.

Bolivia. Secretaría Nacional de Minería y Metalurgia. 1993. Boletín Estadístico Minero Metalúrgico, No. 166. La Paz.

Centro de Estudios de Minería y Desarrollo CEMYD. 1990. Desempeño y Colapso de la Minería Nacionalizada. La Paz: CEMYD.

Corden, W. M. 1984. "Booming Sector and Dutch Disease Economics: Survey and Consolidation". Oxford Economic Papers 36, pp. 359-380.

Cropper, M y Oates, W. 1992. "Enviromental Economics: A Survey". Journal of Economic Literature, Vol. XXX, No. 2 (Junio), pp. 675-740.

Dasgupta, P. 1993. "Natural Resources in an Age of Substitutability", en A.V. Kneese J.L. Sweeney (ed.). Handbook of Natural Resource and Energy Economics. Amsterdam: North Holland. Vol. III, pp. 1111-1130.

De Long, J.B. y Summers, L.H. 1991. "Equipment Investment and Economic Growth". Quarterly Journal of Economics 106 (Mayo), pp. 445-502.

Easterly, Kremer W., Pritchett M., L. y Summers L.H. 1993. "Good Policy or Good Luck? Country Growth Performance and Temporary Shocks". NBER Working Paper No. 4474 (Septiembre).

Evia, J.L y J.A. Morales. 1995. "Minería y Medio Ambiente." Mimeo. Universidad Católica Boliviana.

Gillis, M. et al. 1978. Taxation and Mining. Cambridge, MA: Ballinger.

Heal, G.M. 1993. "The Optimal Use of Exhaustible Resources," en A.V. Kneese y J.L. Sweeney (compiladores). Handbook of Natural Resource and Energy Economics, Vol. III. Amsterdam: North Holland. pp. 885-800.

Jordán, R. 1992. "Balance de la Minería Estatal y Privada en la Segunda Mitad de los 80's", en Perspectivas de la Nueva Minería, Foro Económico No. 29. La Paz: ILDIS, pp. 9-35

La Torre, G. 1993. "Riesgo e Inestabilidad en el Mercado del Zinc". Universidad Católica Boliviana, IISEC, DT-01/93

Mitre, A. 1993a. Bajo un Cielo de Estaño. La Paz: ILDIS

Mitre, A. 1993b. El Enigma de los Hornos. La Paz: ILDIS

Morales, J.A., Espejo, J. y Chávez, G. 1992. "Shocks Externos Transitorios y Políticas de Estabilización para Bolivia", en E. Engel y P. Meller (compiladores). Shocks Externos y Mecanismos de Estabilización. Santiago: CIEPLAN

Morales, J.A. y J. Espejo. 1994. "La Minería y los Hidrocarburos en Bolivia". Universidad Católica-IISEC, DT-08/94.

Morales, J.A. y J. Espejo. 1994. "Efectos Macroeconómicos de los Shocks de Precios de Exportación". Universidad Católica Boliviana-IISEC, DT-09/94.

Muzondo, T. 1993. "Mineral Taxation, Market Failure, and the Environment". IMF Staff Papers. Vol. 40, No. 1 (Marzo).

Pack H. 1994. "Endogenous Growth Theory: Intellectual Appeal and Empirical Short Comings". Journal of Economic Perspectives, Vol. 8, No. 1 (Invierno) pp. 55-72

Salinas, J. 1993. Minería y Gestión Ambiental en Bolivia. La Paz: Secretaría Nacional de Medio Ambiente - Dirección Nacional de Políticas Ambientales - Plan de Acción Ambiental de Bolivia.

Sweeney J.L. 1993. "Economic Theory of Depletable Resources: An Introduction", en A.V. Kneese y J.L. Sweeney (compiladores). Handbook of Natural Resource and Energy Economics, Vol. III. Amsterdam: North Holland. pp. 759-854

Warhurst, A. 1992. "Environmental Management in Mining and Mineral Processing in Developing Countries". Natural Resources Forum. (Febrero).

Warhurst, A. 1994. Environment Degradation from Mining and Mineral Processing in Developing Countries: Corporate Responses and National Policies. Documents of the OECD Development Centre. París: OECD.